



Centro
Italiano
Studi di
Biologia
Ambientale

BIOLOGIA AMBIENTALE

ISSN 1129-504X

Volume 18

Numero 1

Luglio 2004



Atti

9° Convegno Nazionale

A.I.I.A.D.

Acquapartita (FC)

11 - 13 giugno 2002



A cura di
F. Nonnis Marzano, M. Maldini, G. Gandolfi



BIOLOGIA AMBIENTALE

Pubblicazione del C.I.S.B.A., vol. 18, n. 1/2004

Autorizzazione del Tribunale di Reggio Emilia n. 837 del 14 maggio 1993

PROPRIETÀ: **Rossella Azzoni**, Presidente del C.I.S.B.A.

DIRETTORE RESPONSABILE: **Rossella Azzoni**

REDAZIONE:

Giuseppe Sansoni sansoni@infinito.it resp. di redazione

Roberto Spaggiari rspaggiari@re.arpa.emr.it resp. di segreteria

Gilberto N. Baldaccini gbaldac@libero.it redattore

Pietro Genoni p.genoni@arpalombardia.it redattore

Comitato Scientifico

Roberto ANTONIETTI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. di Parma

Natale Emilio BALDACCINI

Dip. di Etologia, Ecologia, Evoluzione, Univ. di Pisa

Roberto BARGAGLI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. di Siena

Antonio DELL'UOMO

Dip. di Botanica ed Ecologia, Univ. di Camerino

Silvana GALASSI

Università dell'Insubria, Como

Pier Francesco GHETTI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. Cà Foscari, Venezia

Stefano LOPPI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. di Siena

Sergio MALCEVSCHI

Ist. Ecologia del territorio e degli ambienti terrestri,
Univ. di Pavia

Maurizio G. PAOLETTI

Dip. di Biologia, Univ. di Padova

Luciano SANTINI

Dip. C.D.S.L. Sez. Entomologia agraria, Univ. di Pisa

Paolo Emilio TOMEI

Dip. Agronomia e gestione agroecosistema, Univ. di Pisa

Mariagrazia VALCUVIA PASSADORE

Dip. Ecologia del territorio e degli ambienti terrestri,
Univ. di Pavia

Pierluigi VIAROLI

Dip. Scienze Ambientali, Univ. di Parma

Luigi VIGANÓ

IRSA - CNR, Brugherio MI

Sergio ZERUNIAN

Parco Nazionale del Circeo, Sabaudia (LT)

Aldo ZULLINI

Dip. di Biotecnologie e Bioscienze, Univ. Milano Bicocca

Biologia Ambientale raccoglie e diffonde informazioni sulle tematiche ambientali, con particolare attenzione ai seguenti campi di interesse:

- Bioindicatori e biomonitoraggio
- Ecotossicologia
- Depurazione delle acque reflue
- Ecologia delle acque interne e dell'ambiente marino
- Gestione dell'ambiente
- Igiene ambientale
- Ecologia urbana
- Impatto ambientale
- Ingegneria naturalistica
- Rinaturazione e riqualificazione ambientale
- Conservazione della natura
- Ecologia del paesaggio

Biologia Ambientale è articolata in due sezioni:

Lavori Originali, in cui vengono pubblicati articoli e rassegne bibliografiche originali;

Informazione & Documentazione – sezione volta a favorire la circolazione di informazioni e di idee tra i soci – in cui vengono riportate recensioni di libri, riviste e altre pubblicazioni nonché notizie e lavori già pubblicati ritenuti di particolare interesse o attualità.

Biologia Ambientale, viene inviata ai soci del Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale (C.I.S.B.A.).

Per iscriversi o per informazioni: Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale, via Amendola 2, 42100 Reggio Emilia

Segretario: Roberto Spaggiari, tel. 0522 336060 – 0335 7712847; fax 0522 330546; e-mail: rspaggiari@re.arpa.emr.it

www.cisba.it

info@cisba.it

Quote annuali di iscrizione al Centro Italiano Studi di Biologia Ambientale: socio ordinario: E 40,00; socio collaboratore E 30,00; socio sostenitore E 310,00. Conto corrente postale n. 10833424 intestato a: CISBA, RE



Atti
9° Convegno Nazionale
A.I.I.A.D.

Acquapartita (FC)
11 - 13 giugno 2002

A cura di
F. Nonnis Marzano, M. Maldini, G. Gandolfi

Con il contributo di:





Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D.



Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002
a cura di F. Nonnis Marzano, M. Maldini, G. Gandolfi
Biologia Ambientale, vol. 18, n. 1, luglio 2004

Errata corrige

Nella prima e quarta di copertina: la data di uscita del volume non è dicembre 2004, ma **luglio 2004**.

Nei lavori sotto elencati l'autore indicato come Giuliano Luigi Gandolfi è, in realtà, **Gilberto Gandolfi**:

Pag.	Titolo
19-24	Caratterizzazione genetica di popolazioni appenniniche di trota fario: aspetti tassonomici e conservazionistici
245-250	Caratterizzazione morfologica ed ecologica del salmerino alpino (<i>Salvelinus alpinus</i> L. 1758) del Lago Santo Parmense
259-264	Il Salmerino alpino (<i>Salvelinus alpinus</i>): prove storiche della sua introduzione sul territorio italiano

La correzione del nome dell'autore (da Giuliano Luigi Gandolfi in **Gilberto Gandolfi**) va riportata anche in:

Pag.	Titolo
3	Caratterizzazione genetica di popolazioni appenniniche di trota fario ...
6	Caratterizzazione morfologica ed ecologica del salmerino alpino ...
6	Il Salmerino alpino (<i>Salvelinus alpinus</i>): prove storiche ...

Nell'Indice degli Autori (pag. 275), le righe 3 e 4 della seconda colonna vanno sostituite dalle seguenti:

Gandolfi Gilberto	19, 245, 259
Gandolfi Giuliano Luigi	33, 121, 161, 213, 231

SOMMARIO

Sessione Biodiversità		pag.
moderatore: Barbara Mantovani		
La carta ittica della provincia di Avellino: ricerche preliminari		7
Pier Giorgio Bianco, Carlo Belfiore, Valerio Ketmaier, Orfeo Picariello		
Analisi della diversità genetica delle popolazioni di luccio (<i>Esox lucius</i> L.) del Lago Trasimeno		15
Livia Lucentini, Claudia Ricciolini,, Hovirag Lancioni, Luciana Baldoni, Fausto Panara		
Caratterizzazione genetica di popolazioni appenniniche di trota fario: aspetti tassonomici e conservazionistici		19
Francesco Nonnis Marzano, James Tagliavini, Riccardo Papa, Marina Vaghi, Massimo Pascale, Giuseppe Maio, Gilberto Gandolfi		
Previsione della composizione della fauna ittica mediante reti neurali artificiali		25
Michele Scardi, Stefano Cataudella, Eleonora Ciccotti, Paola Di Dato, Giuseppe Maio, Enrico Marconato, Stefano Salviati, Lorenzo Tancioni, Paolo Turin, Marco Zanetti		
Sessione Ecologia delle acque interne		
moderatore: Giuseppe Maio		
Variazioni delle comunità ittiche e possibili cause determinanti, in acque della Lomellina (Pavese occidentale) e lombardo-piemontesi, intervenute nell'ultimo ventennio		33
Gianluigi Alessio, Giuliano Luigi Gandolfi, Emiliano Belletti		
I neuromodulatori nell'intestino della trota parassitata: cenni sul rapporto dieta-parassitismo in esemplari di <i>Salmo trutta</i> e <i>Oncorhynchus mykiss</i> della provincia di Padova		39
Bahram SayyafDezfuli, Isabella Manzoli, Paolo Turin, Giampaolo Bosi		
Differenti abitudini alimentari di <i>Gambusia holbrooki</i> Girard, 1859 in piccoli ecosistemi acquatici artificiali		45
Irene Ferrante, Andrea Furlani, Lorenzo Tancioni		
Osservazioni sulle abitudini alimentari del gambero di fiume autoctono, <i>Austropotamobius pallipes italicus</i> (Faxon, 1914)		51
Massimiliano Scalici, Leonardo Vignoli, Giancarlo Gibertini		
Evoluzione di una popolazione naturale di trota fario <i>Salmo (trutta) trutta</i> in un ambiente ritrale appenninico (Rio Torto, Appennino Bolognese)		57
Paolo Turin, Marco Rizzoli, Maria Fabiana Bilò, Rosanna Falconi, Francesco Zaccanti		

Sessione **Gestione delle popolazioni ittiche autoctone**

moderatore: **Mario Specchi**

- Indagine ricognitiva di acque vocate per il reinserimento della popolazione autoctona minacciata di *Esox lucius* L. nel bacino del Massaciuccoli** 61
Paolo Ercolini, Gianluigi Alessio
- Variazione della struttura, della densità e della biomassa in due popolazioni di trota fario, *Salmo (trutta) trutta*, in zone regolamentate a regime speciale di pesca (ZRSP)** 69
PierPaolo Gibertoni, Federico Ielli
- Osservazioni sulla biologia riproduttiva della popolazione di alborella, *Alburnus alburnus alborella* (De Filippi, 1884), del Lago Maggiore** 73
Cesare Mario Puzzi, Alessandra Ippoliti, Stefania Trasforini
- Distribuzione ed entità delle popolazioni di *Cottus gobio* Linnaeus, 1756 in provincia di Pistoia** 79
Massimo Pascale, Fabrizio Merati, Francesco Nonnis Marzano, Armando Piccinini
- Biologia della rovella, del cavedano e del barbo nei bacini del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano (Pisces; Cyprinidae)** 85
Pier Giorgio Bianco, Emanuela Santoro

Sessione **Gestione idrica e naturalistica dei corsi d'acqua**

moderatore: **Giuseppe Maio**

- Formazione ed aggiornamento per la progettazione di passaggi per pesci, 1984-2002** 93
Mauro Ferri
- Preferenze ambientali delle specie ittiche: sperimentazione di una metodica per la trasferibilità dei dati** 97
Gaetano Gentili, Stefano Maran, Rossana Bosi, Cesare Mario Puzzi
- Passaggi per pesci: risultati sull'attività svolta nel biennio maggio 2000-maggio 2002** 105
Enrico Pini Prato
- Modifiche delle popolazioni ittiche del fiume Mis a seguito dell'attuazione dei rilasci del deflusso minimo vitale** 109
Marco Zanetti, Paolo Turin, Maria Fabiana Bilò, Barbara Grava Vanin

Sessione **La problematica delle specie alloctone**

moderatore: **Enrico Marconato**

- Studio degli accrescimenti e della dinamica di due popolazioni padane di lucioperca (*Stizostedion lucioperca*)** 113
Federico Ielli, Pierpaolo Gibertoni
- Caratterizzazione biologica di *Gambusia holbrooki* Girard nel Lago Trasimeno** 121
Giuliano Luigi Gandolfi, Emiliano Belletti, Gianluigi Alessio
- Aspetti di ecologia della pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) e rapporti trofici con l'alborella** 131
Marco Angelo Riva, Cesare Mario Puzzi, Stefania Trasforini
- Alimentazione ed accrescimento del siluro (*Silurus glanis* L.) in provincia di Mantova** 139
Marco Angelo Riva, Cesare Mario Puzzi, Stefania Trasforini

Sessione **Acquacoltura ed ittiopatologia**

moderatore: **Piero Franzoi**

- Metazoi parassiti di *Abramis brama* (L.) del lago Mondsee (Austria): indagine istopatologica, immunoistochimica ed ultrastrutturale** 145
 Edi Simoni, Luisa Giari, Robert Konecny, Maurizio Manera, Bahram Sayyaf Dezfuli
- Osservazioni istologiche ed ultrastrutturali in cavedani, *Leuciscus cephalus*, trattati con un erbicida** 151
 Luisa Giari, Edi Simoni, Cecilia Alessandri, Elisa Carta, Donatella Palazzi, Maurizio Manera, Bahram Sayyaf Dezfuli
- Istochimica dei gliconiugati di secrezione del canale alimentare di storioni (*Acipenser transmontanus*): comparazione tra animali a crescita normale e “runt”** 157
 Alessia Di Giancamillo, Giampaolo Bosi, Silvana Arrighi, Cinzia Domeneghini
- Sperimentazioni per la produzione di giovani lucci, *Esox lucius* L., ai fini di recupero dell’originaria popolazione del Lago di Massaciuccoli (Lucca - Italia)** 161
 Paolo Ercolini, Gianluigi Alessio, Pierluigi Bianucci, Emiliano Belletti, Giuliano Luigi Gandolfi
- Utilizzo dell’analisi d’immagine per uno studio morfometrico su *Salmo trutta trutta*, *Salmo trutta marmoratus* e sul loro “ibrido”** 167
 Alvise Nazzareno Lucarda, Enrico D’Isep, Gilberto Forneris
- Sperimentazione di miglioramento genetico su ceppi di trota iridea *Oncorhynchus mykiss* (Walb.)** 181
 Leonardo Pontalti, Alvise Vittori

Sessione **Comunicazioni libere**

moderatore: **Giancarlo Gibertini**

- La prima revisione della Carta ittica del Trentino** 187
 Lorenzo Betti
- Nuovi dati sul sistema neuroendocrino nell’apparato digerente di *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758)** 193
 Giampaolo Bosi, Bahram Sayyaf Dezfuli, Silvana Arrighi, Alessia Di Giancamillo, Cinzia Domeneghini
- Monitoraggio del reclutamento di anguilla (*Anguilla anguilla* L. 1758) in Italia tramite osservatori** 197
 Eleonora Ciccotti, Monica Monfrinotti, Andrea Furlani, Stefano Cataudella
- Primi risultati relativi alla messa a punto di un protocollo operativo per l’uso della pesca elettrica nel lago Trasimeno** 201
 Mario Mearelli, Antonella Carosi, Martin A.J. Dörr, Giancarlo Giovinazzo, Mauro Natali, Gianandrea La Porta, Massimo Lorenzoni

Tavola Rotonda

Applicazione delle carte ittiche da parte delle pubbliche amministrazioni per una corretta e razionale attività di gestione delle acque interne

moderatore: **Riccardo Galligani**

- Biologia e gestione della pesca: modelli gestionali, ruoli degli ittiologi e delle associazioni piscatorie nella gestione delle popolazioni ittiche** 207
 Massimo Pascale
- Applicazione delle carte ittiche da parte delle Pubbliche Amministrazioni per una corretta e razionale attività di gestione delle acque interne** 211
 Mario Giannini

Sessione **POSTER**

Valutazione di differenti sistemi di trasporto e di incubazione di uova di luccio, <i>Esox lucius</i> L.	213
Gianluigi Alessio, Emiliano Belletti, Giuliano Luigi Gandolfi, Paolo Ercolini	
Presenza di fauna ittica esotica nelle acque della provincia di Milano	217
Michele Arcadipane, Laura Vercelloni, Paolo Galli, Fabrizio Stefani, Giuseppe Crosa, Giuliana Cavalli	
Status della trota lacustre (<i>Salmo [trutta] trutta morpha lacustris</i> L.) nel Lago di Garda e prospettive di gestione	221
Lorenzo Betti	
Riproduzione e allevamento larvale di barbo (<i>Barbus plebejus</i> Bonaparte, 1839)	227
Andrea Dees, Oliviero Mordenti, Alessandra Roncarati, Paolo Melotti	
Capacità e limiti adattativi di <i>Gambusia holbrooki</i> Girard alle variazioni di salinità	231
Giuliano Luigi Gandolfi, Gianluigi Alessio, Emiliano Belletti	
Distribuzione del novellame di Mugilidi (Pisces, Mugilidae) e di spigola (Pisces, Moronidae) in habitat costieri italiani a differente tipologia	235
Giuseppe Maio, Thomas Busatto, Renata Trisolini, Federico Riccato, Piero Franzoi	
Aspetti della biologia di <i>Barbus caninus</i> (Bonaparte, 1839) (Osteichthyes, Cyprinidae) nel torrente Agno (bacino del Fratta-Gorzone, Vicenza)	241
Stefano Salvati, Enrico Marconato, Giuseppe Maio, Andrea Timillero, Elisabetta Pizzul	
Caratterizzazione morfologica ed ecologica del salmerino alpino (<i>Salvelinus alpinus</i> L. 1758) del Lago Santo Parmense	245
Milena Maldini, Francesco Nonnis Marzano, Armando Piccinini, Giampaolo Rossetti, Federica Arduini, Ugo Pedesini, Gilberto Gandolfi	
Osservazioni preliminari sull'introduzione del persico trota (<i>Micropterus salmoides</i>, Lacépède 1802) nel lago di Bracciano (Lazio)	251
Andrea Marinelli, Massimiliano Scalici, Giancarlo Gibertini	
Distribuzione della fauna ittica e georeferenziazione: nuovi metodi di elaborazione dei dati. L'esempio della carta ittica di Firenze	255
Annamaria Nocita, Gabriele Pini	
Il Salmerino alpino (<i>Salvelinus alpinus</i>): prove storiche della sua introduzione sul territorio italiano	259
Armando Piccinini, Francesco Nonnis Marzano, Gilberto Gandolfi	
Evoluzione storica e recente dell'ittiofauna modenese	265
Luigi Sala, Massimiliano Gianaroli, Paolo Tongiorgi	
Effetti del leuprolide acetato sulla biologia riproduttiva dell'orata, <i>Sparus aurata</i> (Linneo, 1758)	271
Massimiliano Scalici, Giancarlo Gibertini, Stefano Canese	
Indice degli Autori	276

La carta ittica della provincia di Avellino: ricerche preliminari

Pier Giorgio Bianco^{1*}, Carlo Belfiore¹, Valerio Ketmaier², Orfeo Picariello¹

¹ Dipartimento di Zoologia, Via Mezzocannone, 8, Napoli.

² Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Viale dell'Università 32, Roma

* Referente per la corrispondenza: gbianco@unina.it

Riassunto

Nel 2001 al Dipartimento di Zoologia dell'Università di Napoli è stata affidata la redazione della carta Ittica della Provincia di Avellino. Sono state scelte 34 stazioni rappresentative del sistema idrografico della Provincia. Le indagini hanno riguardato: 1) la valutazione della qualità delle acque mediante l'Indice Biotico Esteso (I.B.E.); 2) lo studio delle popolazioni ittiche; 3) l'indagine genetica condotta sui salmonidi per l'individuazione dei ceppi Atlantici o Mediterranei. L'I.B.E. ha evidenziato un degrado ambientale dei tratti pedemontani e collinari dei fiumi dovuto all'assenza di impianti di depurazione nei vari paesi che si affacciano sui bacini. Nei tratti montani è stata osservata una notevole integrità ambientale (I.B.E. 11-12). Acque molto inquinate sono localizzate nei pressi dei centri abitati, come nel fiume Sabato tra Atripalda ed Avellino. L'analisi genetica di *Salmo trutta* ha accertato la presenza contemporanea in tutti i bacini sia del ceppo Mediterraneo che di quello Atlantico, con la prevalenza del primo solo in alcuni siti. Tra i ciprinidi, le specie dominanti, ben strutturate, sono rappresentate da *Leuciscus cephalus*, *Barbus tyberinus* e *Rutilus rubilio*. Tra le altre specie, *Telestes muticellus* si localizza in biotopi reofili dove forma consistenti popolazioni. *Alburnus albidus* è sporadica, ma forma una comunità ben strutturata nel bacino dell'Ofanto al limite con la Provincia di Foggia. Tra le specie emergenti da segnalare, la lampreda di ruscello *Lampetra planeri*, frequente nel tratto medio-alto del bacino del Sele, e il gambero di fiume, *Austropotamobius pallipes*, apparentemente localizzato in due siti, alle sorgenti del fiume Sabato e in un affluente dell'alto corso del Calore.

PAROLE CHIAVE: Provincia di Avellino / carta ittica / indici biotici / comunità ittiche / genetica dei salmonidi / conservazione

The ichthyological Master Plan of the Avellino Province (southern Italy): preliminary researches

On the year 2001 the Dipartimento di Zoologia dell'Università di Napoli has been involved in the ichthyological Master Plan of the Avellino Province. 34 sites representative of the hydrographic network of the study area have been selected. The goals of investigations were: 1) the assessment of environmental impact according to the I.B.E. (Extended Biotic Index); 2) the study of the fish communities; 3) the genetic surveys of salmonids, based on the analyses of the nuclear locus *LDH-C1* which discriminate the Atlantic from the Mediterranean lineages. The I.B.E. results show a general environmental deterioration in the middle and low course of all rivers mainly due to the lack of depurative installations in villages and towns. The situation is better in the high stretch of river network, where a very high quality of the water (I.B.E. = 11-12) was observed. According to genetics results, Mediterranean and Atlantic populations of *Salmo trutta* are mixed with a prevalence of the Mediterranean lineage only in few sites. Among cyprinids, *Leuciscus cephalus*, *Barbus tyberinus* and *Rutilus rubilio* form well structured populations. The riverine minnow *Telestes muticellus* is present in few localities where form well structured population. The Appenninian bleak, *Alburnus albidus*, is scarce, but it forms discrete communities especially on the Ofanto River near the boundary between Avellino and Foggia provinces. Among others families, well structured communities of *Lampetra planeri* were found in the Sele River. The freshwater crayfish *Austropotamobius pallipes* was found in two localities: spring of River Sabato and an upper tributary of the River Calore.

KEY WORDS: Avellino Province / Ichthyological Master Plan / biotic indices / fish communities / trouts genetics / conservations

INTRODUZIONE

Nel 2001 è stata commissionata al Dipartimento di Zoologia dell'Università Federico II di Napoli la realizzazione della carta ittica della Provincia di Avellino. Dopo il completamento delle indagini di campo, si è in grado di fornire una analisi abbastanza dettagliata di qualità dei vari bacini secondo l'Indice Biotico Esteso

(I.B.E.) (GHETTI, 1997) ed una metodologia basata sulla presenza di specie sensibili di efemeroteri (BUFFAGNI, 1997), l'elenco delle specie ittiche con dati sulle caratteristiche delle popolazioni esistenti e dati sulla genetica delle trote. La Provincia di Avellino conta 4 bacini principali: il Calore Irpino e il fiume Sabato,

affluenti del Volturno; il fiume Ofanto a decorso indipendente; il fiume Sele a decorso indipendente. Nella tabella I sono riportate le caratteristiche generali dei tre bacini. Per quanto riguarda le portate, delle quali si dispone di dati relativi agli anni 1960-70 per il Calore Irpino (Fig 1 A) e 1960-1983 per l'Ofanto (Fig 1 B) per i tratti medi di questi due fiumi, si nota una grande incostanza, con regimi massimi di decine di metri cubi al secondo e periodi di disseccamento. Questa situazione impedisce l'insediamento di specie che richiedono ambienti poco variabili. Nei periodi di secca, la competizione interspecifica nelle pozze residue risulta elevata; le specie che traggono vantaggio o risultano più resistenti di altre a repentini cambiamenti, sono il

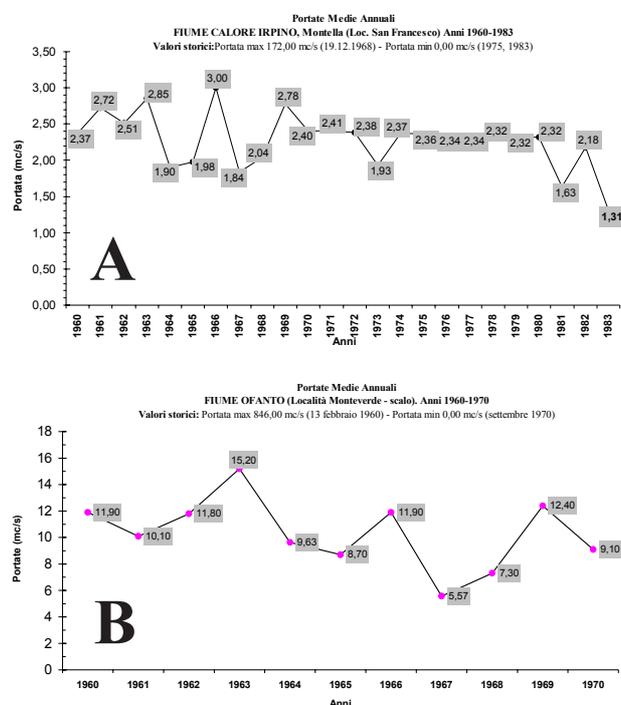


Fig. 1. Andamento delle portate dei fiumi Calore (A) e Ofanto (B) in base ai rilevamenti ritrovati nell'archivio del Servizio Idrografico dello Stato.

barbo, il cavedano e la rovella. In alternativa alla rovella, soprattutto nel corso medio-terminale, compare l'alborella meridionale. Questi fiumi, in definitiva, presentano una fauna ittica assai depauperata –proprio a causa delle temporanee secche estive– e del tipo che si ritrova in ambienti di dimensioni assai ridotti come fossi, ruscelli e piccoli canali. In questa situazione permane costantemente una tripletta di specie di ciprinidi costituita da una specie di barbo, il cavedano e una specie minore dominante che può essere la rovella o l'alborella o la lasca o il vairone (BIANCO, 1994). Per quanto riguarda le informazioni pregresse sull'ittiofauna della Provincia, i dati si riferiscono a lavori di carattere generale (BIANCO, 1994; BIANCO, 2002) e a materiali presenti nella collezione ittologica del Dipartimento di Zoologia. Questo lavoro, quindi, rappresenta un contributo inedito sulle componenti ittiche della Provincia di Avellino, sulla loro distribuzione, sui loro caratteri biologici e sulle emergenze e peculiarità faunistiche.

MATERIALI E METODI

I campionamenti hanno interessato 34 stazioni (25 per i macroinvertebrati), visitate in 4 occasioni. Nella tabella II sono riportate le stazioni e alcuni parametri ambientali rilevati nel corso dei campionamenti. In ognuno dei 34 siti è stato esaminato un transetto di lunghezza variabile, seguendo in parte le metodiche di osservazione di altri autori (LORO *et al.*, 1994; ARCADIPANE *et al.*, 2000; BIANCO *et al.*, 2002). Per l'identificazione delle unità tassonomiche di macroinvertebrati per il calcolo dell'I.B.E. (GHETTI, 1997), è stato consultato soprattutto il manuale elaborato da SANSONI (1988). Tra i prelievi effettuati, particolare attenzione è stata rivolta agli efemeroteri. Si tratta infatti di bioindicatori molto sensibili alla qualità ambientale. I campioni sono stati identificati fino a livello di specie e questo ha permesso l'applicazione di un nuovo indice, compreso nei protocolli più recenti di analisi biologica delle acque elaborati nell'ambito di progetti della Unione Europea: il M.A.S. (Mayfly Average Score) (BUFFAGNI,

Tab. I. Caratteristiche ambientali e comuni interessati dai bacini principali della Provincia di Avellino.

Bacino	Sele	Ofanto	Sabato	Calore Irpino
Ampiezza Bacino (Kmq)	3220	2780	387	3054
Lunghezza totale del fiume (Km)	64	165	60	115
Lunghezza fiume in territorio irpino (Km)	20	45	50	50
Quota sorgenti principali (s.l.m.)	420-600	600-750	750-850	800-1000
Regioni interessate	Campania	Campania, Basilicata, Puglia	Campania	Campania
Province	Avellino, Salerno	Avellino, Potenza, Foggia, Bari	Avellino, Benevento	Avellino, Benevento
N° comuni ricadenti nel bacino irpino	3	13	34	15

Tab. II. Schema riassuntivo delle stazioni di raccolta visitate nel corso delle 4 campagne di raccolta, con l'indicazione dei parametri chimico-fisici rilevati. *Abbreviazioni:* h m s.l.m. = altitudine, metri sul livello del mare; °C = temperatura dell'acqua al momento del prelievo; µMHOS = conducibilità dell'acqua espressa in µMHOS; Q (L/s) = portata del fiume al momento del prelievo, espressa in litri al secondo.

Codice	Fiume	Toponimo	Comune	h (slm)	Novembre 2001		Febbraio 2002		Aprile-Maggio 2002		Settembre-Ottobre 2002					
					°C	µMHOS Q(L/s)	°C	µMHOS Q(L/s)	°C	µMHOS Q(L/s)	°C	µMHOS Q(L/s)				
Calore Irpino																
Cal 01	Calore Irpino	Varo della Spina	Montella	650	08	210	40-50	07	200	1000	15	330	800	15	210	1000
Cal 01a	Accellica	Guado	Montella	1100							12	250	600	14	220	900
Cal 02	Lacinolo	S. Francesco	Montella	550	11	300	25	07	230	150	14	220	500			
Cal 03	Calore Irpino	A valle diga Enel	Montella	500	13	550	30-40	09	530	70-80	17	480	120	15	440	160
Cal 04	Calore Irpino	Vecchio Mulino	Castelfranci	450	11	370	450	06	370	700	9	390	1700	16	400	2200
Cal 04a	Calore Irpino	Confluenza fosso	Ponte Romito	480							15	370	480	13	430	1100
Cal 05	Calore Irpino	Mulino	Luogosano	330	12	450	445	07	460	850	16	300	2000			
Cal 06	Calore Irpino	Ponte di ferro	Taurasi-Lapio	250	14	490	255	08	360	3300	17	420	1500			
Cal 07	Calore Irpino	Piano dei greci	Mirabella	200	14	520	266	08	420	3500	17	510	3000			
Cal 08	Fredane	Ponte Marrelli	Patemopoli	400	10	800	70	07	550	500	16	600	400	14	540	700
Cal 09	Lacinolo	Macerà	Montella	630	09	250	5-10	06	260	100	14	240	120			
Cal 10	Ufita	Melito vecchia	Melito	250			-- fiume in piena----	07	680	700						
Ofanto																
Ofa 01	Ofanto	Sorgenti	Nusco-Torella	550	13	460	5-10	06	400	80				14	480	60
Ofa 02	Ofanto	Cascata	Lioni	530	11	820	110	07	470	1000	16	420	1200	15	390	1500
Ofa 03	Ofanto	Fiunicello	Teora	460	14	420	35-40	05	420	70-80	17	400	120			
Ofa 04	Oseno	Diga S. Pietro	Monteverde	540	12	560	8-12	08	540	100						
Ofa 04a	Fiocchia	Dopo la diga	Calitri	480							15	380	300	15	425	250
Ofa 05	Ofanto	Diga di Conza	Cairano	410	13	1420	15	07	520	260						
Ofa 5a	Ofanto	Guado	Calitri Scalo	390							14	410	350			
Ofa 06	Ofanto	Confl. Atella	Aquilonia	330	15	610	500	10	550	4000						
Ofa 07	Ofanto	Pisciolo	Monteverde	270	16	550	1084	10	540	5000	18	520	4000			
Ofa 08	Ofanto	Ponte di Teora	Teora	400	16	580	700	06	450	800				14	500	5000
Ofa 09	Ofanto	Cava sul fiume	Aquilonia	360							15	530	3500	13	480	10000
Sabato																
Sab 01	Sabato	Varco Finestra	Serino	810	9	300	30-40	8	270	50-60	11	290	300	11	290	200
Sab 02	Sabato	S.M. Serino	S. M. Serino	450	12	280	40	9	300	60-70						
Sab 03	Sabato	SS 7bis	Atripalda	290	-	-	-	11	500	535						
Sab 04	Salzola	Acq. Alto Calore	Atripalda	300	10	400	20	11	490	120	14	550	200	12	480	180
Sab 04 a	Salzola	Distributore ERG	Atripalda	290							19	650	800			
Sab 05	Sabato	Depuratore	Atripalda	280	13	580	250	-	-	-						
Sab 06	Sabato	Stazione	Allavilla I.	220	13	560	500	11	550	3500						
Sele																
Sel 01	Sele	Sorgenti	Caposele	400	10	220	230	9	230	600						
Sel 02	Zagarone	Calabritto	Calabritto	250	12	270	152	6	240	80-90	16	270	180			
Sel 03	Sele	Madonna d. Grazie	Quaglietta	200	12	330	800	7	390	1315				15	430	6000
Sel 04	Sele	Ponte sul Sele	Quaglietta	170							12	320	1500	14	370	2500

1997). Questo indice consente di classificare le stazioni di prelievo in base all'integrità biocenotica e fornisce pertanto uno strumento molto utile per interpretare più in dettaglio le caratteristiche di qualità, soprattutto dove l'I.B.E. ha valori alti. Considerando il valore del M.A.S. e il numero di Unità Tassonomiche (U.T.) di ciascuna stazione di prelievo, è stata assegnata a ciascuna di queste una delle sei classi di integrità biocenotica, indicate nella tabella III. Per le raccolte ittologiche sono stati effettuati 4 prelievi stagionali. Raccolte a cadenza mensile hanno interessato invece 4 stazioni in cui sono state individuate emergenze faunistiche. Questo complemento di ricerche è rivolto all'individuazione dei caratteri bio-ecologici e genetici di 4 specie di ciprinidi endemici della Campania e dell'Italia in generale: il barbo appenninico, *Barbus tyberinus*, il vairone, *Telestes muticellus*, la rovello *Rutilus rubilio* e l'alborella meridionale, *Alburnus albidus*, nonché una specie di lampreda di ruscello, *Lampetra planeri*. Alcune di queste specie sono incluse tra quelle di particolare interesse scientifico elencate nella direttiva Habitat della CE del 1992 e nella recente lista rossa dell'IUCN elaborata nel 2002.

Per le analisi genetiche delle trote sono stati scelti due diversi marcatori del mtDNA (*cyt-b* e *16S*), poiché

Tab. III. Valore standard del Mayfly Average Score (M.A.S.) in base al numero di unità tassonomiche (UT) e classi di Integrità Biocenotica corrispondente

	M.A.S.	Biocenosi a Efemerotteri	Classe di Integrità
almeno 5 UT	≥ 3,5	naturale	I
almeno 4 UT	3 < s < 3,5	quasi naturale	II
almeno 3 UT	2,5 < s ≤ 3	alterata	III
almeno 3 UT	≤ 2,5	molto alterata	IV
solo 1 o 2 UT	–	assai scarsa	V
nessun Efemer.	–	assente	VI

Tab. IV. Località di raccolta, sigla e n° di individui analizzati delle popolazioni di *S. trutta* sottoposte ad analisi genetica.

Bacino e Località	Sigla	N°
F.Calore - Varo della Spina	CAL1	17
F.Calore - Torrente Lacinolo	CAL2	13
F. Calore – a valle diga ENEL – Montella	CAL3	2
F. Sele – Sorgenti di Caposele	SEL1	10
F. Sele -Rio Zagarone	SEL2	14
F. Sele – Ponte per Quaglietta	SEL3	11
F. Sabato – Varco della Finestra- Serino	SAB	14
F. Ofanto – sorgenti - Nusco-Torella	OFA1	17
Totale		98

Tab. V. Classi di integrità biocenotica rilevati nelle stazioni di campionamento in base al M.A.S.

Stazione	Mayfly Total score	numero di UT	M.A.S.	classe di integrità	biocenosi
OFANTO					
OFA01 Nusco – Sorgenti	22	8	2,75	III	alterata
OFA02 Lioni - Cascata Lioni	8	4	2	IV	molto alterata
OFA03 Teora - Fiumicello Teora	19	7	2,71	III	alterata
OFA04 Monteverde – T. Osento	16	6	2,66	III	alterata
OFA05 Cairano - Acquedotto	16	6	2,66	III	alterata
OFA06 Atella – Aquilonia	25	9	2,77	III	alterata
OFA07 Monteverde - Pisciole	24	8	3	III	alterata
OFA08 Teora - Ponte di Teora	22	8	2,75	III	alterata
CALORE					
CAL01 Montella - Varo d. Spina	41	11	3,72	I	naturale
CAL02 Montella - Lacinolo	38	12	3,16	II	quasi naturale
CAL03 Montella - Diga ENEL	5	3	1,66	IV	molto alterata
CAL04 Castelfranci - Mulino	8	4	2	IV	molto alterata
CAL05 Luogosano - Mulino	17	7	2,43	IV	molto alterata
CAL06 Taurasi - Lapio	17	7	2,43	IV	molto alterata
CAL07 Mirabella - Piano dei Greci	17	7	2,43	IV	molto alterata
CAL08 Paternopoli – T. Fredane	14	6	2,33	IV	molto alterata
CAL10 Melito Vecchia – T. Ufita	7	3	2,33	IV	molto alterata
SELE					
SEL01 Caposele	23	7	3,29	II	quasi naturale
SEL02 Torrente Zagarone	31	9	3,44	II	quasi naturale
SEL03 Quaglietta	22	8	2,75	III	alterata
SABATO					
SAB01 Varco della Finestra	20	6	3,33	II	quasi naturale
SAB02 S.M. Serino - Acquedotto	24	8	3	III	alterata
SAB04 Manocalzati - T. Salzola	8	4	2	IV	molto alterata
SAB05 Atripalda - Pianodardine	0	0	0	VI	assente
SAB06 Altavilla	7	3	2,33	IV	molto alterata

in queste regioni vi sono sostituzioni nucleotidiche fissate che consentono di discriminare tra ceppo Atlantico e Mediterraneo. È stato studiato un locus nucleare (nDNA), codificante per l'enzima *LDH-C1*, che consente di discriminare fra ceppi Atlantici e Mediterranei "puri" e ibridi "Atlantico x Mediterraneo" secondo le metodiche riportate in KETMAIER e BIANCO (in stampa). Sono stati complessivamente analizzati 98 individui provenienti dalle 8 stazioni della tabella IV. I risultati genetici relativi alle popolazioni campane sono stati inclusi in un albero filogeografico comprendente popolazioni dell'Italia centrale e meridionale (KETMAIER e BIANCO, 2004).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Macroinvertebrati

A parte le discordanze riscontrate tra le due metodologie adottate (tabella V e tabella VI), dovute al fatto che il M.A.S. è un indicatore più sensibile e che

fornisce giudizi più severi dell'IBE, nella Provincia di Avellino risultano conservati in maniera accettabile soprattutto gli alti corsi dei bacini. Nei tratti intermedi, a valle di scarichi inquinanti, si assiste ad un leggero recupero della qualità delle acque. Gli ambienti più inquinati sono rappresentati dai tratti di fiume su cui si affacciano contesti urbani. Il fiume Sabato, ad Atripalda e ad Avellino, raggiunge livelli di inquinamento assai elevati perché i depuratori funzionano solo in parte. Per un ripristino accettabile della qualità ambientale e dell'ittiofauna occorre comunque in primo luogo un ripristino delle portate, soprattutto dei tratti sorgivi dove esistono captazioni copiscue, con un minimo di 500 litri al secondo, e l'attivazione dei depuratori, in molti casi già presenti ma non funzionanti nei centri abitati.

Ittiofauna

Nella tabella VII viene riportato un quadro di sintesi sulle specie rinvenute e sulle caratteristiche delle popo-

Tab. VI. Giudizi di qualità ambientale nelle varie stazioni rilevati con il sistema tradizionale, con l'indicazione del minimo e del massimo valore di I.B.E. (le abbondanze sono espresse con +).

Fiume	Plec	Efem	Tric	Coleot	Odon	Moll	Crost	Eter	Ditt	Irud	Olig	I.B.E.	Giudizio
CALORE													
Cal 01	+++	+++	+++	+		+			+		++	11-12	Non inquinato
Cal 02	+	++	++	+		+			++		+	10-12	Non inquinato
Cal 03									+++	+		2-5	Nettamente inquinato
Cal 04	+	++	++	+		+			++	+	+	9-10	Non inquinato
Cal 05	+	+	+	+	+				++	+	+	9-10	Non inquinato
Cal 06	+	+	+	+	+				++		+	7-9	Leggermente inquinato
Cal 07	+	+	+	+	+		+		++	+		7-9	Leggermente inquinato
Cal 08	+	++	+	+	+		+		++	+	+	8-9	Non inquinato
Cal 09	++	++	++	+		+	+		+		++	8-11	Non inquinato
Cal 10									++	++		2-4	Nettamente inquinato
OFANTO													
Ofa 01	++	++	++	+		+	+		+	+	+	9-10	Non inquinato
Ofa 02	+	+	+	+	++	+	+		++	++	+	7-8	Leggermente inquinato
Ofa 03	+	++	++	+		+	+		++	+		9-10	Non inquinato
Ofa 04	+	+	++	+	++	+	+		+	+	+	8-10	Non inquinato
Ofa 05	+	+	++	+	++	+	+	+	+	+	+	9-10	Non inquinato
Ofa 06	+	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	8-10	Non inquinato
Ofa 07	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	8-10	Non inquinato
Ofa 08	+	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+	9-10	Non inquinato
SABATO													
Sab 01	+++	+++	+++	+		+			+	+	+	10-11	Non inquinato
Sab 02	++	++	++	+		+			++		+	8-11	Non inquinato
Sab 03		+							++	++		2-3	Nettamente inquinato
Sab 04		++	+	+					++	++	++	6-9	Leggermente inquinato
Sab 05									+++	+++		1-3	Fortemente inquinato
Sab 06		+	+						+++	++	+	4-6	Inquinato
SELE													
Sel 01	+++	+++	+++	+		+	++		+		+	11-12	Non inquinato
Sel 02	+++	+++	+++	+		+			+		++	10-11	Non inquinato
Sel 03	+	+++	++	+	+	+	+		+		++	7-9	Leggermente inquinato

lazioni osservate in base ai campionamenti stagionali effettuati. Si può notare come la densità vari in funzione della stagione e delle portate. I ciprinidi, in generale, compiono migrazioni isodrome, scendendo a valle durante i mesi freddi e risalendo durante la stagione riproduttiva. La specie che più risente delle stagioni è il barbo che tende spesso a scomparire o a ridursi notevolmente nell'alto e medio corso dei fiumi durante l'inverno, per poi ricomparire durante la primavera-estate e raggiungere livelli demografici di notevoli entità. Questo succede anche per la rovella e per l'alborella. Il vairone, invece, forma popolazioni stanziali attive tutto l'anno. Anche il cavedano tende a mantenere un discreto livello demografico nell'alto e medio corso anche durante i mesi invernali. Le trote, al pari

dei vaironi, sono invece stanziali, anche se tendono a compiere discrete migrazioni lungo le aste dei torrenti. In situazione di piena, ovviamente, la densità di popolazione cade drasticamente. La densità è, invece, massima durante e subito dopo il periodo riproduttivo, a cui corrisponde, in genere, una situazione generalizzata di magra primaverile o estiva. Infine, le onde di piena possono completamente modificare la composizione qualitativa e quantitativa locale dell'ittiofauna. I giovani e i nati durante l'anno tendono a essere trascinati verso valle, da dove solo in parte risaliranno. L'ittiofauna, quindi, si modifica continuamente e qualunque analisi condotta sul campo raramente fornisce risultati riproducibili, in quanto i parametri ambientali e biotici sono assai mutevoli.

Tab. VII. Schema riassuntivo delle specie raccolte. *Abbreviazioni:* Origini delle specie: a, autoctone; i, introdotte; r, rinaturalizzate; Struttura della popolazione: AS, assente almeno in una fase di raccolta; m, mal strutturata; d, discretamente strutturata; b, ben strutturata. Per gli acronimi dei siti si veda la tabella I.

SITI	NOME COMUNE DELLE SPECIE RACCOLTE												
	Trota fario	Cavedano	Barbo tiberino	Vairone	Alborella	Rovella	Carpa+ Carassio	Anguilla	Lampreda	Scardola	Tinca	Trota iridea	Gambero
Cal 01	r,b												
Cal 01a	r,b												
Cal 02	i,m												
Cal 03						a,AS,b							
Cal 04	i,m	a,m,d	a,d	a,b		a,b				i,m			
Cal 04a	i,m		a,m			a,b		i,m					
Cal 05		a, AS,b	a,m,b	a,m		a,m,b		i,m					
Cal 06		a,d, b	a,b			a,b							
Cal 07		a,m,b	a,m			a,m,d							
Cal 08		a,d, b	a,m	a,m		a,b							
Cal 09	i,m												a,d
Cal 10	i,AS,m	a,AS,b	a,AS,d			a,AS, b		i,m					
Ofa 01	i,m	a,AS,m	a,AS, b			a,d							
Ofa 02		a,d, b	a,m,b		a,AS,d	a,b							
Ofa 03	i,m	a,m, d	a,d,b		a,AS, m	a,m,d							
Ofa 04			a,AS m		a,b			i,m					
Ofa 04a	i,m	a,m	a,b		a,m	a,d		i,m					
Ofa 05		a,m,d	a,d		a,m,d	a,d,b							
Ofa 05a	i,m	a,m	a,d			a,d							
Ofa 06		a,b	a,b		a,m,d	a,b							
Ofa 07		a,m,b	a,m,b		a,m,b	a,d,b	i,m	i,m					
Ofa 08		a,AS, m	a,AS,m			a,m							
Ofa 09		a,d,b	a,m,d		a,m,d	a,m,d	l,m	i,m		i,m	i,m		
Sab 01	r,b												a,d
Sab 02							i,m						
Sab 03		a,m	a,d	a,m	a,m	a,m	i,d	i,m					
Sab 04		a,AS, m	a,AS, d,b	a,b		a,b							
Sab 04a		a, m	a,m	a,m		a,d							
Sab 05		a,m			a,AS,m								
Sab 06		a,m,d	a,m,d	a,m		a,d	i,m						
Sel 01	i,m											i,m	
Sel 02	r,b												
Sel 03	i,d		a,m,b			a,m		i,m	a,m,b				
Sel 04	i,m					a,b			a,b				

Salmonidi: monitoraggio genetico

Scopo dell'analisi genetica delle trote della Provincia di Avellino è verificarne le origini: autoctone (ceppo Mediterraneo) o alloctone (ceppo Atlantico). L'analisi combinata di geni mitocondriali e nucleari consente di identificare le popolazioni non ancora interessate da ibridazione con individui di origine Atlantica, base di partenza su cui pianificare futuri piani di gestione volti al recupero delle trote autoctone dell'area in studio. I risultati ottenuti dimostrano che in nessuna delle località campane esaminate sono state riscontrate popolazioni appartenenti esclusivamente al ceppo Mediterraneo (Fig. 2). Tuttavia alcuni esemplari si sono rivelati di pure origini mediterranee ed altri sono risultati di origine atlantica o ibridi. Nella località SEL1, 4 esemplari su 10 esaminati presentano l'allele *100, (tipizzante il ceppo Mediterraneo) mentre nella stazio-

ne CAL1, su 13 esemplari, 10 presentano esclusivamente l'allele *100, mentre 3 sono risultati eterozigoti *100/*90. Nella popolazione in questione vi è quindi preponderanza di un allele autoctono (frequenza dell'allele *100 = 77%), mentre l'allele tipico della forma alloctona sembra essere penetrato in misura relativamente ridotta (frequenza dell'allele *90 = 23%). Al tempo stesso, il rinvenimento di individui eterozigoti è una chiara indicazione che in questa località non solo sono state immesse trote di origine atlantica, ma che queste ultime sono state in grado di ibridarsi con quelle locali. I risultati ottenuti lasciano comunque intravedere buone possibilità di avviare programmi di recupero delle trote autoctone, in particolare nell'alto corso dei fiumi Calore, Sele e Sabato. Numerosi studi hanno infatti dimostrato come in condizioni naturali gli ibridi siano sfavoriti dalla selezione; pertanto, se le semine di

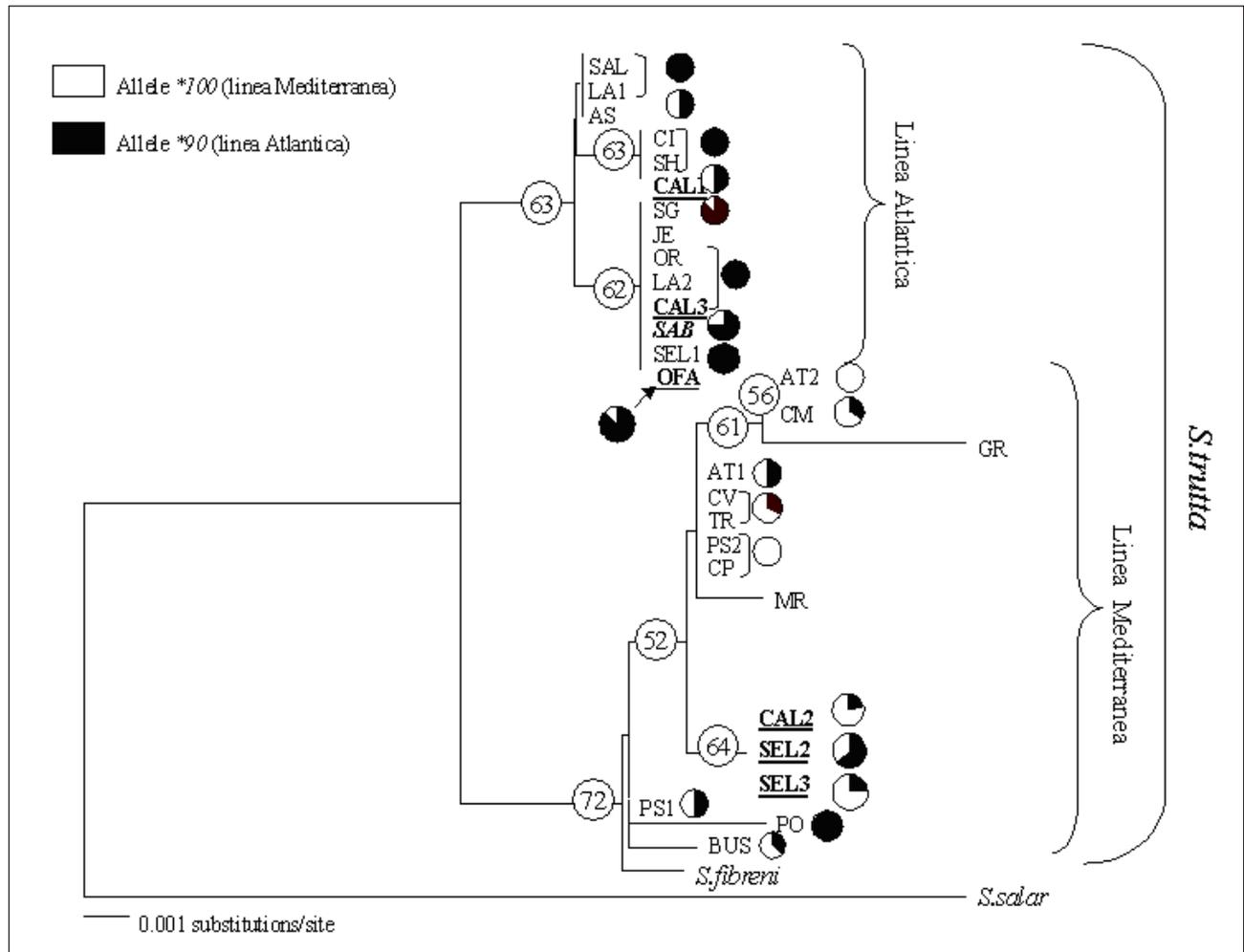


Fig. 2. Albero NJ costruito sui valori di distanza genetica "uncorrected p" (*cyt-b + 16s*). I numeri ai nodi sono i valori di supporto ottenuti mediante 1000 repliche bootstrap; sono mostrati solo i valori di bootstrap > 50%. Per ciascuna popolazione sono anche rappresentate le frequenze degli alleli *100 e *90 al locus *Ldh-C*1*.

materiale alloctono vengono sospese, si può ottenere un rapido recupero delle popolazioni originali. Ben diversa è risultata la situazione in località CAL4, dove è stata riscontrata esclusivamente la presenza dell'allele Atlantico *90 (frequenza = 100%).

Conclusioni

Nella Provincia di Avellino sono stati complessivamente raccolti una specie di lampreda, 13 di pesci e una di gambero. Tra gli agnati, la lampreda di ruscello appare ben strutturata solo nel bacino del Sele. Tra i pesci, le specie ben strutturate sono rappresentate da cavedano, barbo, rovello e, in maniera minore perché rare o localizzate, il vairone e l'alborella meridionale. Tra le specie alloctone, il carassio, la scardola, la carpa e la tinca sono occasionali e localizzate nella parte media e terminale dei fiumi Ofanto e Calore Irpino. La trota iridea è stata rinvenuta solo nell'alto corso del Sele, mentre le trote di tutti i fiumi sembrano essere di origini alloctone e appartenenti al ceppo sia Mediterraneo che Atlantico. Le potenziali aree di frega della trota sono limitate all'alto corso del Calore e del Sabato. Per quanto riguarda le specie occasionali, sicuramente sono giunte nei fiumi in studio frammiste a materiali di carpa e di tinca che, da diversi anni, vengono seminate nelle acque interne a cura della Provincia di Avellino. Tra le emergenze faunistiche, figurano il vairone (*Telestes muticellus*), endemismo proprio dei distretti Tosco-laziale e Padano-veneto, e ritrovato molto localizzato nei bacini del Sabato e del Calore (Bacino imbrifero del Volturino). Nel fosso Ficocchia (bacino dell'Ofanto) è stata invece localizzata una popolazione

nana di Barbo appenninico (*Barbus tyberinus*), altro endemismo italiano proprio dell'Italia centrale e meridionale. Infine, nel bacino del fiume Sele sono state individuate diverse popolazioni ben strutturate della lampreda di ruscello (*Lampetra planeri*). Si tratta di un dato assai interessante in quanto la specie è ormai in via di estinzione nel distretto tosco-laziale allargato, suo areale originario, mentre nella Provincia di Avellino, ma anche in altri fiumi dell'Italia meridionale (Calore cilentano, Mingardo, Bussento), risulta ancora ben rappresentata. Per quanto riguarda i popolamenti di salmonidi, sono risultati costituiti da esemplari di origine mista, atlantica e mediterranea, e ibridi fra essi. Per una gestione diretta al recupero dei ceppi mediterranei, dovrebbero essere sospese le semine di materiali di dubbia provenienza e dovrebbe essere avviata una politica di gestione basata sull'acquacultura valliva di ceppi autoctoni o rinaturalizzati di origini mediterranee.

Ringraziamenti

Un particolare ringraziamento al dr. Ernesto Gramaglia per la sua attiva collaborazione al progetto, sia sul piano logistico che sul campo e di laboratorio. Si ringraziano inoltre: l'Amministrazione Provinciale di Avellino per aver finanziato la ricerca, l'assessore dr. Giuseppe Di Milia, il funzionario dirigente dell'Ufficio Caccia e Pesca dr. Antonio Fusco ed i funzionari dr. Roberto Della Sala, sig.ra Angela Troisi e sig.ra Palmira Tirelli; il presidente della FIPSAS di Avellino sig. Giosuè Lombardi, il consigliere Michele Stanco e le guardie giurate volontarie che hanno collaborato con i ricercatori nel corso delle campagne di studio. Infine la sig.ra Arianna Carotta e i dr. Vincenzo Frezza, Vincenzo Canfora, Enrico Ciccopieri, per aver contribuito ai prelievi sul campo ed alle analisi di laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- BIANCO P.G., 1994. 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.
- BIANCO P.G. 2002. Pesci. In: Boitani L., Corsi F., Falcucci A., Maiorano L., Marzetti I., Masi M., Montemaggiori A., Ottaviani D., Reggiani G., Rondinini C. (eds.) *Rete Ecologica Nazionale. Un approccio alla conservazione dei vertebrati italiani*. Univ. di Roma "La Sapienza", Dip. di Biologia Animale e dell'Uomo; Ministero dell'Ambiente, Direzione per la Conservazione della Natura; IEA. <http://www.gisbau.uniroma1.it/REN>
- BIANCO P.G., MARCONATO E., BUSATTO T., DE MAJO T., MAIO G., SALVIATI S., 2002. *Indagine sui popolamenti ittici dei principali corsi d'acqua del Parco Nazionale del Cilento*. Dip. Zoologia Napoli, AQUAPROGRAM, Vicenza, 85 pp.
- BUFFAGNI A., 1997 - Mayfly community composition and the biological quality of streams. In: Landolt P., Sartori M. (eds.) *Ephemeroptera & Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics*, MTL, Fribourg: 235-246.
- GHETTI P. F., 1997. *Manuale di applicazione: Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Edizioni Prov. Autonoma di Trento, 112 pp.
- KETMAIER V., BIANCO P.G., (in stampa). Monitoraggio genetico e ibridazione tra popolazioni atlantiche e mediterranee di *Salmo trutta* in Abruzzo e Campania. *Atti SITE*.
- LORO R., ZANETTI M., TURIN P., 1994. *Carta Ittica della Provincia di Treviso*. Provincia di Treviso, Ass. Caccia, Pesca Ecologia, Treviso, 184 pp.
- ARCADIPANE M., GALLI P., CROSA G., GARIBALDI L., BERTOGLIO S., RIVA M., BARCELLA M., BARZAGHI C., 2000. *Carta delle vocazioni ittiche*. Provincia di Milano, 340 pp.
- SANSONI G., 1988. *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Provincia Autonoma di Trento, 112 pp.

Analisi della diversità genetica delle popolazioni di luccio (*Esox lucius* L.) del Lago Trasimeno

Livia Lucentini^{1*}, Claudia Ricciolini^{1,2}, Hovirag Lancioni¹, Luciana Baldoni², Fausto Panara¹

1 Dip. di Biologia Cellulare e Molecolare, Università di Perugia. Via Pascoli - 06123 Perugia

2 Istituto di Genetica Vegetale, CNR Via Madonna Alta - 06100 Perugia

** Referente per la corrispondenza: fax 0755855736; livial@tin.it*

Riassunto

La presente ricerca descrive uno studio preliminare concernente la diversità genetica della popolazione di luccio (*Esox lucius* Linnaeus) del lago Trasimeno mediante analisi di 588 frammenti AFLP di cui 138 polimorfici e 5 loci microsatellite. L'indagine è stata condotta su 22 esemplari adulti di luccio prelevati in tre siti diversi del lago. I dati raccolti sono stati sottoposti ad un'analisi statistica di base e ad analisi dei cluster. I dendrogrammi UPGMA ottenuti indicano, per entrambe le metodologie molecolari utilizzate, l'esistenza di due gruppi principali a cui riferire tutti i genotipi di luccio esaminati. Tutti i dati raccolti forniscono sostanzialmente un quadro di bassissima variabilità genetica di questa specie nel lago Trasimeno e confermano i risultati già pubblicati su popolazioni di luccio del nord America e del nord Europa. Questo lavoro è il primo contributo inerente l'applicazione della metodica AFLP nel luccio e la comparazione delle informazioni molecolari ottenute mediante analisi AFLP e microsatellite in una specie ittica. In particolare è il primo contributo che analizza la variabilità genetica di una popolazione italiana di luccio. Per tali ragioni si ritiene che esso possa essere utile per ulteriori ricerche e progetti di recupero e gestione di questa specie nel Trasimeno e in Italia. (Contributo Università degli Studi di Perugia).

PAROLE CHIAVE: *Esox lucius* / luccio / Diversità Genetica / Microsatelliti / AFLP / Trasimeno

Genetic diversity analysis of northern pike (*Esox lucius* L.) population in lake Trasimeno (Italy)

This study concerns the preliminar analysis of the genetic diversity of northern pike (*Esox lucius* L.) population of the Lake Trasimeno, by means of 588 AFLP and five microsatellite loci. Both AFLP and microsatellite data analysis, were recorded from 22 adult specimens randomly collected from three different sites of Lake Trasimeno. Classical genetic statistics were estimated and information on pike population obtained using different markers and/or statistical parameters were compared. Both the UPGMA dendrograms indicate the existence of at least two major groups in which clustered the pike genotypes examined. All data obtained show similar results, indicating a really low genetic diversity of the Trasimeno pike population, and they agree with the results published for north American and north European populations. This research is one of the first approaches to pike genetic diversity studied through both AFLP and microsatellite markers and the first studying the problem of genetic variability in an Italian pike population. Therefore it may be relevant for future research and for the breeding and management programs of this species.

KEY WORDS: *Esox lucius* / Northern Pike / Genetic diversity / Microsatellite / AFLP / Trasimeno Lake

INTRODUZIONE

Il luccio (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) è l'unico esocide delle acque interne italiane e una delle cinque specie autoctone del lago Trasimeno (DELMASTRO, 1986). Le sue caratteristiche ecologiche e biologiche sono alla base della sua importanza nel mantenimento degli equilibri ambientali e, insieme alla qualità della carne, ne fanno una delle specie di maggiore interesse per pescatori sportivi e di professione.

Studi di biodiversità intraspecifica nei pesci condotti mediante analisi del fenotipo si sono spesso dimo-

strati difficilmente applicabili a causa della loro stretta dipendenza dalle condizioni ambientali e di sviluppo (GRAHAM *et al.*, 1993). I marcatori molecolari, che analizzano direttamente il genotipo, sono apparentemente indipendenti dall'ambiente e vengono considerati lo strumento ideale per analizzare la variabilità genetica inter- e intraspecifica (FERGUSON e DANZMANN, 1998). Per quanto riguarda il luccio, studi condotti su allosimi (SEEB *et al.*, 1987) e microsatelliti (MILLER e KAPUSCINSKI, 1996) hanno rivelato una bassissima va-

riabilità genetica per le popolazioni del Nord America e del Nord Europa (MILLER e KAPUSCINSKI, 1996; HANSEN *et al.*, 1999). Risultati, questi, confermati anche dall'analisi della variabilità del DNA mitocondriale (BRZUZAN *et al.*, 1998).

Al momento non esistono informazioni sulla variabilità genetica delle popolazioni di luccio in Italia. Sulla base di queste considerazioni è stata iniziata una ricerca volta a studiare la diversità genetica delle popolazioni italiane di luccio, a partire dal lago Trasimeno dove da anni vengono affrontati problemi di ripopolamento e gestione per questa specie.

Lo studio è stato condotto con marcatori molecolari microsatelliti e AFLP (polimorfismi di lunghezza di frammenti amplificati). I microsatelliti, corte sequenze ripetute di 1-6 basi e fiancheggiate da sequenze altamente conservate, sono marcatori molecolari ampiamente utilizzati nello studio della variabilità delle specie ittiche. Gli AFLP sono una tecnica (messa a punto nella seconda metà degli anni '90 per analizzare cultivar di specie vegetali) che consente di ottenere pattern di bande ad alto potere discriminante (Vos *et al.*, 1995). La velocità e riproducibilità degli AFLP li rendono estremamente utili in studi di parentela di popolazioni selvatiche (GERBER *et al.*, 2000) e di analisi del successo riproduttivo in acquacoltura. Sulla base di queste considerazioni sono stati applicati entrambi questi marcatori allo studio della variabilità genetica del luccio del lago Trasimeno.

MATERIALI E METODI

Sono stati analizzati 22 esemplari adulti di lunghezza variabile da 35 a 40 cm, prelevati in tre differenti siti del Lago Trasimeno. Il DNA è stato estratto da sangue raccolto in PBS-EDTA (tampone sodio fosfato 5 mM, pH 7,2, NaCl 0,85% e 2mM EDTA) mediante QIAamp Blood Kit (Quiagen). Il DNA estratto è stato risospeso in TE (Tris-EDTA: 10mM Tris-HCl, 1mM EDTA, pH 7,6) e la sua concentrazione valutata su gel di agarosio 0,8% mediante standard di lambda DNA.

L'analisi AFLP è stata condotta come descritto da Vos *et al.* (1995). Sono stati utilizzati gli enzimi di restrizione *EcoRI* e *MseI*, i relativi adattatori e i primer *MseI*-C e *EcoRI*-A nella pre-amplificazione. Nell'amplificazione selettiva sono invece stati impiegati i primer con tre basi selettive: E-ACA*/M-CAG; E-ACG*/M-CAT; E-AGG*/M-CTC; E-ACC*/M-CTA; E-AGC*/M-CTG; E-AAC*/M-CTT; E-ACT*/M-CAC; E-AAC*/M-CAG, dove l'asterisco indica i primer di *EcoRI* marcati con [γ -³³P]-ATP. I frammenti di DNA ottenuti sono stati denaturati (5 min a 75 °C), fatti migrare su gel di acrilammide 6% con marcatore di peso molecolare 30-330bp e sottoposti ad autoradio-

grafia.

L'analisi dei microsatelliti è stata condotta secondo la tecnica descritta da MILLER e KAPUSCINSKI (1996). Il DNA genomico (25 ng) è stato amplificato mediante cinque differenti combinazioni di primer (Elu51, Elu19, Elu276, Elu87 e Elu76) (MILLER e KAPUSCINSKI, 1996). In una fase iniziale si è provveduto, per ogni locus microsatellite, ad effettuare una serie di amplificazioni "in parallelo" utilizzando sia primer marcati in 5' con Cy5 e analizzando i prodotti di amplificazione con il sequenziatore automatico ALF-express (Amersham Biosciences) sia primer non marcati e separando i prodotti su gel di agarosio (LMP Preparative Grade for Small Fragments, Promega) saggiando concentrazioni del gel da 2% fino a 6% in presenza di due standard (100bp e 25bp) caricati in doppio (primi due ed ultimi due pozzetti di ogni gel). È stato verificato che non si riscontravano differenze di separazione fra il gel 2,2% e le concentrazioni superiori e che le dimensioni delle basi retrocalcolate dalle curve di taratura costruite sulla base degli standard 100 e 25 bp erano assolutamente comparabili con quelle fornite dal sequenziatore. Inoltre, in nessun caso, si sono riscontrate incongruenze sul numero degli alleli riscontrati per ogni campione mediante le due metodologie. Per questo si è proceduto separando i prodotti PCR su gel di agarosio-EtBr 2,2% (LMP Preparative Grade for Small Fragments, Promega) per 5 min a 150 V e 1h a 90 V. I gel sono stati fotografati mediante fotocamera digitale (Olympus Camedia C-4040ZOOM) a massima risoluzione (3200X2400 pixels). Le lastre autoradiografiche AFLP e i gel dei microsatelliti sono stati sottoposti a lettura manuale da parte di due operatori separatamente e ad analisi d'immagine mediante ImageJ 1.12.

I risultati ottenuti mediante le due metodologie sono stati convertiti in file dati assegnando valore 1 o 0 alle bande in ragione della loro presenza o assenza. Per ogni microsatellite è stata calcolata la ricchezza in alleli A , una misura del numero di alleli per locus, l'eterozigosità osservata (H_o) e attesa (H_a) e l'indice di fissazione (F_{is}). La stima di p , q e Q , è stata condotta come indicato da MARIETTE *et al.* (2001), e il valore stimato di q è stato utilizzato nella stima di A , H_o e H_a per AFLP. La similarità genetica è stata valutata mediante analisi dei cluster condotta con il software Biodiversity Professional (Neil McAleece, 1997, The Natural History Museum/Scottish Association for Marine Science) che classifica le informazioni di presenza/assenza per ogni esemplare in base a misure di similarità di Jaccard utilizzando la media dei gruppi (PIELOU, 1984). I dendrogrammi ottenuti sulla base dei dati forniti dalle due metodologie sono risultati perfettamente comparabili grazie alla restituzione della distanza in termini di similarità percentuale.

RISULTATI

Tutti i loci microsatellite analizzati sono risultati polimorfici e forniscono complessivamente 13 alleli. Il livello di polimorfismo calcolato è estremamente basso ($A=2,60$; H_o che varia da 0,05 a 0,78 e F_{IS} da $-0,67$ a 0,71). È stato inoltre calcolato l'indice di Nei *per locus* che varia da 0,17 a 0,50 con un valore medio pari a 0,38 che indica una diversità genetica apprezzabile, ma piuttosto bassa. L'analisi dei cluster (Fig. 1) per i microsatelliti discrimina due cluster principali di cui uno con solamente due esemplari (18, 19, 7) separato dall'altro ad una similarità pari a 97,5%.

Per le otto combinazioni AFLP sono state analizzate un totale di 588 bande di cui 138 inequivocabilmente polimorfiche, pari al 23,4%. Il tasso di polimorfismo è stato anche calcolato *per combinazione* ed è stata verificata una variazione dal 9% della combinazione E-AGG*/M-CTC al 32% della E-

ACT*/M-CAC, mantenendosi comunque su valori di polimorfismo molto bassi. Utilizzando l'indice di fissazione F_{IS} calcolato dall'analisi dei microsatelliti, sono state stimate le frequenze alleliche e, quindi, l'indice di Nei *per combinazione* (MARIETTE *et al.*, 2001) che varia da 0,07 a 0,24 con un valore medio di 0,13, che conferma una diversità genetica estremamente bassa. L'analisi dei cluster (Fig. 2) consente anche in questo caso di individuare due cluster (% similarità 91,1%) di cui uno concernente solo tre campioni (18, 19 e 20), mentre l'altro è a sua volta composto da due gruppi separati fra loro con similarità 92,1% e di cui uno contiene unicamente il campione 16.

La comparazione dei risultati forniti dai due marker, basata sul t-test per campioni indipendenti, indica che essi forniscono risultati fra loro consistenti ($p<0,05$), ovvero che per la popolazione esaminata essi forniscono lo stesso pattern di diversità genetica.

DISCUSSIONE

La conoscenza della diversità genetica di una popolazione naturale è un dato ormai essenziale per una corretta gestione della stessa. È noto che una perdita di variabilità può avere conseguenze sulla dinamica della popolazione stessa, influenzandone la fitness e/o il tasso di estinzione.

La popolazione di luccio del lago Trasimeno può presentare marcate oscillazioni nella sua struttura, dovute alla pressione di pesca e ad eventuali reintroduzioni, non sempre facilmente monitorabili. Una gestione ecologicamente ed economicamente compatibile di questa specie ittica in un bacino abbastanza esteso e fortemente antropizzato quale il Lago Trasimeno dovrebbe prevedere piani di reintroduzione di esemplari ottenuti da riproduttori di sicura origine autoctona. In quest'ottica, lo sviluppo di marker molecolari in grado di discriminare fra popolazioni locali e non, diventa strumento essenziale, non solo conoscitivo, ma anche gestionale.

Per questo, nella presente ricerca sono stati utilizzati sia marcatori AFLP che microsatelliti allo scopo di valutare la variabilità genetica della popolazione di luccio del Lago Trasimeno. I risultati indicano livelli di variabilità genetica estremamente bassi e confermano i dati già riportati per le popolazioni del Nord America e del Nord Europa (SEEB *et al.*, 1987; MILLER e KAPUSCINSKI, 1996; BRZUZAN *et al.*, 1998; HANSEN *et al.*, 1999).

Tutti gli indici calcolati indicano una sostanziale omogeneità della popolazione di lucci del lago Trasimeno, fatta eccezione per alcuni esemplari che indicano la probabile esistenza di una piccola sottopopolazione che segrega separatamente dalla maggior parte degli esemplari.

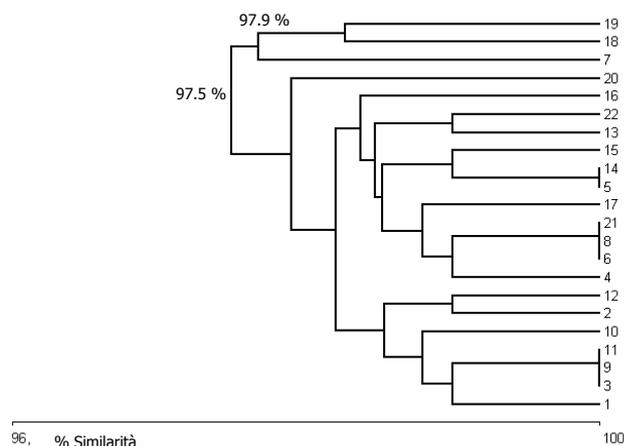


Fig. 1. Dendrogramma che mostra l'associazione dei campioni risultante dall'analisi dei pattern microsatelliti.

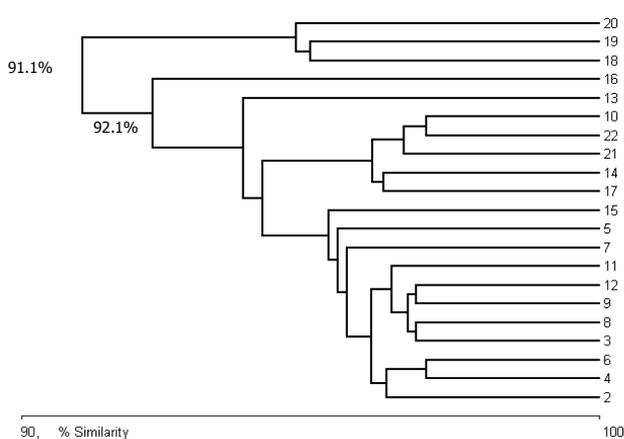


Fig. 2. Dendrogramma che mostra l'associazione dei campioni risultante dall'analisi dei pattern AFLP.

I dati riportati rappresentano il primo contributo al problema della variabilità genetica di una popolazione italiana naturale di luccio e possono essere importanti

in relazione alla caratterizzazione genetica finalizzata a programmi di conservazione e riproduzione di questa specie.

BIBLIOGRAFIA

- BRZUZAN P., LUCZYNSKI M., KUZNIAR P.A., 1998. Mitochondrial DNA variation in two samples of northern pike, *Esox lucius* L. *Aquaculture Research*, **29**: 521-526.
- DELMASTRO G., 1986. Problemi relativi all'introduzione di specie esotiche di pesci nelle acque dolci italiane. *Quaderni ETP*, **45**: 85-96.
- FERGUSON M.M., DANZMANN R.G., 1998. Role of genetic markers in fisheries and aquaculture: useful tools or stamp collecting? *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences*, **55**:1553-1563.
- GERBER S., MARIETTE S., STREIFF R., BODÉNÈS C., KREMER A., 2000. Comparison of microsatellites and amplified fragment length polymorphism markers for parentage analysis. *Molecular Ecology*, **9**: 1037-1048.
- GRAHAM J.H., FREEMAN D.C., EMLÉN J.M., 1993. Developmental stability: a sensitive indicator of populations under stress. In: *Environmental toxicology and Risk Assessment*. ASTM STP 1179. American Society for Testing and Materials, Lewis eds. Philadelphia, PA: 136-158.
- HANSEN M.M., TAGGART J.B., MELDRUP D., 1999. Development of new VNTR markers for pike and assessment of variability at di- and tetranucleotide repeat microsatellite loci. *Journal on Fish Biology*, **55**: 183-188.
- MARIETTE S., CHAGNÉ D., LÉZIER C., PASTUSZKA P., RAFFIN A., PLOMION C., KREMER A., 2001. Genetic diversity within and among *Pinus pinaster* populations: comparison between AFLP and microsatellite markers. *Heredity*, **86**:469-479.
- MILLER L.M., KAPUSCINSKI A.R., 1996. Microsatellite DNA markers reveal new levels of genetic variation in northern pike. *Transaction of the American Fisheries Society*, **125**: 971-977.
- PIELOU, E.C., 1984. *The interpretation of Ecological Data*, Wiley, New York.
- SEEB J.E., SEEB L.W., OATES D.W., UTTER F.M., 1987. Genetic variation and postglacial dispersal of populations of northern pike (*Esox lucius*) in North America. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, **44**: 556-561.
- VOS P., HOGERS R., BLEEKER M., REIJANS M., VAN DE LEE T., HORNES M., FRITJTERS A., POT J., PELEMAN J., KUIPER M., ZABEAU M., 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acid Research*, **23**: 4407-4414.

Caratterizzazione genetica di popolazioni appenniniche di trota fario: aspetti tassonomici e conservazionistici

Francesco Nonnis Marzano^{1*}, James Tagliavini¹, Riccardo Papa¹, Marina Vaghi¹, Massimo Pascale², Giuseppa Maio³, Gilberto Gandolfi¹

¹ Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale, Università degli Studi di Parma. Parco Area delle Scienze 11/A – 43100 Parma.

² Via Città di Traunstein, 8 – 10064 Pinerolo (To)

³ Aquaprogram srl, Via Borella, 53 – 36100 Vicenza

* Referente per la corrispondenza: fax 0521-905657; nonnis@biol.unipr.it

Riassunto

È stato condotto uno studio sull'applicazione di marcatori molecolari (iso/allozimi e DNA mitocondriale) in grado di caratterizzare popolazioni autoctone di trota fario presenti in torrenti dell'Appennino Centro-Settentrionale. La ricerca, oltre ad aspetti di tassonomia molecolare, ha riguardato aspetti conservazionistici inerenti la valutazione dei livelli di introgressione da parte di soggetti "domestici" utilizzati nelle semine. L'analisi di 19 sistemi gene-enzima codificati in 33 loci (tra nucleari e mitocondriali) ha permesso di identificare polimorfismi allelici in grado di differenziare le diverse popolazioni campionate in bacini delle provincie di Parma, Piacenza, La Spezia, Genova, Massa Carrara e Lucca. I livelli di variabilità genetica sono risultati bassi rispetto ai valori descritti in altre popolazioni europee di *S. trutta trutta* con frequenze alleliche correlate a quelle determinate negli incubatoi preposti ai ripopolamenti. L'analisi di un particolare allele del locus LDH-5 e il polimorfismo RFLP del gene 16S rDNA hanno consentito di tipizzare esemplari appartenenti a *S. trutta macrostigma* e valutarne la frequenza in bacini appenninici del versante tirrenico ed adriatico. In particolare, le popolazioni appenniniche del versante padano si presentano come gruppi misti di trote appartenenti ad entrambi i ceppi, con notevole preponderanza di genotipi e aplotipi atlantici e presenza per lo più sporadica di forme mediterranee strettamente dipendenti dalla selezione eseguita in incubatoio. Differente appare la situazione nei torrenti tirrenici dove alcune popolazioni risultano ancora ben conservate e meritevoli di attenzione e tutela, quali quelle presenti nei bacini del Vara (La Spezia) e del Serchio (Lucca).

PAROLE CHIAVE: allozimi / inincrocio / DNA mitocondriale / Salmonidi

Genetic characterization of brown trout Apennine populations: from taxonomy to conservation

Structural gene variation (allozymes and mtDNA) was investigated in Apennine (Northern and Central Italy) stream populations of brown trout to assess the possibility of introgression by alien genomes after massive restocking with hatchery strains (Atlantic stocks). Genetic variability within and between Apennine populations was reduced compared to past literature on European stocks of *Salmo trutta*. In particular, only two allozyme loci were polymorphic and mean heterozygosity was also reduced compared to other native brown trout populations. The reduction or total absence of the Mediterranean nuclear (LDH-5) and mitochondrial (16S rDNA) diagnostic markers suggests the domestic origin of most populations, and the introgression effects carried out by non-native genomes. From a taxonomic point of view, a clear differentiation has emerged among basins placed on opposite sides of the Apennine chain (Tyrrhenian and Adriatic regions). In particular, the presence of Mediterranean genotypes and haplotypes characterizing *Salmo (trutta) macrostigma* is sporadic along the eastern Apennine side, adding additional doubts on the original wide distribution of this salmonid along the Adriatic side of the mountain chain. In spite of conservation programs devoted to preservation of local genetic characteristics of *S. t. macrostigma*, massive restocking practices with hatchery strains obtained by few spawners is the major cause of significant 'founder effect' and 'inbreeding depression' in Apennine regions.

KEY WORDS: allozymes / inbreeding / mitochondrial DNA / Salmonidae

INTRODUZIONE

La diminuzione della fauna ittica nei corsi d'acqua appenninici e, nel caso dei salmonidi, addirittura la scomparsa di intere popolazioni, sono in gran parte dovute a modificazioni delle caratteristiche ambientali e alla forte pressione esercitata dall'esercizio alieutico.

Ciò ha comportato la necessità di sviluppare azioni di ripopolamento che sono state condotte, per un lungo periodo di tempo, impiegando principalmente soggetti "domestici" prevalentemente di origine Nord-Europea, selezionati in allevamento sulla base di caratteristiche

morfologiche quali dimensione e livrea. Questa pratica rappresenta un fattore di rischio per la sopravvivenza delle popolazioni autoctone, in relazione a fenomeni di competizione trofica e ibridazione (LARGIARDER e SCHOLL, 1996) che si instaurano tra i diversi ceppi (atlantici e mediterranei) (BERNATCHEZ, 2001).

A tal riguardo, è bene precisare che nel caso della trota fario esiste ancora una certa confusione sulla nomenclatura da adottare e l'inquadramento sistematico della specie. Recenti studi basati su analisi genetiche hanno messo in luce l'esistenza di due gruppi ben distinti: uno autoctono dei corsi d'acqua mediterranei, la trota macrostigma e forme ad essa affini, l'altro di derivazione atlantica ed introdotto a scopo di ripopolamento, la trota fario propriamente detta. I due ceppi sono in grado di riprodursi dando origine ad ibridi (o più propriamente incroci) che stanno lentamente sostituendo le forme indigene in diversi bacini appenninici.

Recentemente una maggior coscienza naturalistica e nuove esperienze scientifiche hanno permesso di intraprendere il ripopolamento di bacini naturali con progenie ottenuta da riproduttori locali in incubatoi di valle, nel tentativo di conservare le caratteristiche peculiari delle popolazioni di un particolare areale. Tuttavia, anche se meritoria dal punto di vista formale, questa pratica non può garantire in assoluto il mantenimento della biodiversità caratteristica del bacino e della variabilità genetica presente nella specie. Infatti la scelta dei riproduttori è spesso limitata ad un numero esiguo di esemplari ed avviene il più delle volte sulla base delle sole caratteristiche fenotipiche, non essendo sempre possibile sottoporre i riproduttori ad analisi del DNA prima della fase di "spremitura". Allo stesso modo, le semine di novellame non autoctono modificano la struttura genetica delle popolazioni autoctone, alterando la distribuzione degli alleli e promuovendo la comparsa di "alleli non indigeni".

Il corretto inquadramento tassonomico dei diversi esemplari, nonché il mantenimento di adeguati livelli di diversità genetica delle popolazioni, soprattutto in quelle residenti in bacini che mantengono buone caratteristiche di naturalità, devono essere gli obiettivi primari di tutti gli interventi di conservazione e costituiscono anche gli obiettivi principali della presente ricerca. A tal scopo è stato profuso un non trascurabile sforzo nell'identificare marcatori genetici in grado di descrivere popolazioni di "trota di torrente" e tipizzare i singoli soggetti da utilizzare in pratiche di fecondazione artificiale. In questo lavoro sono presentati due differenti approcci genetici, uno basato sull'analisi dei sistemi gene-enzima (GUYOMARD, 1989; GIUFFRÀ *et al.*, 1994) e l'altro sul DNA mitocondriale (PATARNELLO *et al.*, 1994; NONNIS MARZANO *et al.*, 2003), in grado di fornire utili indicazioni per la caratterizzazione e la

salvaguardia delle popolazioni naturali di *Salmo trutta* (GANDOLFI *et al.*, 1991, BERNATCHEZ, 2001).

MATERIALI E METODI

Area di studio ed esemplari analizzati

I campionamenti sono stati effettuati nel periodo marzo 2000-ottobre 2003 in stazioni di particolare pregio alieutico o naturalistico delle Provincie di Parma, Piacenza, Genova, La Spezia, Massa Carrara e Lucca. Sono stati altresì analizzati campioni provenienti da bacini naturali della Sardegna tipizzati morfologicamente come fenotipo "macrostigma" (GANDOLFI *et al.*, 1991) e quindi da considerarsi come riferimento per le analisi degli esemplari appenninici autoctoni (Fig. 1). Sono stati analizzati anche alcuni esemplari allevati negli incubatoi di Monchio (Valcedra) e di Corniglio (Valparma) ed altri, selezionati su base morfologica, utilizzati per le spremiture nell'incubatoio di Chiusola (La Spezia). Nella tabella I è riportato il quadro completo dei campionamenti effettuati.

Gli esemplari campionati sono stati in parte sacrificati e conservati -80°C sino al momento dell'analisi, oppure, per siti di particolare pregio, con popolazioni numericamente piuttosto ridotte, è stato effettuato il prelievo non invasivo di un frammento di tessuto (dalla



Fig. 1. Alcuni esemplari di trote mediterranee prelevate nei bacini Enza, Parma e Magra nelle provincie di Parma e di Massa Carrara.

pinna adiposa) con rilascio degli animali negli stessi punti di campionamento. Complessivamente sono state condotte analisi morfologiche e molecolari su oltre 400 esemplari di trote appartenenti al complesso *Salmo trutta* prelevati in gran parte mediante pesca elettrica.

Metodologie genetiche

La caratterizzazione genotipica di singoli esemplari e popolazioni è stata eseguita mediante analisi di proteine (sistemi gene-enzima o iso/allozimi) e DNA mitocondriale (16S rDNA), impiegando per quest'ultimo tecniche basate sull'amplificazione con PCR (reazione di polimerizzazione a catena del DNA) secondo quanto proposto da MULLIS *et al.* (1986). Mentre la ricerca di

varianti isoenzimatiche necessita di campioni di tessuti freschi o conservati a basse temperature (-80°C) e presenta vantaggi per quanto riguarda l'economicità delle tecniche impiegate, le analisi su preparati di DNA possono essere condotte anche su reperti molto piccoli conservati per lungo tempo in alcol etilico a temperatura ambiente.

Le analisi sulla variabilità biochimica hanno riguardato lo studio di 19 sistemi gene-enzima codificati in 33 loci, di cui soltanto due sono risultati polimorfici nei tessuti muscolare ed epatico. I due sistemi variabili della fumarasi (Fum) e della lattico deidrogenasi (Ldh) hanno consentito quindi di differenziare le diverse popolazioni sulla base delle diverse frequenze alleliche (Tab. I). In particolare il sistema della lattico deidrogenasi

Tab. I. Variabilità genetica rilevata mediante marcatori allozimici e RFLP: n = numero esemplari; H = eterozigotà media nella popolazione; P = percentuale di loci polimorfici nella popolazione. È inoltre riportata la percentuale di esemplari mediterranei, identificati con i due marcatori LDH-5 e 16S rDNA.

Area di Campionamento	Bacino	(n)	H %	P %	% Medit. LDH-5	% Medit. RFLP 16S
VERSANTE ADRIATICO						
<i>Lardana (Pc)</i>	Nure	14	0,9	6	22	-
<i>Nure (Pc)</i>	Nure	15	1,1	6	16	-
<i>Lago Moo (Pc)</i>	Nure	15	-	-	0	-
<i>Cedra (Pr)</i>	Enza	23	1,0	6	35	57
<i>Enza (Pr)</i>	Enza	15	-	-	26	43
<i>Incubatoio Monchio (Pr)</i>	Enza	15	1,4	6	30	40
<i>Bratica (Pr)</i>	Parma	21	0,6	6	33	-
<i>Canalaccio (Pr)</i>	Parma	15	1,0	6	25	-
<i>Parma Badignana (Pr)</i>	Parma	14	1,4	6	20	20
<i>Parma di Francia (Pr)</i>	Parma	15	1,0	3	0	29
<i>Lago Santo Parmense (Pr)</i>	Parma	20	0,4	3	0	-
<i>Incubatoio di Corniglio (Pr)</i>	Parma	10	-	-	-	80*
<i>Lecora (Pr)</i>	Taro	9	-	-	-	43
<i>Taro (Pr)</i>	Taro	53	-	-	-	32
<i>Ceno (Pr)</i>	Taro	34	-	-	-	41
<i>Lago degli Abeti (Ge)</i>	Trebbia	11	-	-	0	27
<i>Aveto (Ge)</i>	Trebbia	10	-	-	-	40
VERSANTE TIRRENICO						
<i>Canossilla (Ms)</i>	Magra	8	-	-	50	-
<i>Osca (Ms)</i>	Magra	4	-	-	50	-
<i>Vara (Sp)</i>	Vara	6	-	-	-	100
<i>Crovana (Sp)</i>	Vara	7	-	-	71	86
<i>Usurana (Sp)</i>	Vara	11	-	-	-	73
<i>Durla (Sp)</i>	Vara	11	-	-	-	82
<i>Riproduttori Inc. Chiusola (Sp)</i>	Vara	10	-	-	-	100*
<i>Progenie Inc. Chiusola (Sp)</i>	Vara	30	-	-	100	100*
<i>Corsonna (Lu)</i>	Serchio	9	-	-	-	100
<i>Fegana (Lu)</i>	Serchio	10	-	-	-	90
<i>Lima (Lu)</i>	Serchio	5	-	-	-	100

* Animali selezionati morfologicamente

nasi (locus nucleare LDH-5) consente la diagnosi certa di appartenenza al ceppo Mediterraneo (Fig. 2) sulla base di quanto descritto da Guyomard in precedenti lavori (GUYOMARD, 1989; GIUFFRÀ *et al.*, 1994).

Oltre ai sistemi gene-enzima, esistono altri marcatori molecolari che consentono l'identificazione tassonomica dei diversi esemplari. Per quanto riguarda *S. trutta*, sono stati osservati polimorfismi mitocondriali che consentono di discriminare ceppi d'origine mediterranea di morfotipo *macrostigma* da *S. trutta trutta* di ceppo atlantico. Fra questi il polimorfismo di restrizione (RFLP) *RsaI* (NONNIS MARZANO *et al.*, 2003), rilevato in una sequenza amplificabile mediante PCR del gene 16S rDNA, consente una economica e sicura tipizzazione mitocondriale operando su campioni animali anche piuttosto degradati. La semplice verifica su gel di agarosio del prodotto PCR-RFLP consente la caratterizzazione dei singoli esemplari: doppia banda nel ceppo atlantico, singola banda nel ceppo mediterraneo (Fig. 3).

La tipizzazione mitocondriale tuttavia, pur essendo tecnica pregevole per la velocità d'esecuzione e l'economicità, è informativa solamente per quanto riguarda

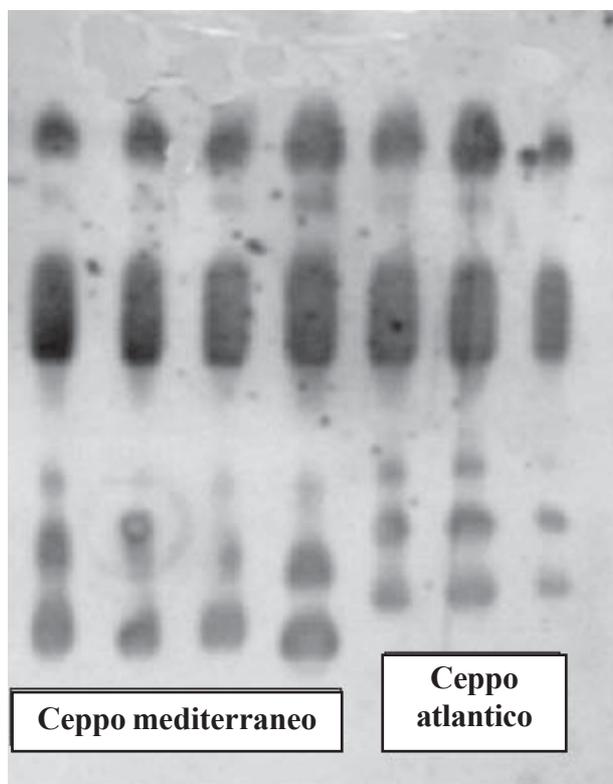


Fig. 2. Analisi elettroforetica del sistema della lattico deidrogenasi. Identificazione di esemplari mediterranei e atlantici in base alla diversa migrazione allelica nel locus LDH-5 dell'occhio.

l'origine materna dei soggetti analizzati. La trasmissione matrilineare del genoma mitocondriale, infatti, non consente di identificare con certezza il ceppo di appartenenza. In altre parole, una trota con genoma mitocondriale di tipo mediterraneo potrebbe essere una forma "mediterranea pura" oppure derivare da un ceppo generato da una linea femminile mediterranea e da maschi atlantici. Quest'ultimo aspetto è decisamente comune nelle tipologie ambientali oggetto di questo studio e da esso deriva l'ampia variabilità fenotipica della trota appenninica, indicativa di frequenti fenomeni di ibridazione.

RISULTATI E DISCUSSIONE

L'analisi di 19 sistemi gene-enzima codificati in 33 loci ha permesso di identificare polimorfismi allelici in grado di differenziare le diverse popolazioni. I livelli di variabilità genetica determinati sono risultati estremamente bassi: la percentuale di loci allozimici polimorfici (P) è stata del 3-6%, mentre l'eterozigosità media (H) è risultata nell'intervallo 0,38-1,42%. Tali risultati si discostano notevolmente dai valori descritti per altre popolazioni europee di *Salmo trutta trutta* (P=18-25% e H=5-9%; SKAALA, 1992; GARCIA MARIN *et al.*, 1999) e in generale per i teleostei (P=20% e H=5%), configurando un quadro preoccupante, dal punto di vista conservazionistico, di bassa biodiversità intrapopolazione. Tale aspetto è certamente di rilievo in considerazione del fatto che altri autori hanno descritto la trota fario come uno dei taxa a più alta variabilità genetica nell'ambito dei vertebrati (FERGUSON e TAGGART, 1991).

Nel versante appenninico padano le frequenze alleliche dei due loci polimorfici (FUM e LDH-5) rispecchiano con estrema fedeltà i valori rilevati negli esemplari degli incubatoi preposti ai ripopolamenti. È quindi possibile affermare che le pratiche di riproduzione artificiale ed i ripopolamenti con materiale prodotto in incubatoio da riproduttori locali, se da un lato garantiscono il mantenimento delle caratteristiche locali della popolazione, da un altro creano situazioni di deriva genetica, configurabili essenzialmente nel cosiddetto "effetto del fondatore", cioè nella perdita di variabilità genetica conseguente all'immissione di esemplari geneticamente molto simili, in quanto ottenuti da un esiguo numero di riproduttori. Gli alti livelli di consanguineità possono quindi condurre la popolazione verso fenomeni di "depressione da inincrocio" che si manifestano con scarso accrescimento degli individui, taglie ridotte al raggiungimento della maturità sessuale, scarso potenziale riproduttivo, nonché maggiore predisposizione a patologie.

Relativamente all'inquadramento tassonomico dei diversi esemplari, interessante è stata la conferma di quanto già evidenziato da GUYOMARD (1989), in una

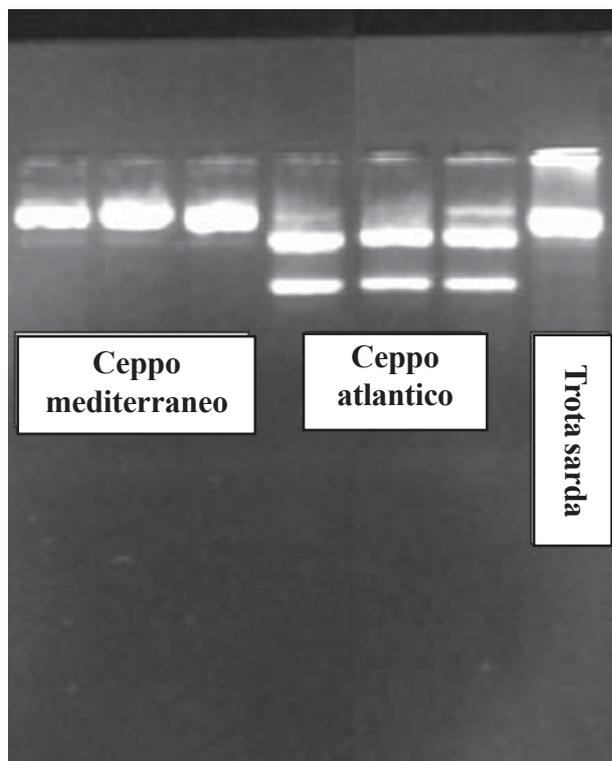


Fig. 3. Aplotipi mediterraneo (1 banda) ed atlantico (2 bande) evidenziati mediante restrizione del gene mitocondriale 16S rDNA.

ricerca condotta su alcuni ceppi di *Salmo trutta* di bacini mediterranei, circa il diverso comportamento elettroforetico di due alleli della lattico deidrogenasi espressi nel tessuto dell'occhio. I due alleli, uno a minor velocità di migrazione (LDH-5* 100: ceppo atlantico) e l'altro a maggior velocità (LDH-5* 105: ceppo mediterraneo) sono stati entrambi identificati nei campioni da noi studiati (Fig. 2). Utilizzando questo marcatore è stata quindi determinata la frequenza di genotipi mediterranei (Tab. I) in quei torrenti nei quali i campionamenti avevano consentito il sacrificio degli animali (l'analisi è purtroppo letale e per tale motivo non è stata eseguita su tutti gli esemplari campionati). La validità di questo approccio è confermata dalla totale assenza di genotipi mediterranei nel Lago Santo Parmense, nel tratto di Parma di Francia localizzato all'interno della riserva delle Guadine Pradaccio, nel Lago Moo (PC) e nella Riserva Orientata delle Agoraie (Lago degli Abeti, GE). In questi ambienti, infatti, le trote, immesse in tempi più o meno recenti, sono di grosse dimensioni e di fenotipo caratteristicamente Atlantico.

Sempre a livello di indagine tassonomica, l'analisi di restrizione (RFLP) di una regione del gene ribosomiale mitocondriale 16S, suggerita da alcuni autori (PATAR-

NELLO *et al.*, 1994) come diagnostica per quanto riguarda l'origine atlantica o mediterranea dei campioni, consente di ottenere notizie sulla storia mitocondriale di un soggetto in modo abbastanza rapido ed economico. La figura 3 illustra il polimorfismo caratteristico osservabile con digestione della regione del gene con l'enzima *RsaI*.

La tipizzazione mitocondriale è risultata spesso discordante rispetto alla caratterizzazione ottenuta con il marcatore biochimico descritto in precedenza. Un certo numero di esemplari caratterizzati come atlantici dall'analisi del gene LDH-5 sono invece risultati mediterranei dopo restrizione del genoma mitocondriale. Ciò è riferibile essenzialmente al problema della trasmissione matrilineare del genoma mitocondriale, indipendente dalla trasmissione dei geni nucleari. Un evento di ibridazione occasionale fra i due diversi tipi all'interno di una popolazione può dar luogo a discendenze mitocondriali che si mantengono anche dopo molte generazioni (introgressione). Per questa ragione, l'analisi mitocondriale identifica spesso circa un 10-30% di aplotipi (genotipi mitocondriali) per i quali il risultato non concorda con quello isoenzimatico (nucleare). Per esempio, se si considera il risultato del torrente Crovana (La Spezia), la percentuale di forme mediterranee determinata con il mtDNA è risultata dell'86% mentre l'LDH ne identifica una quota inferiore; l'esecuzione parallela dei due marcatori ha consentito di affermare che solo il 75% degli esemplari era ascrivibile al ceppo autoctono mentre un 11% era rappresentato da ibridi.

L'analisi dei risultati in chiave zoogeografica ha evidenziato frequenze del genotipo e dell'aplotipo mediterranei decisamente superiori nei bacini tirrenici (Ldh-5: 50-100%; 16S mtDNA: 73-100%) rispetto a quelle del versante appenninico padano (Ldh-5: 0-35%; RFLP 16S: 20-57%). In particolare, le popolazioni appenniniche del versante padano si presentano come gruppi misti di trote appartenenti ad entrambi i ceppi con notevole preponderanza di genotipi atlantici, ibridi e presenza per lo più sporadica di forme mediterranee strettamente dipendenti dalla selezione eseguita in incubatoio. Differente appare la situazione nei bacini tirrenici, dove alcune popolazioni risultano ancora ben conservate e meritevoli di attenzione e tutela, quali quelle dei bacini del Vara (La Spezia) e del Serchio (Lucca).

CONCLUSIONI

Dal punto di vista gestionale il mtDNA si presta come utile strumento per la rapida e non letale identificazione di trote da avviare alla fase di spremitura, trote che possono essere preventivamente selezionate sulla base di alcuni caratteri morfologici classici. Un recente

esperimento condotto nell'incubatoio di Chiusola (SP) utilizzando questo marcatore ha consentito l'identificazione pre-spremitura e la selezione dei soli esemplari con aplotipo mediterraneo. Per superare il problema della trasmissione matrilineare del marcatore, nella primavera successiva è stato analizzato un congruo numero di avannotti della progenie. Tutti gli avannotti sono risultati appartenere al ceppo mediterraneo, confermando la buona selezione eseguita nell'inverno precedente dei riproduttori recuperati in ambiente natura-

le. Quest'approccio è sicuramente meritevole di attenzione in futuri piani gestionali basati sulla semina di materiale autoctono preventivamente selezionato.

RINGRAZIAMENTI

La ricerca è stata possibile grazie a finanziamenti erogati dall'Amministrazione Provinciale di Parma, Servizio "Risorse Naturali, Fauna Selvatica ed Ittica"; dalla Comunità Montana delle Valli del Taro e del Ceno, Assessorato Agricoltura; dall'Amministrazione Provinciale della Spezia, Sezione "Faunistica".

BIBLIOGRAFIA

- BERNATCHEZ L., 2001. The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution* **55**: 351-379.
- FERGUSON A., TAGGART J.B., 1991. Genetic differentiation among sympatric brown trout (*Salmo trutta*) populations of Lough Melvin, Ireland. *Biol. J. Linn. Soc.* **43**: 221-237.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. Salmonidi. In: *I pesci delle acque interne italiane*. Unione Zoologica Italiana. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma: 280-292.
- GARCIA-MARIN J.L., UTTER F.M., PLA C., 1999. Postglacial colonization of brown trout in Europe based on distribution of allozyme variants. *Heredity* **82**: 46-56.
- GIUFFRÌA E., BERNATCHEZ L., GUYOMARD R., 1994. Mitochondrial control region and protein coding genes sequence variation among phenotypic forms of brown trout *Salmo trutta* from northern Italy. *Mol. Ecol.* **3**: 161-171.
- GUYOMARD R., 1989. Diversité génétique de la truite commune. *Bull. Fr. Peche Piscic.* **314**: 118-135.
- LARGIADÈR C.R., SCHOLL A., 1996. Genetic introgression between native and introduced brown trout *Salmo trutta* L. populations in the Rhone river basin. *Mol. Ecol.* **5**: 417-426.
- MULLIS K., FALOONA F., SCHARF S., SAIKI R., HORN G., ERLICH H., 1986. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* **51**: 263-273.
- NONNIS MARZANO F., CORRADI N., PAPA R., TAGLIAVINI J., GANDOLFI G., 2003. Molecular evidence for introgression and loss of genetic variability in *Salmo (trutta) macrostigma* as a result of massive restocking of Apennine populations (Northern and Central Italy). *Environmental Biology of Fishes* **68**: 349-356.
- PATARNELLO T., BARGELLONI L., CALDARA F., COLOMBO L., 1994. Cyt b and 16S rDNA sequence variation in the *Salmo trutta* species complex. *Mol. Phylogenet. Evol.* **3**: 69-74.
- SKAALA O., 1992. Genetic population structure of Norwegian brown trout. *J. Fish Biol.* **41**: 631-646.

Previsione della composizione della fauna ittica mediante reti neurali artificiali

Michele Scardi^{1*}, Stefano Cataudella¹, Eleonora Ciccotti¹, Paola Di Dato¹, Giuseppe Maio², Enrico Marconato², Stefano Salviati², Lorenzo Tancioni¹, Paolo Turin³, Marco Zanetti³

1 Dipartimento di Biologia, Università di Roma "Tor Vergata", Via della Ricerca Scientifica - 00133 Roma

2 Aquaprogram s.r.l., Via Borella 53 - 36100 Vicenza

3 Bioprogramm s.c.r.l., Via Tre Garofani 36 - 35124 Padova

** Referente per la corrispondenza: fax 06 2026189; mscardi@mclink.it*

Riassunto

La previsione della struttura delle comunità ittiche dei fiumi è un obiettivo di sicuro interesse per la ricerca ecologica, sia da un punto di vista prettamente teorico, sia da un punto di vista applicato, ad esempio se è necessario definire strategie di gestione di un bacino fluviale o se si prende in considerazione l'attuazione della Direttiva 2000/60/CE. Modelli per la stima dell'abbondanza o della probabilità di presenza di specie ittiche sono stati sviluppati utilizzando diversi approcci. Pur avendo fornito risultati talvolta interessanti, i modelli basati su metodi statistici convenzionali sono stati ampiamente superati, in termini di accuratezza e di semplicità di sviluppo, dall'applicazione di reti neurali artificiali. Queste ultime sono particolarmente efficaci nel riprodurre le complesse relazioni non-lineari che legano le specie ittiche alle variabili ambientali. Alcuni recenti sviluppi delle applicazioni di reti neurali artificiali, mirati specificamente alla risoluzione di problemi ecologici, hanno consentito di ottimizzare la previsione della struttura delle comunità ittiche. Il miglioramento delle capacità previsionali non riguarda solo l'accuratezza dei modelli, ma anche la loro coerenza ecologica. In questo lavoro vengono presentati alcuni risultati relativi a modelli per la previsione della struttura della comunità ittica dei fiumi del Veneto (Italia Settentrionale) e ne vengono discusse le potenziali applicazioni.

PAROLE CHIAVE: comunità ittiche / reti neurali artificiali / modelli matematici / struttura di comunità / MED. Italy Veneto

Predicting fish assemblage composition by means of artificial neural networks

Predicting the structure of fish assemblages in rivers is a very interesting goal in ecological research, both from a purely theoretical point of view and from an applied one, for instance when river management strategies are to be defined or when the implementation of the Directive 2000/60/EC is taken into account. Models for estimating the abundance or the probability of presence of fish species have been developed using different approaches. Although some conventional statistical tools provided interesting results, the application of artificial neural networks has recently outperformed those techniques in terms of accuracy and ease of development. Artificial neural networks are especially effective in reproducing the complex, non-linear relationships that link fish species to environmental variables. Recent developments of the artificial neural network training procedures, specifically aimed at solving ecological problems, allowed to optimize the prediction of species assemblages. The improvement in prediction involves not only the accuracy of the models, but also their ecological consistency. Some results about models for fish assemblages in the rivers of the Veneto region (Northern Italy) are presented and their potential applications are discussed.

KEY WORDS: fish assemblages / artificial neural networks / mathematical models / community structure / MED. Italy Veneto

INTRODUZIONE

La previsione della struttura delle comunità in funzione delle caratteristiche ambientali rappresenta un obiettivo di grande interesse ecologico, sia in termini teorici, sia in termini applicativi. Per ciò che riguarda gli ecosistemi acquatici, questo obiettivo assume una rilevanza ancora maggiore alla luce della Direttiva 2000/

60/CE che ha istituito un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque.

Lo sviluppo di modelli per la stima dell'abbondanza o della probabilità di presenza o di assenza di una o più specie non costituisce in assoluto una novità, essendo stato già affrontato nel recente passato, soprattutto

facendo ricorso a strumenti statistici di tipo convenzionale (es. OBERDORFF *et al.*, 2001). Nel corso degli ultimi anni, tuttavia, risultati di grande interesse sono stati ottenuti grazie all'impiego di metodi mutuati dal campo dell'Intelligenza Artificiale e, in particolare, grazie all'uso delle reti neurali artificiali (es. LEK e GUÉGAN, 2000; PUDMENZKY *et al.*, 1998; RECKNAGEL, 1997; SCARDI, 1996; SCHLEITER *et al.*, 1999).

Queste ultime sono particolarmente efficaci nel riprodurre le complesse relazioni, prevalentemente non-lineari, che legano le variabili ambientali alla presenza o all'abbondanza delle specie (LEK *et al.*, 1996). Anche se la procedura di sviluppo può essere poco familiare per molti ricercatori, essa non presenta particolari difficoltà e non richiede che siano rispettate condizioni particolari, come invece avviene nel caso dei modelli basati su metodi statistici. Inoltre, le reti neurali artificiali consentono di effettuare con successo anche analisi di sensibilità che permettono di comprendere il ruolo relativo delle diverse grandezze ritenute predittive nel determinare la presenza o l'abbondanza delle specie considerate. Pur essendo state sviluppate prevalentemente in altri settori applicativi, le reti neurali

artificiali possono essere adattate con successo alle particolarità delle applicazioni ecologiche. Infatti, alcuni recenti sviluppi hanno permesso di modificare gli algoritmi di calibrazione (in gergo, di *addestramento*) delle reti neurali artificiali in funzione delle specifiche problematiche legate alla previsione di liste di specie, ottenendo non soltanto modelli più efficaci, ma anche risultati ecologicamente più coerenti (SCARDI *et al.*, in stampa).

Al fine di dimostrare le metodiche proposte e le loro potenzialità, in questo lavoro viene presentata un'applicazione ad un insieme di dati relativi ad alcuni bacini della Regione Veneto. Maggiori dettagli su questo caso di studio sono riportati in SCARDI *et al.* (in stampa).

MATERIALI E METODI

Per lo sviluppo dei modelli è stato utilizzato un insieme di dati relativi ai fiumi delle province di Vicenza e Belluno (Veneto, Italia), che include 264 osservazioni effettuate sia per un insieme di 20 variabili ambientali (Tab. I), sia per la fauna ittica, composta da 34 taxa. Tuttavia, due dei taxa presenti nell'area, ovvero *Salmo (trutta) hybr. trutta/marmorata*

Tab. I. Variabili ambientali utilizzate dal modello per la previsione della composizione della fauna ittica del Veneto e relative unità di misura. Nei casi in cui quest'ultima è rappresentata da un intervallo numerico, la variabile è stata codificata utilizzando un punteggio semiquantitativo.

altitudine (m)	sassi e ciottoli (%)	disturbo antropico (0-4)
profondità media (m)	ghiaia (%)	pH
correnti (%)	sabbia (%)	conducibilità ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
pozze (%)	peliti (%)	gradiente (%)
raschi (%)	velocità del flusso (0-5)	superficie bacino versante (km^2)
larghezza media (m)	copertura vegetazionale (%)	distanza dalla sorgente (km)
massi (%)	ombreggiatura (%)	

Tab. II. Percentuale di casi di presenza o assenza di specie correttamente predetti dal modello. I valori riportati sono riferiti ad un insieme di dati ($n=67$) indipendente da quello utilizzato per lo sviluppo del modello ($n=197$). La percentuale media di casi correttamente predetti calcolata su tutte le specie è pari al 91,6%.

<i>Abramis brama</i>	98,5%	<i>Lepomis gibbosus</i>	91,0%
<i>Alburnus alburnus alborella</i>	91,0%	<i>Leuciscus cephalus</i>	88,1%
<i>Anguilla anguilla</i>	89,6%	<i>Leuciscus souffia</i>	92,5%
<i>Barbus meridionalis</i>	97,0%	<i>Micropterus salmoides</i>	95,5%
<i>Barbus plebejus</i>	91,0%	<i>Knipowitschia punctatissima</i>	85,1%
<i>Carassius auratus</i>	94,0%	<i>Padogobius martensii</i>	85,1%
<i>Chondrostoma genei</i>	94,0%	<i>Perca fluviatilis</i>	98,5%
<i>Cobitis taenia</i>	85,1%	<i>Phoxinus phoxinus</i>	82,1%
<i>Cottus gobio</i>	79,1%	<i>Rutilus erythrophthalmus</i>	89,6%
<i>Cyprinus carpio</i>	98,5%	<i>Sabanejewia larvata</i>	92,5%
<i>Esox lucius</i>	86,6%	<i>Salmo (trutta) marmoratus</i>	92,5%
<i>Gambusia holbrooki</i>	95,5%	<i>Salmo (trutta) trutta</i>	86,6%
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	88,1%	<i>Salvelinus fontinalis</i>	98,5%
<i>Gobio gobio</i>	97,0%	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	91,0%
<i>Ictalurus melas</i>	98,5%	<i>Thymallus thymallus</i>	92,5%
<i>Lampetra zanandreae</i>	94,0%	<i>Tinca tinca</i>	92,5%

tus ed *Oncorhynchus mykiss*, non sono stati presi in considerazione ai fini dello sviluppo del modello, poiché la loro distribuzione non è verosimilmente legata ai soli fattori ambientali. I rimanenti 32 taxa sono quelli riportati nella tabella II.

Per quanto riguarda gli aspetti teorici riguardanti le reti neurali artificiali, non vengono forniti dettagli in questo contesto, ma si rimanda il lettore interessato ad altre fonti bibliografiche (es. LEK e GUÉGAN, 1999) o disponibili su Internet (es. <http://www.mare-net.com/mcardi/work/nn/nn.htm>).

Il tipo di rete neurale artificiale utilizzato in questo studio è quello più ampiamente utilizzato per applicazioni di vario genere. Si tratta, infatti, di un *perceptron* con un singolo strato nascosto, addestrato mediante l'algoritmo di *error back-propagation*. La sua struttura consiste di 20 nodi nello strato di input (a cui vengono passati i valori relativi alle variabili ambientali) e 32 nodi nello strato di output (che esprimono la probabilità di presenza di ciascun taxon). Questi due strati sono connessi fra loro dai 17 nodi dello strato nascosto, che svolgono una funzione essenziale nel governare la complessità delle risposte fornite dal modello. Sia nello strato di input che in quello nascosto è presente un nodo di *bias*, che svolge una funzione analoga a quella del termine costante in un modello regressivo.

Ai fini dello sviluppo del modello, che utilizza una funzione di attivazione sigmoide del tipo

$$f(a) = 1 / (1 + e^{-a})$$

tutte le variabili sono state normalizzate in modo da ricadere nell'intervallo [0,1]. Inoltre, l'insieme dei dati è stato suddiviso in tre sottoinsiemi. I primi due, utilizzati rispettivamente per l'addestramento e per la validazione della rete neurale artificiale, comprendevano rispettivamente 131 e 66 osservazioni, mentre un terzo insieme, con 67 osservazioni, è stato utilizzato esclusivamente per saggiare il modello al termine del suo sviluppo e per effettuare *a posteriori* tutte le valutazioni sul suo funzionamento riportate in questo lavoro.

Al fine di ottimizzare la capacità di generalizzazione del modello sono state adottate simultaneamente due diverse strategie, note come *early stopping* e *jittering*. La prima consiste nell'interrompere la fase di addestramento non appena l'errore riferito al sottoinsieme di dati di validazione smette di decrescere ed inizia ad aumentare, mentre la seconda è basata sull'aggiunta di una piccola quantità di rumore (di tipo gaussiano nel caso di questa applicazione) ai dati di input. Quest'ultima strategia consente di generare un numero infinito di variazioni marginali intorno alle combinazioni di valori delle variabili ambientali effettivamente osservate, assumendo che ad esse sia sempre associata la medesi-

ma risposta biotica.

Una procedura di addestramento alternativa a quella convenzionale è stata basata sull'uso dell'indice di dissimilarità di ROGERS e TANIMOTO (1960):

$$D = 1 - \frac{a + d}{a + 2b + 2c + d}$$

dove *a* e *d* rappresentano rispettivamente il numero di taxa simultaneamente presenti ed assenti in due osservazioni, mentre *b* e *c* rappresentano il numero dei taxa presenti esclusivamente in ciascuna delle due osservazioni. Il doppio peso assegnato a questi ultimi valori enfatizza la frazione di dissimilarità determinata dalle differenze nella composizione della comunità nelle due osservazioni. Ai fini della procedura di addestramento alternativa, la somma dei valori di dissimilarità di Rogers e Tanimoto per le osservazioni incluse nel sottoinsieme di validazione del modello è stata usata come criterio di stima dell'errore invece del consueto errore quadratico medio.

Per il confronto fra la struttura della comunità osservata e quella prevista dai modelli sono stati utilizzati, fra l'altro, il Multidimensional Scaling Non-Metrico (NMDS, KRUSKAL, 1964) ed il test di MANTEL (1967).

RISULTATI

L'accuratezza della ricostruzione della struttura della comunità ittica fornita dal modello è molto elevata ed ha consentito di prevedere correttamente oltre il 90% dei dati di presenza o assenza. Nella tabella II sono indicate le percentuali di casi correttamente predetti per ciascuno dei 32 taxa considerati. Come si può notare, soltanto in un caso (*Cottus gobio*) tale percentuale è scesa sia pure di poco al di sotto dell'80%, mentre nella maggior parte dei casi (21 su 32) è stata osservata una percentuale di previsioni corrette superiore al 90%. Il valore medio, sempre riferito al solo sottoinsieme di osservazioni usato per saggiare il modello, è pari al 91,6%.

La coerenza delle previsioni fornite dal modello con la reale composizione della comunità ittica si può desumere nel suo complesso e con maggiore efficacia dal confronto fra le matrici di dissimilarità di Rogers e Tanimoto calcolate per il sottoinsieme di 67 osservazioni usato per saggiare il modello e per le corrispondenti previsioni fornite dallo stesso. Il test di Mantel ha permesso di rigettare l'ipotesi nulla di indipendenza fra tali matrici ed il relativo livello di probabilità è risultato addirittura pari all'unità se calcolato su 10000 permutazioni. Ciò implica una forte somiglianza nella struttura delle due matrici. Una visualizzazione efficace di questa stessa caratteristica è fornita nella figura 1, dove è mostrata la relazione fra le coordinate delle

single osservazioni ottenute sulla base di un NMDS monodimensionale effettuato sulla matrice relativa ai dati osservati (in ascissa) e su quella relativa ai dati predetti (in ordinata). I due insiemi di coordinate esprimono le caratteristiche delle singole osservazioni sotto l'ipotesi (semplificata) dell'esistenza di un unico cenocline. La correlazione di rango di Spearman fra tali insiemi è altamente significativa e pari a 0,717, a testimonianza dell'ottimo accordo fra il modello e la realtà.

Anche se la percentuale di casi correttamente predetti è la misura più intuitiva dell'accuratezza di un modello per la previsione della struttura della comunità, essa non esprime compiutamente le reali proprietà del modello stesso. Infatti, se si esamina la relazione fra la percentuale di casi correttamente predetti e la frequenza delle diverse specie, si può notare come le più alte percentuali di casi correttamente predetti si osservino per i taxa più rari. Questa caratteristica non dipende dal particolare tipo di modello, né dalla strategia utilizzata per il suo addestramento, ma piuttosto dalle limitazioni intrinseche di qualsiasi tipo di approccio modellistico basato su informazioni insufficienti.

Infatti, è evidente che le specie molto rare, così come quelle praticamente ubiquitarie, hanno una distribuzione che non risponde ai gradienti delle variabili ambientali e quindi risultano difficilmente prevedibili in base ai valori di queste ultime. Più precisamente, queste specie non rispondono alle variabili ambientali alla scala spazio-temporale delle osservazioni disponibili, poiché è evidente che questa affermazione non può essere vera in assoluto. Da un punto di vista pratico, comunque, i modelli tendono ad assumere come costante la condizione più frequente fra presenza e assenza, raggiungendo, nonostante ciò, livelli di errore molto bassi. In altre parole, il modello fornirà sempre o quasi sempre una previsione di assenza per una specie rara, indipendentemente dai valori delle variabili ambientali.

Questa situazione può essere osservata facilmente nella figura 2, dove si nota come la percentuale di casi correttamente predetti decresce all'aumentare della frequenza delle specie. Da un punto di vista pratico, nessuna soluzione computazionale può ricostruire l'informazione non disponibile e risolvere questo problema, ma è possibile adottare soluzioni che migliorano la risposta in quei casi in cui l'informazione, pur essendo scarsa, non è del tutto insufficiente.

Nel caso del modello appena presentato la soluzione adottata è stata quella di sostituire il calcolo dell'errore quadratico medio, comunemente utilizzato per guidare l'addestramento di una rete neurale artificiale, con una misura di dissimilarità totale fra il sottoinsieme delle osservazioni di validazione e le relative previsioni fornite

dal modello. In particolare, è stato utilizzato anche in questo caso l'indice di Rogers e Tanimoto.

Questa soluzione è più conforme al significato dei dati in un'applicazione ecologica ed assegna un peso diverso alla presenza o all'assenza di una specie in

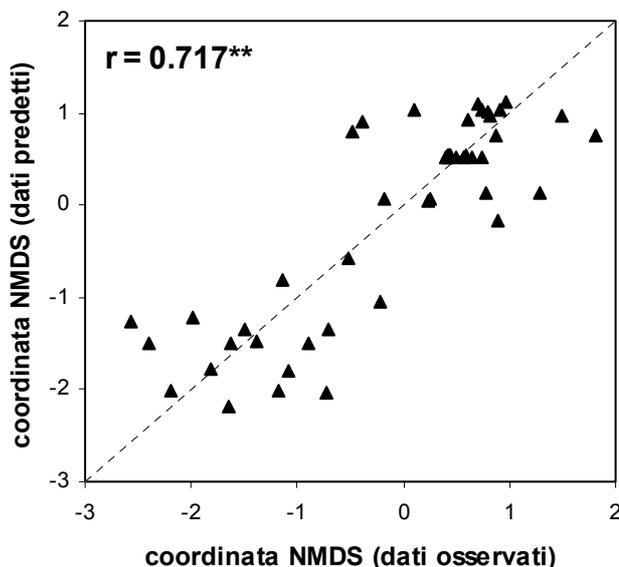


Fig. 1. Relazione fra le coordinate ottenute mediante NMDS monodimensionale su matrici di dissimilarità di Rogers e Tanimoto calcolate sui dati osservati (in ascissa) e su quelli predetti dal modello. La correlazione di rango di Spearman fra i due insiemi di coordinate ($r = 0,717$) è altamente significativa.

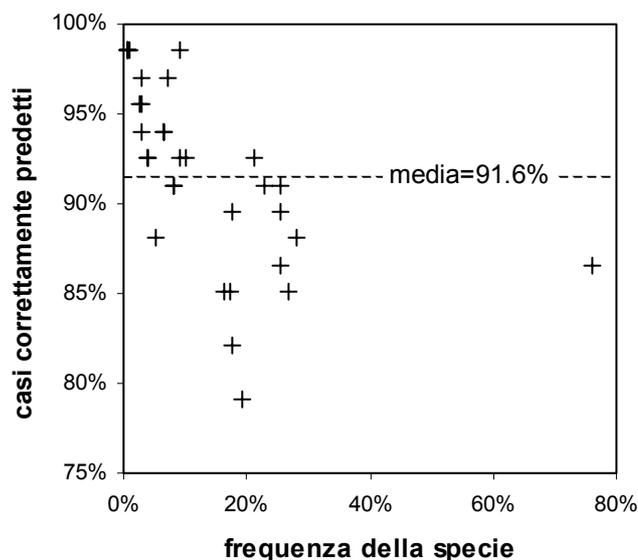


Fig. 2. La percentuale di casi correttamente predetti per ciascuna specie (in ordinata) tende a diminuire con la frequenza delle specie stesse (in ascissa). Il punto isolato all'estrema destra è quello relativo a *Salmo (trutta) trutta*, specie quasi ubiquitaria nell'area studiata.

funzione del contesto cenotico. In sintesi, un errore di stima per una data specie ha un peso maggiore se riguarda un sito in cui la ricchezza specifica è bassa. Questo approccio, che implica una modifica dell'algoritmo di addestramento della rete neurale artificiale, ha consentito di migliorare la risposta del modello in termini generali, ma soprattutto ha migliorato il modo in cui vengono trattate le specie più rare.

La relazione fra frequenze osservate e frequenze predette delle specie presenti in meno del 20% delle

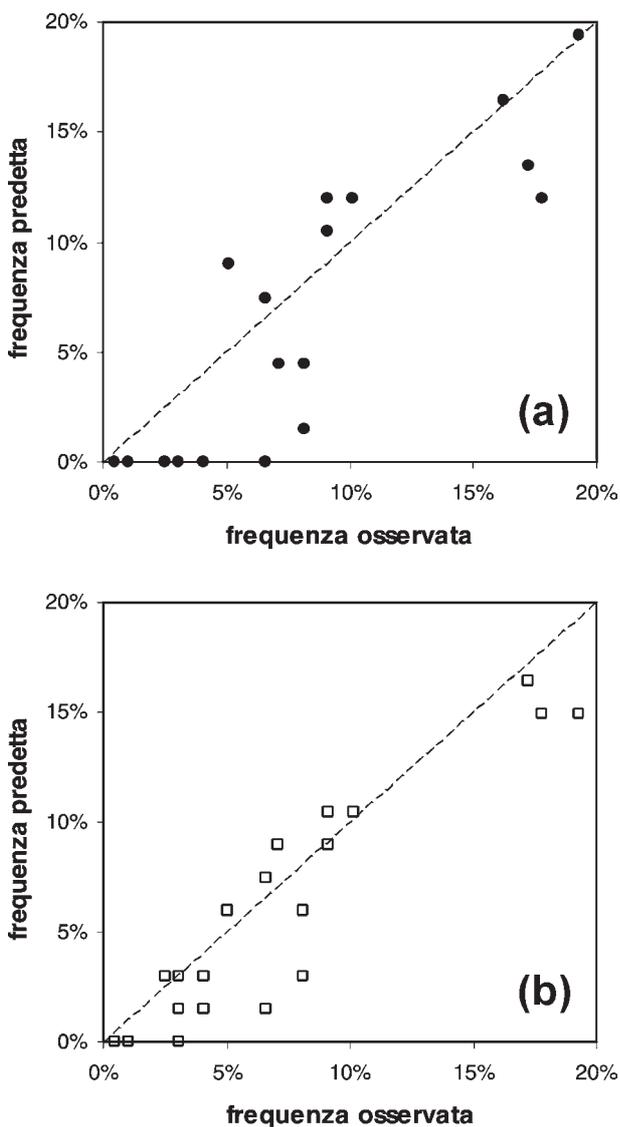


Fig. 3. Frequenze predette contro frequenze osservate per le specie presenti in meno del 20% delle osservazioni: (a) per il modello addestrato utilizzando l'errore quadratico medio e (b) per quello basato sulla dissimilarità totale di Rogers e Tanimoto. Nel secondo caso si nota un miglioramento nella capacità previsionali, soprattutto per ciò che riguarda le specie più rare.

osservazioni è visualizzata nelle figure 3a e 3b, rispettivamente per un modello basato su una rete neurale artificiale addestrata in maniera convenzionale e per uno a cui è stata applicata la procedura appena descritta. Si può notare come quest'ultima abbia consentito di migliorare considerevolmente l'accordo fra il modello e la realtà, evitando una previsione costante di assenza per molte delle specie più rare. Anche in termini generali l'accuratezza del modello è leggermente migliorata, come testimonia l'aumento della correlazione di rango ($r = 0,738$) fra le coordinate delle osservazioni ottenute mediante NMDS monodimensionali effettuati sulle matrici di dissimilarità di Rogers e Tanimoto per i dati osservati e predetti.

Un modello basato su una rete neurale artificiale, pur essendo espressione di un approccio assolutamente euristico, può consentire di analizzare il peso relativo delle diverse variabili ambientali. Se si assume che un modello correttamente sviluppato riproduca con un buon grado di accuratezza la realtà, ciò consente di formulare utili inferenze circa il ruolo che tali variabili giocano nel determinare la struttura delle comunità reali. In particolare, queste inferenze possono essere derivate da un'analisi di sensibilità della rete neurale artificiale.

In questo contesto è stata utilizzata, a puro a titolo di esempio, una versione semplificata dell'approccio proposto per l'analisi di sensibilità di reti neurali artificiali da SCARDI e HARDING (1999) ed il risultato ottenuto per un livello di perturbazione fisso dei valori di input pari al 50% del loro intervallo di variazione è mostrato nella figura 4. Le diverse variabili ambientali sono riportate in ordine decrescente di importanza e si determina quest'ultima in base alla variazione percentuale dell'errore (che in questo caso è basato sulla dissimilarità totale di Rogers e Tanimoto utilizzata per la procedura di addestramento modificata). Si può notare come la variabile ambientale alle cui variazioni il modello è più sensibile sia l'ombreggiatura, seguita dalla larghezza media e dalla distanza dalla sorgente, mentre sembrano giocare un ruolo minore la frazione di superficie a correnti, pozze e raschi e la percentuale di copertura vegetazionale. Tuttavia, è utile precisare ancora una volta che questo risultato costituisce un esempio molto semplificato, che non rende conto della complessità delle risposte del modello, ma fornisce solo un saggio estremamente sintetico delle potenzialità di questo tipo di analisi.

DISCUSSIONE

I risultati ottenuti nella modellizzazione della composizione della fauna ittica del Veneto, solo parzialmente riportati in questo lavoro, hanno mostrato come le reti neurali artificiali possano consentire di sviluppare solu-

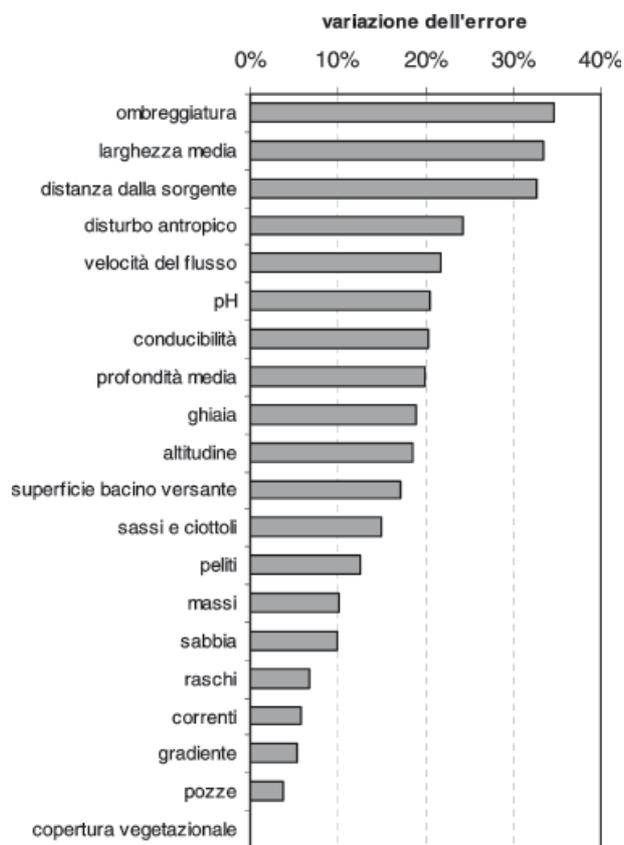


Fig. 4. Analisi di sensibilità del modello finale. Le barre rappresentano la variazione nell'errore, che in questo caso è rappresentato dalla dissimilarità totale di Rogers e Tanimoto fra dati osservati e dati predetti, in seguito ad una perturbazione dei valori osservati per ciascuna variabile pari a $\pm 50\%$ dell'intervallo di variazione. Il livello di influenza delle variabili nel determinare la risposta del modello è proporzionale alla lunghezza delle barre.

zioni accurate e flessibili, difficilmente ottenibili mediante un approccio convenzionale. Modelli analoghi a quello descritto avranno un ruolo di rilievo nella ricerca ecologica dei prossimi anni, come testimonia il crescente numero di applicazioni riportate in letteratura.

In particolare, essi saranno fondamentali per determinare l'assetto atteso delle comunità nelle situazioni in cui non è disponibile nessun sito realmente imperturbato da utilizzare come riferimento. Una condizione di questo genere, ad esempio, è tipica di gran parte del corso dei fiumi dell'Italia Settentrionale, in cui le perturbazioni antropiche ed il riassetto morfodinamico hanno effetti diffusi su tutto il territorio. Il confronto fra la comunità osservata e quella attesa su base modellistica può dunque costituire il punto di partenza per una valutazione di qualità ambientale che, ovviamente, deve essere supportata dalla scelta di una metrica opportuna e coerente con le finalità della valutazione

stessa.

Una possibilità di grande interesse è rappresentata anche dall'uso dei modelli come strumenti di simulazione di scenari di gestione ambientale, soprattutto laddove sia possibile utilizzare non soltanto dati di presenza o assenza di specie, ma informazioni quantitative o addirittura dati sulla struttura delle popolazioni. Infatti, è possibile ottenere dai modelli una previsione della struttura attesa della comunità, ed eventualmente delle popolazioni, in qualsiasi scenario ipotetico (ad esempio, in seguito ad un intervento di riqualificazione ambientale che comporti un riassetto degli argini).

L'uso di reti neurali artificiali consente anche di generare modelli di consenso, ovvero *metamodelli* (SCARDI, 2001). In particolare, ciò si può realizzare laddove siano disponibili non soltanto dati di campo, ma anche informazioni fornite da esperti o modelli matematici o concettuali preesistenti. Analogamente, in siti per i quali non sono disponibili dati di campo può essere nota la composizione della fauna ittica sulla base delle segnalazioni dei pescatori professionali e sportivi. Tutte queste fonti di informazione possono essere simultaneamente utilizzate per sviluppare un metamodello che integri le capacità previsionali supportate da ciascuna di esse. Le reti neurali artificiali, grazie alla loro flessibilità ed accuratezza nel riprodurre relazioni complesse, rappresentano lo strumento di elezione per la realizzazione di tali metamodelli.

Infine, va segnalata la possibilità, solo accennata in questo lavoro per motivi di spazio, di derivare utili inferenze sulle relazioni fra variabili ambientali e struttura delle comunità mediante analisi di sensibilità. Se si considera che le due reti neurali artificiali sviluppate in questo studio contengono oltre 12000 coefficienti (*pesi sinaptici*, in gergo) ciascuna, è evidente la loro capacità di incorporare nella loro stessa struttura l'insieme delle complesse relazioni ecologiche che determinano la composizione delle comunità. Procedure molto più articolate di quella esemplificata in questo lavoro sono disponibili ed applicabili con risultati di notevole interesse (si veda, ad esempio, DIMOPOULOS *et al.*, 1999).

Infine, è importante sottolineare come l'interesse applicativo di modelli del tipo di quelli presentati in questo lavoro non stia nella semplice previsione della struttura delle comunità, che per gli specialisti può risultare addirittura triviale, quanto piuttosto nei servizi che essi offrono come strumenti di supporto ad ulteriori studi ed analisi.

RINGRAZIAMENTI

Questo lavoro è stato realizzato con il contributo del progetto PAEQANN (contratto n. EVK1-CT1999-00026, URL: <http://aquaeco.ups-tlse.fr>) nell'ambito del 5th Framework Programme dell'Unione Europea.

BIBLIOGRAFIA

- DIMOPOULOS I., CHRONOPOULOS J., CHRONOPOULOU SERELI A., LEK S., 1999. Neural network models to study relationships between lead concentration in grasses and permanent urban descriptors in Athens city (Greece). *Ecol. Model.*, **120** (2-3): 157-165.
- KRUSKAL J.B., 1964. Nonmetric multidimensional scaling: a numerical method. *Psychometrika*, **29**: 115-129.
- LEK S., DELACOSTE M., BARAN P., DIMOPOULOS I., LAUGA J., AULAGNIER S., 1996. Application of neural networks to modelling nonlinear relationships in ecology. *Ecol. Model.*, **90**: 39-52.
- LEK S., GUÉGAN J.F., 1999. Artificial neural networks as a tool in ecological modelling, an introduction. *Ecol. Model.*, **120**: 65-73
- LEK S., GUEGAN J-F [eds.], 2000. *Artificial Neuronal Networks: Application to Ecology and Evolution*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 262 pp.
- MANTEL N., 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res.*, **27**: 209-220.
- OBERDORFF T., PONT D., HUGUENY B., CHESSEL D., 2001. A probabilistic model characterizing fish assemblages of French rivers: a framework for environmental assessment. *Freshwater Biol.*, **46**: 399-415.
- PUDMENZKY A., MARSHALL J., CHOY S., 1998. Preliminary application of artificial neural networks model for predicting macroinvertebrates in rivers. *Freshwater Biological Monitoring Report No. 9*, The State of Queensland, Department of Natural Resources, 1-7.
- RECKNAGEL F., 1997. ANNA- artificial neural networks model for predicting species abundances and succession of blue-green algae. *Hydrobiologia*, **349**: 47-57.
- ROGERS D.J., TANIMOTO T.T., 1960. A computer program for classifying plants. *Science* (Wash. D.C.), **132**: 1115-1118.
- SCARDI M., 1996. Artificial neural networks as empirical models of phytoplankton production. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **139**: 289-299.
- SCARDI M., 2001. Advances in neural network modeling of phytoplankton primary production. *Ecol. Model.*, **146** (1-3): 33-45.
- SCARDI M., HARDING L.W., 1999. Developing an empirical model of phytoplankton primary production: a neural network case study. *Ecol. Model.*, **120** (2-3): 213-223.
- SCARDI M., CATAUDELLA S., CICCOTTI E., DI DATO P., MAIO G., MARCONATO E., SALVIATI S., TANCIONI L., TURIN P., ZANETTI M. (in stampa). Predicting fish assemblages in rivers: a neural network case study. In: Lek S., Scardi M., Verdonschot P., Jorgensen S.E. (eds.), *Modelling community structure in freshwater ecosystems*. Springer-Verlag, Berlin
- SCHLEITER I.M., BORCHARDT D., WAGNER R., DAPPER T., SCHMIDT K., SCHMIDT H-H., WERNER H., 1999. Modeling water quality, bioindication and population dynamics in lotic ecosystems using neural networks. *Ecol. Model.*, **120**: 271-286.

Variazioni delle comunità ittiche e possibili cause determinanti, in acque della Lomellina (Pavese occidentale) e lombardo-piemontesi, intervenute nell'ultimo ventennio

Gianluigi Alessio*, Giuliano Luigi Gandolfi, Emiliano Belletti

Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale dell'Università, Parco Area delle Scienze 11/A - 43100 Parma.

* *Referente per la corrispondenza: fax 0521 905657; alessio@biol.unipr.it*

Riassunto

Durante tre distinti periodi, di cadenza pressoché decennale (anni 79-80; 90-91; 2001), nel quadrimestre maggio-agosto sono stati effettuati campionamenti di ittiofauna, prevalentemente in Lomellina (Pavese occidentale) ed altresì, collateralmente ed occasionalmente, in altre aree lombardo-piemontesi (zona pavese dell'Agogna, Terdoppio, Ticino, Scrivia e Po; zona bergamasca della bassa Val Brembana; zona vercellese dell'Elvo, Cervo, Marcova e Sesia; zona alessandrina del Grana, Stura e Tanaro).

Per i rilevamenti ci si è avvalsi di reti fisse da posta (bertovelli e nasse) di dimensioni standardizzate; le catture ottenute sono state codificate in unità fra loro comparabili, espresse come "catture per unità di sforzo giornaliero" (= CPUS) ed analizzate sotto il profilo sia qualitativo che quantitativo. I risultati ottenuti, confrontati nell'arco dei tre differenti periodi decennali, evidenziano per le acque in esame: (a) una spiccata diminuzione quantitativa delle comunità ittiche; (b) la comparsa, vieppiù consistente, di nuove specie alloctone, talora concorrenziali e con incidenza riduttiva sulle popolazioni originarie; (c) evidenti e sensibili variazioni dei rapporti interspecifici tra le specie ittiche, con rimarchevoli effetti sulle frequenze individuali (ed altresì sulle reali probabilità di reclutamento riproduttivo); (d) compressione e riduzione significativa di alcune specie ittiche, che attualmente risultano in decremento o addirittura minacciate, in pericolo e financo in via di scomparsa; (e) decadimento qualitativo del complesso ittiofaunistico in termini di valore commerciale, di consumo alimentare e di interesse alieutico.

I risultati vengono correlati ai processi di evoluzione ecologica ed ambientale, al degrado e dequalificazione delle acque, alle innovazioni e tecniche agricoli che sono venute a gravare sul comparto idrico, alle modalità ed ai criteri di gestione dell'ittiofauna, verosimilmente poco scrupolosi, nient'affatto scientifici e spesso poco ortodossi.

PAROLE CHIAVE: Comunità ittiche / variazioni qualitative e quantitative / area lombardo-piemontese

Variations in fish communities and possible significant causes, in waters of Lomellina (West Pavia), Lombardy and Piedmont areas, in the last twenty years

Samples of fish fauna mainly from the Lomellina area (west Pavia) and also occasionally from other areas of Lombardy-Piedmont (waters of the Agogna, Terdoppio, Ticino, Scrivia and Po rivers in Pavia area; waters of the lower Brembana valley in Bergamo area; waters of Elvo, Cervo, Marcova and Sesia rivers in Vercelli area; waters of Grana, Stura and Tanaro rivers in Alessandria area) were taken in a space of four months from May to August in three distinct periods at almost 10 year intervals (1970 – 80, 90-91, 2001). For the sampling standard-size down-nets (net and iron fish traps) were used; the readings obtained were coded into comparable units expressed as "catches per unit of daily effort" (CPUS) and analysed both in terms of quality and quantity.

The results obtained, compared in the period of the three ten-year time-spans, show for the waters examined: (a) a severe reduction in the quantity of the fish communities; (b) the increasing and consistent appearance of new allochthonous species, often in competition and with a reductive incidence on the original populations; (c) evident and appreciable variations in the interspecific relationships amongst the fish species with remarkable effects on individual frequencies (and likewise on the real probabilities of reproductive recruitment); (d) significant compression and reduction of various fish species which are at present in decline or even threatened, endangered or on the road to extinction; (e) decrease in quality of the fish fauna complex in terms of commercial value, of food consumption, and fishing interest. The results are correlated to the processes of environmental evolution, to the degradation and dequalification of the waters, to the innovations of agricultural techniques which have modified the water gestion, to the conditions and criteria for managing the fish fauna, unlikely to be very scrupulous, scarcely scientific and frequently unorthodox.

KEY WORDS: Fish communities / qualitative and quantitative variations / Lombardy and Piedmont areas

INTRODUZIONE

Per studi sulla fauna ittica, come pure per la gestione dell'ambiente acquatico, si fa comunemente riferimento e ricorso ai dati disponibili per un determinato territorio, pur nella consapevolezza che, assai spesso, questi risultano scarsamente o nient'affatto rappresentativi della realtà al momento della consultazione, poiché o superati o vetusti o addirittura alterati e profondamente modificati da svariati e diversi eventi che nel frattempo si sono verificati.

Si rivela pertanto indispensabile un aggiornamento periodico dei dati concernenti le comunità ittiche, sia relativamente ad aree di estensione contenuta, sia, ed a maggior ragione, in riferimento alle Carte Ittiche codificate a livello regionale, provinciale o di bacino (FORNERIS e ALESSIO, 1986).

Le presenti indagini, svolte prevalentemente in Lomellina (Pavese occidentale) ed altresì, collateralmente ed occasionalmente, in diverse aree lombardo-piemontesi (zona pavese dell'Agogna, Terdoppio, Ticino, Scrivia e Po; zona bergamasca della bassa Val Brembana; zona vercellese dell'Elvo, Cervo, Marcova e Sesia; zona alessandrina del Grana, Stura e Tanaro) intendono:

- definire l'attuale situazione delle comunità ittiche delle zone citate;
- evidenziare le modificazioni e le variazioni intervenute nell'ultimo ventennio, mediante confronto con dati pregressi, in relazione ai processi di evoluzione della dinamica delle popolazioni dei pesci e delle relazioni interspecifiche;
- porre le basi per eventuali indagini predittive e per futuri progetti gestionali degli ecosistemi acquatici e dell'idrofauna.

MATERIALI E METODI

I campionamenti di ittiofauna sono stati effettuati durante il quadrimestre maggio-agosto, ossia nel periodo primaverile-estivo in cui si osservano, fra l'altro,

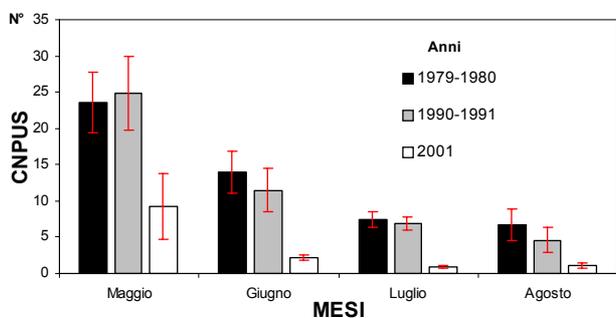


Fig. 1. CNPUS: Catture di pesce, in numero medio (\pm e.s.), ottenute per unità di sforzo giornaliero, nei diversi mesi dei tre decenni di rilevamento.

la migrazione riproduttiva della maggior parte delle specie ittiche d'acqua dolce, la frega, lo sviluppo e la schiusa delle uova, l'accrescimento degli avannotti e delle fasi giovanili e la loro colonizzazione per diffusione sul territorio.

Tali campionamenti riguardano tre distinti periodi, di cadenza pressoché decennale: in particolare sono stati eseguiti negli anni 1979-80; 1990-91; 2001.

Per i rilevamenti ci si è avvalsi di reti fisse da posta (nasse e bertovelli), possibilmente di dimensioni standardizzate o comunque di "catchability" uniformabile mediante calcolo computerizzato. Le nasse sono state lasciate in posta per 4-7 giorni; i bertovelli (più facilmente danneggiabili ed oggetto di furti) hanno invece pescato per l'arco di una sola giornata.

L'attività di pesca è stata esercitata prevalentemente in canali, rogge, derivatori e scolmatori, fossi, risorgive, ecc. Per i corsi d'acqua di grandi dimensioni le reti sono state posizionate preferibilmente in aree tranquille o a corrente morbida e moderata; in alternativa e laddove possibile sono state sistemate all'interno di piccoli immissari.

I pesci catturati sono stati classificati (TORTONESE, 1970 e 1975; GANDOLFI *et al.*, 1991), conteggiati, pesati e misurati, quindi nuovamente liberati nell'ambiente, salvo trattenimento di piccoli subcampioni da avviare a successive analisi specialistiche di laboratorio.

Analogamente a metodi già adottati e validati (ALESSIO *et al.*, 1997) le catture ottenute sono state codificate in unità fra loro comparabili, espresse come "catture per unità di sforzo giornaliero", sia in numero (CNPUS) che in peso (CKPUS); esse sono state quindi analizzate sotto il profilo sia qualitativo che quantitativo.

RISULTATI

In figura 1 sono riferite, per i tre periodi decennali considerati, le catture in numero (Media \pm e.s.) ottenute per unità di sforzo giornaliero (CNPUS).

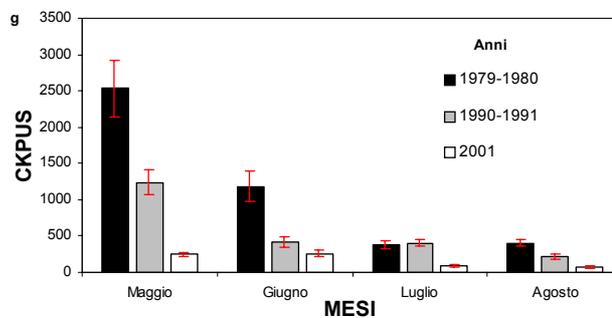


Fig. 2. CKPUS: Catture di pesce, in peso medio (\pm e.s.), ottenute per unità di sforzo giornaliero, nei diversi mesi dei tre decenni di rilevamento.

In figura 2 sono invece evidenziate, in parallelo, le catture in peso (Media \pm e.s.) ottenute per unità di sforzo giornaliero (CKPUS).

Nella tabella I sono riportate, con indicazione della

loro origine, le specie repertate nei diversi periodi decennali.

In tabella II sono altresì poste in luce e comparate le variazioni del numero di popolazioni ittiche repertate

Tab. I. Elenco delle specie catturate nei diversi periodi di indagine e loro origine: I= indigena; A= acclimatata da tempo; R= di recente introduzione; E= esotica.

Famiglia	Genere e specie	Nome comune	Origine	Periodo		
				1979-1980	1990-1991	2001
ANGUILLIDAE	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguilla	I	●	●	
CYPRINIDAE	<i>Rutilus erythrophthalmus</i>	Triotto	I	●	●	●
	<i>Leuciscus cephalus</i>	Cavedano	I	●	●	
	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Sanguinerola	I	●	●	
	<i>Tinca tinca</i>	Tinca	I	●	●	●
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Scardola	I	●	●	●
	<i>Alburnus alburnus alborella</i>	Alborella	I	●	●	
	<i>Chondrostoma soetta</i>	Savetta	I	●	●	●
	<i>Chondrostoma genei</i>	Lasca	I	●	●	
	<i>Gobio gobio</i>	Gobione	I	●	●	●
	<i>Barbus plebejus</i>	Barbo	I	●	●	
	<i>Carassius carassius</i>	Carassio	A	●	●	●
	<i>Carassius auratus</i>	Carassio dorato	A	●		●
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	I	●	●	●
	<i>Abramis brama</i>	Abramide	R/E		●	●
<i>Rhodeus sericeus</i>	Rodeo amaro	R/E			●	
<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora	R/E			●	
<i>Ctenopharyngodon idellus</i>	Carpa erbivora	E	●	●		
COBITIDAE	<i>Cobitis taenia</i>	Cobite	I	●	●	●
	<i>Sabanejewia larvata</i>	Cobite mascherato	I	●	●	
	<i>Misgurnus fossilis</i>	Cobite di stagno	I			●
ICTALURIDAE	<i>Ictalurus melas</i>	Pesce gatto	A	●	●	●
SILURIDAE	<i>Silurus glanis</i>	Siluro	E		●	●
ESOCIDAE	<i>Esox lucius</i>	Luccio	I	●	●	●
SALMONIDAE	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trota iridea	E	●		
GADIDAE	<i>Lota lota</i>	Bottatrice	I	●	●	
POECILIIDAE	<i>Gambusia holbrooki</i>	Gambusia	R/E			●
CENTRARCHIDAE	<i>Micropterus salmonides</i>	Persico-trota	A	●	●	●
	<i>Lepomis gibbosus</i>	Persico-sole	A	●	●	●
PERCIDAE	<i>Perca fluviatilis</i>	Pesce persico	I	●	●	●
GOBIIDAE	<i>Padogobius martensii</i>	Ghiozzo padano	I	●	●	

Tab. II. Variazioni in numero di popolazioni ittiche rilevate nei tre periodi decennali considerati.

PERIODO	N° totale specie repertate	N° specie indigene (autoctone)	N° specie acclimatate	N° specie esotiche o di recente introduzione
1979-1980	25	18	5	2
1990-1991	25	18	4	3
2001	20	9	5	6

nei tre decenni di rilevamento.

Al fine di evidenziare, più chiaramente e quantitativamente le variazioni di popolazioni intervenute nell'arco di tempo di 22 anni, nella figura 3 sono rappresentate le frequenze numeriche (% N°) delle catture, per ciascuna specie, nei tre periodi considerati. Analogamente, nella figura 4 sono rappresentate le frequenze ponderali (% Kg) delle medesime catture.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti, confrontati fra loro, innanzitutto evidenziano, in generale, una rapida e notevole diminuzione quantitativa delle specie ittiche presenti sul territorio, sia in termini numerici che ponderali. Tale fenomeno è particolarmente rimarchevole per le specie indigene, o meglio autoctone e, verosimilmente, sem-

bra correlabile alla comparsa ed all'incremento, sempre più consistente, di nuove specie esotiche, non infrequentemente concorrenziali, in ambito trofico, riproduttivo e di occupazione di spazio, con le popolazioni originarie, e pertanto con incidenze negative e riduttive. D'altro canto il sorprendente sviluppo numerico e di ittiomassa di alcune specie alloctone introdotte più o meno recentemente ha certamente interferito sui rapporti interspecifici e sugli equilibri originari delle specie colonizzatrici, oltretutto sulla loro attività riproduttiva e sui potenziali specifici di reclutamento.

A riconferma, negli ultimi anni si è assistito ad una progressiva riduzione della rimonta stagionale riproduttiva, da parte di molte specie (tinca, carpa, savetta, triotto, lasca, ecc.) che, invece, prima risultava non solo consistente, ma sorprendente per quantità e nu-

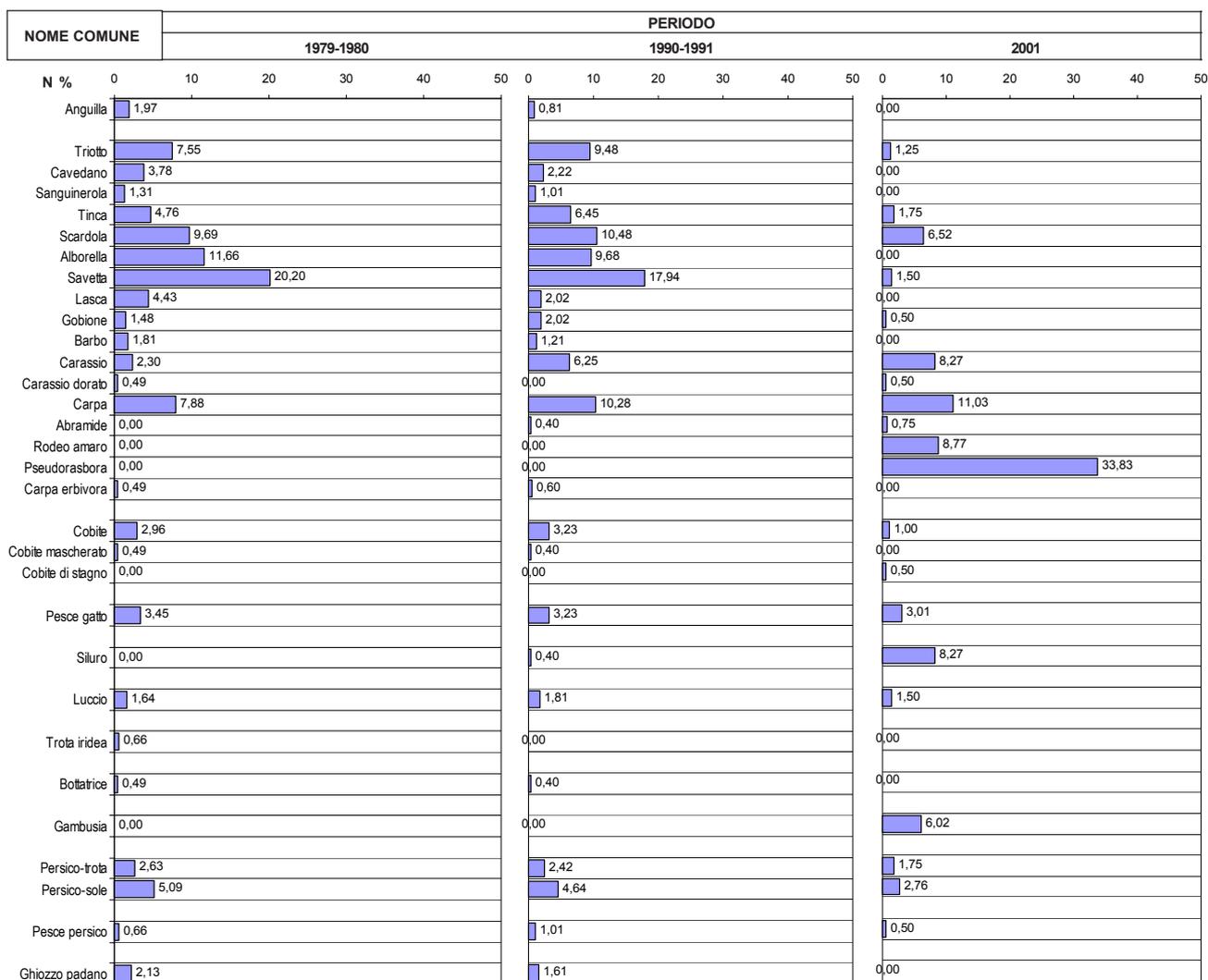


Fig. 3. Variazioni della frequenza numerica (N %) delle singole specie nei tre decenni di rilevamento.

mero di riproduttori.

Tale decadimento del complesso ittiofaunistico nelle aree esaminate riguarda inoltre, e pesantemente, l'aspetto qualitativo, poiché i pesci attualmente presenti e più frequenti hanno scarso valore commerciale, sono poco ricercati per il consumo alimentare, risultano infine di scarsa soddisfazione, talora, anche sotto il profilo alieutico.

La disamina critica dei dati relativi ai tre periodi considerati, di distanza pressoché decennale, ma soprattutto il loro confronto con quanto desumibile da situazioni, ormai pregresse, riferite da ALESSIO e GANDOLFI (1983), ALESSIO (1978 e 1986) ed altresì da altri autori (AA.VV., 1992) pongono in evidenza che si sono verificate, assai rapidamente, profonde e sorprendenti modificazioni nelle popolazioni ittiche del-

l'area lombardo-piemontese.

In particolare, accanto a specie apparentemente stabili (carpa, pesce gatto, persico-trota) e ad altre per lo più occasionali (trota iridea, bottatrice, abramide), la maggior parte è invece andata incontro a sensibili variazioni: specie in incremento sono il siluro, il carassio, la pseudorasbora (ed in alcune località il rodeo amaro); specie in diminuzione sono il cavedano, la lasca, l'alborella, il cobite (ed in certe acque pure la savetta, la tinca, il barbo, il luccio, il ghiozzo padano, il pesce persico, il persico sole ed il gobione). Particolare segnalazione meritano alcune specie, ormai da considerarsi minacciate ovvero in pericolo, come la sanguinerola ed il cobite mascherato (in alcune zone dell'Alessandrino perfino la lasca, la savetta e l'alborella).

Le cause delle citate modificazioni a carico delle

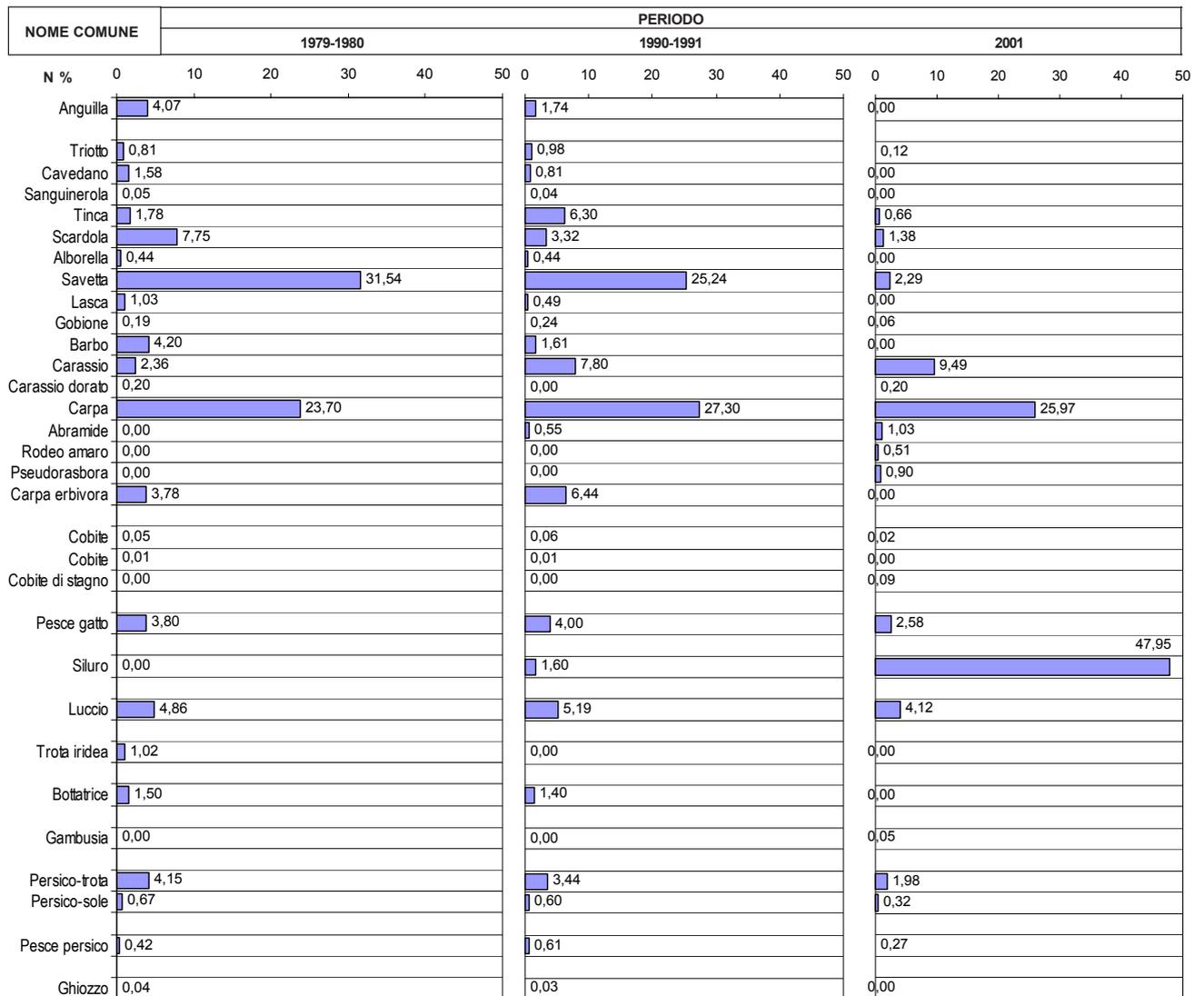


Fig. 4. Variazioni della frequenza ponderale (Kg %) delle singole specie nei tre decenni di rilevamento.

popolazioni ittiche sono molteplici, ormai a tutti ben note e per precisione dovrebbero essere elencate con riferimento ad ogni singola località ed alla sua anamnesi ittiofaunistica. Ciò non è possibile in questo contesto. In sintesi esse possono essere ricondotte a:

- a) degrado e dequalificazione delle acque; mancata prevenzione e difesa da inquinanti;
- b) innovazioni tecnologiche e moderne metodiche agricolo-culturali che hanno imposto sistemi nuovi e diversi di regimazione dei corpi idrici rifornitori di colture

- intensive e specializzate;
- c) gestione scorretta o quantomeno poco scrupolosa dell'ittiofauna, con criteri, modalità e tecniche tutt'altro che scientifici e spesso nient'affatto ortodossi.

È auspicabile dunque che non solo si prenda coscienza, ma ci si attivi per ripristinare e tutelare finalmente la qualità dell'acqua, indipendentemente dal suo uso e destinazione: l'acqua è vita, e non solo dei pesci.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., 1992. *Carta ittica relativa al territorio della Regione Piemonte. Ittiofauna*. Assessorato Caccia e Pesca Regione Piemonte, Torino, 340 pp.
- ALESSIO G., 1978. ricerche preliminari sulla distribuzione dell'idrofauna in Provincia di Pavia. *I. C. S., Rapp. tec. int. n° 5*: 1-9.
- ALESSIO G., 1986. Recenti effetti delle modificazioni ambientali sull'ittiofauna del bacino del Po. *Quaderni ETP, Udine*, **13**: 1-15.
- ALESSIO G., GANDOLFI G., 1983. Censimento e distribuzione attuale delle specie ittiche nel bacino del fiume Po. *Istituto Ricerca sulle Acque, Quaderni*, **67**: VII+92 pp.
- ALESSIO G., DUCHI A., BERCELLI M., BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., 1997. Interrelazione tra ittiofauna ed eutrofizzazione nel Lago di Massaciuccoli (Toscana). In: *Lago di Massaciuccoli – 13 Ricerche finalizzate al risanamento*, Ente Parco Regionale Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli, Doc. tec. 13: 347-378.
- FORNERIS G., ALESSIO G., 1986. Le carte ittiche: estensione territoriale e problemi di rilevamento. *Quaderni ETP, Udine*, **14**: 117-122.
- GANDOLFI G., MARCONATO A., TORRICELLI P., ZERUNIAN S., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 617 pp.
- TORTONESE E., 1970. *Osteichthyes*. Parte I. Fauna d'Italia. Edizioni Calderini, Bologna, 565 pp.
- TORTONESE E., 1975. *Osteichthyes*. Parte II. Fauna d'Italia. Edizioni Calderini, Bologna, 636 pp.

I neuromodulatori nell'intestino della trota parassitata: cenni sul rapporto dieta-parassitismo in esemplari di *Salmo trutta* e *Oncorhynchus mykiss* della provincia di Padova

Bahram Sayyaf Dezfuli^{1*}, Isabella Manzoli¹, Paolo Turin², Giampaolo Bosi³

¹ Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Ferrara, via Borsari, 46 – 44100 Ferrara

² Provincia di Padova, Servizio Caccia e Pesca

³ Dip. di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare, Univ. di Milano, via Trentacoste, 2 – 20134 Milano

* Referente per la corrispondenza: fax 0532 249761; dzb@unife.it

Riassunto

Le diverse attività fisiologiche che operano, nel loro insieme, per il corretto funzionamento del canale alimentare di tutti i vertebrati, sono modulate dal sistema neuroendocrino, costituito dalle cellule epiteliali appartenenti al sistema endocrino diffuso (SED) e dalle componenti del sistema nervoso enterico (SNE). La comunicazione tra gli elementi dei due sistemi si attua mediante molecole segnale, soprattutto di natura peptidica, denominate neuromodulatori. La presenza di parassiti intestinali può alterare la distribuzione e la frequenza delle cellule che sintetizzano e secernono tali sostanze. Mediante indagini di immunoistochimica si è studiata la densità relativa delle cellule endocrine, responsabili per la produzione di cinque diversi neuromodulatori, nell'intestino di individui sani e parassitati di *Salmo trutta* (L., 1758) e *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Si è osservata una spiccata riduzione del numero di cellule endocrine, per piega intestinale, positive ai sieri anti-gastrina, -colecistochinina-8, -bombesina, -secretina e -glucagone nell'intestino delle trote parassitate.

Per quel che riguarda il rapporto dieta-parassitismo, in due anni di studio sono stati esaminati 206 esemplari di *S. trutta* provenienti da alcuni affluenti del fiume Brenta (Provincia di Padova) e 376 esemplari di *O. mykiss* acquistati in un allevamento della stessa zona. Sono risultati infestati da parassiti intestinali 145 (70,4%) individui di trota fario: i parassiti dominanti di questa specie erano, rispettivamente, l'acantocefalo *Pomphorhynchus laevis* (1-162 vermi per ospite) e il cestode *Cyathocephalus truncatus* (1-83 parassiti per pesce). Gli esemplari di trota iridea parassitati sono risultati 103 (27,4%), con un'intensità d'infestazione per *P. laevis* di 1-149 vermi per pesce e per *C. truncatus* di 1-26 vermi per pesce. Si è osservato che la preda preferita da ambedue i salmonidi è il crostaceo *Echinogammarus stammeri* (50% del contenuto gastrointestinale). Inoltre, *E. stammeri* è l'ospite intermedio di ben 5 delle 9 specie di parassiti intestinali rinvenute nelle trote studiate.

PAROLE CHIAVE: sistema neuroendocrino / neuromodulatori / dieta / parassiti intestinali / salmonidi

Neuromodulators in the digestive tract of two salmonid fish infected with intestinal parasites

In the vertebrate gut, epithelial cells belonging to the Diffuse Endocrine System (DES) interact with the enteric nervous system to regulate digestive functions such as enzyme secretion, nutrient uptake, and the progression of food through the digestive canal. Our previous work have already evidenced noticeable differences in the neuroendocrine system of healthy in comparison with parasitized fishes. In the current investigation we present data comparing the distribution of cells secreting hormones in trout uninfected and parasitized with intestinal helminths: for this purpose, immunohistochemical tests with anti-gastrin, -cholecystokinin-8, - bombesin, -secretin, and -glucagon sera were applied.

Many parasites that use intermediate hosts are transmitted to the next host through predation. An investigation was carried out on relationship between diet and parasites of *Salmo trutta* from different channels in Province of Padua (North Italy) and *Oncorhynchus mykiss* from a farm in the same locality. A total of 206 *S. trutta* were examined of which 145 (70.4%) were infected with intestinal helminths. The most dominant parasites were respectively acanthocephalan *Pomphorhynchus laevis* (range of intensity 1-162 worms per host), and cestode *Cyathocephalus truncatus* (range of intensity 1-83 tapeworms per fish). Crustacean *Echinogammarus stammeri* was registered as main item of diet of brown trout. Of 376 specimens of *O. mykiss* from farm, 103 (27.4%) were parasitized with helminths. Also in this fish *P. laevis* (range of intensity 1-149) and *C. truncatus* (range of intensity 1-26) were the most frequent parasites.

KEY WORDS: neuroendocrine system / neuromodulators / diet / intestinal parasite / salmonid

INTRODUZIONE

Le modifiche strutturali indotte dai parassiti all'apparato digerente dei vertebrati producono, di conseguenza, alterazioni biochimiche, nonché fisiologiche della funzionalità alimentare (FAIRWEATHER, 1997). L'effetto degli elminti intestinali sulla distribuzione di neuromodulatori del canale alimentare nei mammiferi ha riscontrato, da tempo, l'interesse dei ricercatori (FAIRWEATHER, 1997), mentre ad oggi ci sono pochi dati sui pesci (MAULE *et al.*, 1989; DEZFULI *et al.*, 2000, 2002). Precedenti indagini indicano che la presenza dei parassiti provoca alterazioni al sistema neuroendocrino dell'intestino della trota (DEZFULI *et al.*, 2000, 2002). Nella prima parte di questo studio vengono discusse le possibili anomalie indotte sulla funzionalità gastroenterica del pesce infestato rispetto a quello sano.

Molti parassiti dei pesci utilizzano la rete trofica per la loro trasmissione dall'ospite intermedio (invertibrato) all'ospite definitivo (vertebrato), sfruttando l'interazione preda-predatore. Un altro scopo di questo studio è stato quello di determinare gli elminti rinvenuti negli apparati digerenti di *Salmo trutta* (L., 1758) e *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), valutandone la densità di infestazione in merito alla presenza nella dieta delle specie di macroinvertebrati che fungono da ospite intermedio.

MATERIALI E METODI

In due anni di studio sono stati esaminati 206 esemplari di *S. trutta* provenienti da alcuni affluenti del fiume Brenta (Provincia di Padova) e 376 esemplari di *O. mykiss* acquistati in un allevamento della stessa zona. Le trote fario sono state pescate utilizzando un elettrostorditore portatile a corrente continua pulsata (150-400 V, 0,3-6 A, 2500 W). I pesci piccoli (lunghezza inferiore ai 10 cm) e quelli medi (lunghezza compresa tra i 10 ed i 20 cm) erano immediatamente fissati in una soluzione acquosa di formalina all'8% secondo le procedure di routine.

Per ogni campione di contenuti gastro-intestinali si effettuava una determinazione qualitativa (metodo della frequenza di comparsa; HYSLOP, 1980) ed una quantitativa (metodo numerico; HYSLOP, 1980), relative al contributo dato da ogni categoria di cibo alla composizione della dieta. Per l'identificazione degli organismi presenti nei contenuti gastrointestinali si è arrivati fino al livello specifico per gli anfipodi e gli isopodi, e fino a livello di Classe o Famiglia per le altre prede. Tutti i parassiti e gli insetti reperiti sono stati isolati e conservati in una soluzione acquosa di alcool etilico al 70%.

Le indagini immunoistochimiche sono state effettuate secondo il protocollo riportato in BOSI *et al.* (2004) per i seguenti anticorpi: anti-bombesina (Chemicon Int., Temecula, CA, USA), anti-colecistochini-

na-8 (Chemicon Int.), anti-gastrina (Chemicon Int.), anti-glucagone (Chemicon Int.) e anti-secretina (Peninsula Lab., Belmont, CA, USA). Le diluizioni d'uso ed i tempi di incubazione per ogni anticorpo sono riportati in DEZFULI *et al.* (2003).

RISULTATI

a) Dieta di *Salmo trutta* delle acque libere

Sono stati esaminati i contenuti gastrici di 206 esemplari di trota fario pescati in 24 mesi di campionamento in vari corsi d'acqua naturali della provincia di Padova. Nel complesso la dieta di *S. trutta* risulta costituita soprattutto da crostacei e da insetti. Nel caso dei crostacei, nei contenuti stomacali sono stati rinvenuti l'anfipode gammaride *Echinogammarus stammeri* (47,6%) e l'isopode *Asellus aquaticus* (20,8%). Gli insetti predati dalle trote sono stati identificati come: ditteri, tra cui larve (10,3%) e pupe (0,7%) di simulidi, larve di chironomidi (1,0%) e di limonidi (0,3%); efemeroteri, sia allo stato larvale (6,7%) che adulto (0,3%); tricotteri rappresentati da larve di odontoceridi (3,8%), goeridi (2,1%), idropsichidi (0,8%) e limnefilidi (0,4%); plecoteri, larve (0,3%) ed adulti (0,2%); coleotteri acquatici (1,5%) tra i quali adulti di ditiscidi, aliplidi, elmintidi e idrofilidi; coleotteri terrestri (0,05%) tra i quali adulti di elateridi, carabidi e stafilinidi; imenotteri (0,6%); eterotteri (0,07%). Nell'intero periodo di indagine, l'organismo-preda di gran lunga dominante nella dieta delle trote è l'anfipode *E. stammeri* (47,6%).

Dall'analisi dei contenuti stomacali è stato possibile ricavare anche informazioni sulle variazioni della dieta legate a differenze delle dimensioni corporee. A questo scopo sono state considerate due classi di taglia: trote medie (L T = 10-20 cm) e grandi (L T > 20 cm). Nelle prime *E. stammeri* è la preda più rappresentata nei contenuti stomacali (26,9%); ciononostante, gli insetti costituiscono la frazione più cospicua della dieta (51,0%), con una prevalenza delle larve di simulidi (15,9%) e di efemeroteri (16,7%), mentre le "altre prede" sono poco abbondanti (2,6%). Nelle trote di dimensioni maggiori di 20 cm, il 72,9% delle prede risulta costituito da crostacei; anche in questo caso *E. stammeri* è la preda di gran lunga più importante (50,6%). Tra gli insetti, le larve di simulidi sono le prede più abbondanti (8,7%).

b) Dieta di *Oncorhynchus mykiss* di allevamento

L'allevamento dal quale abbiamo prelevato le trote iridee viene alimentato da una fonte risorgiva e da un corso d'acqua naturale. Gli animali allevati vengono nutriti con "pellets" di mangime, ma nella dieta possono entrare anche prede naturali. Sono stati complessi-

vamente presi in esame 376 pesci, negli stomaci dei quali sono state rinvenute le seguenti prede naturali: per i crostacei, *E. stammeri* (54,9%) ed *Asellus aquaticus* (8,3%); per gli insetti: larve di simuli (0,8%), larve (1,9%) e pupe (1,1%) di chironomidi, larve (9,6%) ed adulti (0,9%) di efemerotteri, larve di tricotteri odontoceridi (2,1%), adulti di coleotteri acquatici (ditiscidi=0,7%; aliplidi=2,5%; elmintidi=0,2%) ed eterotteri (1,4%); per le "altre prede": molluschi gasteropodi (8,1%) e bivalvi (0,5%), anellidi oligocheti (0,3%), pesci (0,7%) e uova di pesce (5,7%). Nel complesso, i crostacei sono le prede naturali più abbondanti negli stomaci delle trote, con l'anfipode *E. stammeri* come preda principale.

Per quanto riguarda l'indagine parassitologica, sono risultati infestati da parassiti intestinali 145 (70,4%) individui di trota fario: i parassiti dominanti sono risultati, rispettivamente, l'acantocefalo *Pomphorhynchus laevis* (1-162 vermi per ospite) e il cestode *Cyathocephalus truncatus* (1-83 parassiti per pesce). Gli esemplari di trota iridea parassitati sono 103 (27,4%), con un'intensità d'infestazione per *P. laevis* di 1-149 vermi per pesce e per *C. truncatus* di 1-26 vermi per pesce.

Dal momento che i parassiti trovati si localizzano nei ciechi pilorici e nell'intestino prossimale delle trote fario e iridea, le indagini immunoistochimiche sono state effettuate su sezioni di queste due regioni del digerente. Sono state individuate cellule endocrine immunoreattive ai sieri anti-gastrina, -colecistochinina-8 (Fig. 1a), -bombesina (Fig. 1b), -secretina, e -glucagone (Fig. 1c). Negli individui parassitati da *P. laevis* e *C. truncatus* si osserva, rispetto a quelli non infestati, una riduzione più o meno marcata della presenza di elementi del SED immunoreattivi agli anticorpi saggiati (Fig. 1d, e, f).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Nella mucosa dell'apparato digerente dei vertebrati si trovano elementi secernenti che appartengono al sistema endocrino diffuso (SED) e che interagiscono con le componenti del sistema nervoso enterico (SNE) nella regolazione di funzioni quali la secrezione di enzimi, l'assorbimento dei nutrienti e la progressione del cibo lungo il canale alimentare (HANSEN e SKADHANGE, 1995). Diversi neuromodulatori, di natura peptidica, sono prodotti dalle cellule del sistema neuroendocrino e consentono la comunicazione tra le cellule del SED e del SNE (FAIRWEATHER, 1997). I parassiti intestinali inducono infiammazioni locali nel canale alimentare del vertebrato ospite, producendo un danno meccanico nella parete intestinale ed interrompendo temporaneamente e alterando la comunicazione tra il SED e il SNE (FAIRWEATHER, 1997).

Il numero di cellule endocrine immunoreattive ai sieri anti-gastrina e -secretina è marcatamente inferiore nei pesci parassitati rispetto a quelli non infestati. Nei mammiferi la gastrina regola la secrezione acida nello stomaco ed il rinnovo dell'epitelio gastrointestinale (LARSSON, 2000), mentre la secretina è un polipeptide implicato principalmente nella stimolazione della secrezione del pancreas esocrino (LEITER *et al.*, 1994). Questi neuropeptidi sono stati localizzati nell'apparato digerente di diversi pesci (ABAD *et al.*, 1987; BEORLEGUI *et al.*, 1992) e le alterazioni che osserviamo ci portano ad ipotizzare che la presenza del parassita influenzi la secrezione di molecole gastrina- e secretina-simili nella trota. I nostri dati rivelano anche una riduzione degli elementi secernenti peptidi colecistochinina-8 e bombesina-simili nell'intestino dei pesci infestati rispetto a quelli non parassitati.

Nei vertebrati, la colecistochinina-8 è il principale ormone che stimola la secrezione del pancreas, la contrazione della cistifellea e la motilità intestinale (JÖNSSON *et al.*, 1987). La presenza di una immunoreattività bombesina-simile è stata riportata per le cellule endocrine del tratto intestinale di tutti i vertebrati, ad eccezione dei mammiferi (BEORLEGUI *et al.*, 1992). Nei pesci il rilascio di questi neuropeptidi durante il pasto induce il senso di sazietà (HIMICK e PETER, 1994a, b; LEBAIL e BOEUF, 1997). È possibile che la riduzione del numero di cellule endocrine immunoreattive ai sieri anti-colecistochinina-8 e -bombesina nella trota parassitata possa indurre alterazione nel comportamento alimentare di questi salmonidi. Anche l'immunoreattività al siero anti-glucagone è riportata per le cellule endocrine dell'intestino di diverse specie di pesci (BEORLEGUI *et al.*, 1992), nei quali il peptide inibisce l'assunzione di cibo (LEBAIL e BOEUF, 1997). Nella trota parassitata si osserva una leggera riduzione nella presenza di elementi del SED immunoreattivi al siero anti-glucagone. Questo suggerisce, come visto in precedenza per gli altri ormoni, un possibile coinvolgimento del neuropeptide nelle alterazioni del comportamento alimentare della trota infestata da elminti intestinali.

Il parassita dominante delle trote fario e iridea è l'acantocefalo *P. laevis*; questo elminto utilizza come ospite intermedio un crostaceo e come ospite definitivo un pesce che, oltre alla trota, può anche essere il cavedano. I dati sulla dinamica di infestazione di *P. laevis* nel gammaride *E. stammeri*, suo ospite intermedio preferenziale nel fiume Brenta, relativi al decennio 1990-1999, sono riportati in DEZFULI *et al.* (1999) e GIARI (2000). Lo stesso anfipode funge anche da ospite intermedio del cestode *Cyathocephalus truncatus*, il secondo parassita per frequenza trovato nei pesci esaminati. L'efficacia ed il livello di

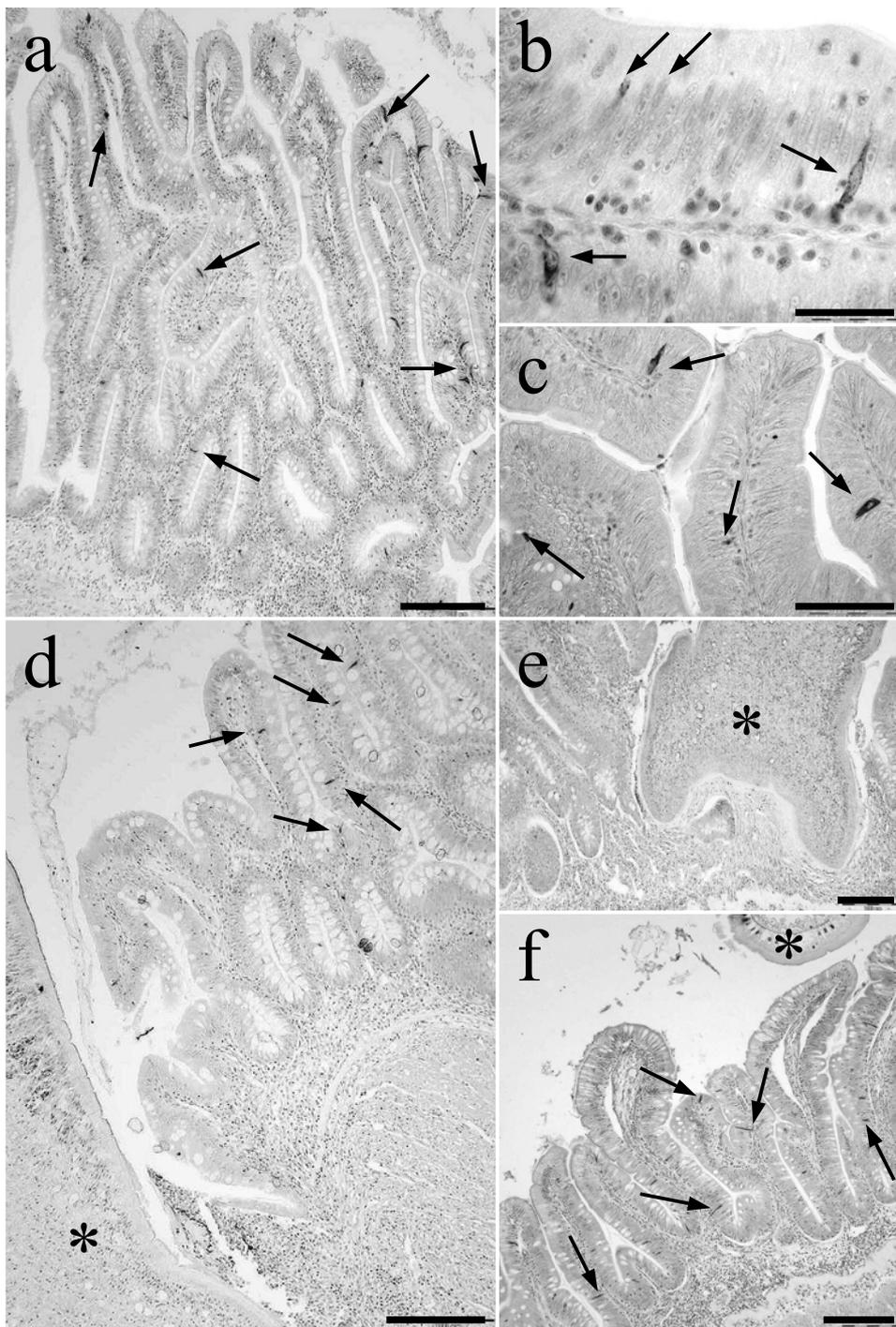


Fig. 1. **a)** Sezione di intestino di trota non parassitata con numerose cellule endocrine (frece) immunoreattive al siero anti-CCK-8 (lunghezza della barra 100 μm); **b)** Epitelio di una piega intestinale di trota non infestata dove si osservano quattro cellule endocrine (frece) contenenti un materiale bombesina-simile (lunghezza della barra 20 μm); **c)** Diverse cellule endocrine (frece) immunoreattive all'anticorpo anti-glucagone nella tonaca mucosa dell'intestino prossimale di trota non parassitata (lunghezza della barra 50 μm); **d)** Sezione di intestino prossimale di trota parassitata da *C. truncatus* (asterisco) con scarse cellule endocrine (frece) immunoreattive al siero anti-CCK-8 (lunghezza della barra 100 μm); **e)** Assenza di cellule endocrine immunoreattive all'anticorpo anti-bombesina nell'intestino prossimale di trota parassitata dal cestode (asterisco) (lunghezza della barra 100 μm); **f)** Sezione di intestino prossimale di trota parassitata dall'acantocefalo *P. laevis* (asterisco), con cellule endocrine contenenti materiale glucagone-simile (lunghezza della barra 100 μm).

infestazione dell'ospite intermedio dipendono principalmente dalla densità delle uova dell'acantocefalo e dalla densità dell'ospite intermedio, nonché dal comportamento alimentare di quest'ultimo (DOBSON e KEYMER, 1985).

Molti pesci presentano un comportamento alimentare che è sufficientemente elastico per rispondere a variazioni, spesso improvvise, della quantità e qualità delle prede disponibili (DILL, 1983; GERKING, 1994; WOOTTON, 1998). Lo studio della dieta di *S. trutta* nei canali della provincia di Padova ha permesso di evidenziare un habitus alimentare bentofago ed opportunistico.

BIBLIOGRAFIA

- ABAD M.E., PEEZE-BINKHORST F.M., ELBAL M.T., ROMBOUT J.H.W.M., 1987. A comparative immunocytochemical study of the gastro-entero-pancreatic (GEP) endocrine system in a stomachless and a stomach-containing teleost. *General and Comparative Endocrinology*, **66**: 123-136.
- BEORLEGUI C., MARTINEZ A., SESMA P., 1992. Endocrine cells and nerves in the pyloric caeca and the intestine of *Oncorhynchus mykiss* (Teleostei): an immunocytochemical study. *General and Comparative Endocrinology*, **86**: 483-495.
- BOSI G., DEZFULI B.S., ARRIGHI S., DI GIANCAMILLO A., DOMENEGHINI C., 2004. Nuovi dati sul sistema neuroendocrino nell'apparato digerente dei salmonidi. In: Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. F. Nonnis Marzano, M. Maldini, G. Gandolfi (eds.), A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma. *Biologia Ambientale*, **18** (1).
- DEZFULI B.S., ROSSETTI E., BELLETTATO C.M., MAYNARD B.J., 1999. *Pomphorhynchus laevis* in its intermediate host *Echinogammarus stammeri* in the River Brenta, Italy. *Journal of Helminthology*, **73**: 95-102.
- DEZFULI B.S., ARRIGHI S., DOMENEGHINI C., BOSI G., 2000. Immunohistochemical detection of neuromodulators in the intestine of *Salmo trutta* Linnaeus naturally infected with *Cyathocephalus truncatus* Pallas (Cestoda). *Journal of Fish Diseases*, **23**: 265-273.
- DEZFULI B.S., PIRONI F., GIARI L., DOMENEGHINI C., BOSI G., 2002. The effect of *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) on occurrence and distribution of putative neuromodulators in the intestine of naturally infected *Salmo trutta* (L.). *Diseases of Aquatic Organisms*, **51**: 27-35.
- DEZFULI B.S., GIARI L., ARRIGHI S., DOMENEGHINI C., BOSI G., 2003. Influence of enteric helminths on the distribution of intestinal endocrine cells belonging to the diffuse endocrine system in *Salmo trutta* (L.). *Journal of Fish Diseases*, **26**: 155-156.
- DILL L.M., 1983. Adaptive flexibility in the foraging behaviour of fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **40**: 398-408.
- DOBSON A.P., KEYMER A.E., 1985. Life history models. In: Crompton D.W.T., Nickol B.B. (eds.), *Biology of the Acanthocephala*. Cambridge University Press: 347-384.
- FAIRWEATHER I., 1997. Peptides: an emerging force in host responses to parasitism. In: Beckage N.E. (ed.), *Parasites & Pathogens: Effects on Host Hormones and Behavior*. Chapman & Hall, International Thomson Publishing, New York: 113-139.
- GERKING S.D., 1994. *Feeding Ecology of Fish*. Academic Press, 416 pp.
- GIARI L., 2000. *Studio prolungato nel tempo del parassita Pomphorhynchus laevis (Acanthocephala) nel suo ospite intermedio Echinogammarus stammeri (Crustacea) ed effetti sulla migrazione dell'artropode*. Tesi di Laurea, Anno Accademico 1998-1999.
- HANSEN M.B., SKADHANGE E., 1995. New aspects of the pathophysiology and treatment of secretory diarrhoea. *Journal of Physiological Research*, **44**: 61-78.
- HIMICK B.A., PETER R.E., 1994a. CCK/gastrin-like immunoreactivity in brain and gut, and CCK suppression of feeding in goldfish. *American Journal of Physiology*, **267**: R841-R851.
- HIMICK B.A., PETER R.E., 1994b. Bombesin acts to suppress feeding behavior and alter serum growth hormone in goldfish. *Physiology and Behavior*, **55**: 65-72.
- HYSLOP E.J., 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, **17**: 411-429.
- JÖNSSON A.C., HOLMGREN S., HOLSTEIN B., 1987. Gastrin/CCK-like immunoreactivity in endocrine cells and nerves in the gastrointestinal tract of the cod, *Gadus morhua*, and the effect of peptides of the gastrin/CCK family on cod gastrointestinal smooth muscle. *General and Comparative Endocrinology*, **66**: 190-202.
- LARSSON L.I., 2000. Developmental biology of gastrin and somatostatin cells in the antropyloric mucosa of the stomach. *Microscopy Research & Techniques*, **48**: 272-281.
- LEBAIL P.Y., BOEUF G., 1997. What hormones may regulate food intake in fish. *Aquatic Living Resources*, **10**: 371-379.
- LEITER A.B., CHEY W.Y., KOPIN A.S., 1994. Secretin. In: Walsh J.H., Dockray G.J. (eds.), *Gut Peptides: Biochemistry and Physiology*. Raven, New York: 147-173.
- MAULE A.G., SHAW C., HALTON D.W., JOHNSTON C.F., FAIRWEATHER I., 1989. Localization, quantification, and characterization of pancreatic polypeptide immunoreactivity in the parasitic flatworm *Diclidophora merlangi* and its fish host (*Merlangius merlangus*). *General and Comparative Endocrinology*, **74**: 50-56.
- WOOTTON R.J., 1998. *Ecology of Teleost Fishes*. Kluwer Academic Publishers, 386 pp.

Differenti abitudini alimentari di *Gambusia holbrooki* Girard, 1859 in piccoli ecosistemi acquatici artificiali

Irene Ferrante*, Andrea Furlani, Lorenzo Tancioni

Laboratorio di Ecologia Sperimentale e Acquacoltura, Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" - Via Cracovia 1 - 00133 Roma

* Referente per la corrispondenza: fax +39 06 72595965; irene.ferrante@uniroma2.it

Riassunto

Per acquisire ulteriori conoscenze sull'ecologia trofica della gambusia (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) in ambienti acquatici artificiali sono stati analizzati i contenuti del tubo digerente di 964 esemplari catturati in quattro ritenute idriche di diversa morfologia e dimensione. Per valutare la capacità di assunzione di larve di zanzara da parte di singoli esemplari, sono state svolte prove in acquario su 71 individui. Per l'analisi della dieta di questa specie ittica sono state applicate metodiche di statistica univariata e multivariata. Dal punto di vista del comportamento alimentare è stata confermata la notevole flessibilità trofica della specie, dimostrata dalle differenze riscontrate nei contenuti del tubo digerente degli esemplari campionati nei quattro siti. Diversamente da quanto atteso sulla base dell'anatomia della bocca, tipicamente supera, i taxa rinvenuti nel tubo digerente sono risultati rappresentati sia da organismi bentonici sia da altri distribuiti nella colonna d'acqua ed in superficie. Inoltre, è stata rilevata una variazione stagionale nella composizione della dieta, particolarmente evidente nella ritenuta idrica più rinaturalizzata e di maggiore volume.

Le sperimentazioni eseguite in acquario sulla capacità larvivora della gambusia hanno dimostrato la capacità di assumere fino a 150 larve di zanzara (*Culex pipiens*) in 24 ore per esemplari di 35-40 mm di lunghezza totale. Viene confermata quindi l'idoneità di questo teleosteo negli interventi di lotta biologica alla proliferazione di larve di zanzara. Inoltre, viene avanzata l'ipotesi di utilizzo della dieta della gambusia ove siano presenti popolazioni ben strutturate, come strumento di analisi ecologica di piccoli ecosistemi acquatici.

PAROLE CHIAVE: ecologia trofica \ variazioni spazio-temporali \ lotta biologica \ *Gambusia holbrooki*

Locality and seasonal-specific variations in the feeding of mosquito fish, *Gambusia holbrooki* Girard, 1859: evidence from small artificial aquatic systems

Locality and seasonal-specific variations, between four artificial aquatic systems different both in size and shape, in the feeding habits of the mosquito fish, *Gambusia holbrooki*, were revealed by means of gut content analysis. Furthermore, both univariate and multivariate statistical methods (CA) were used. Considerable feeding differences between 964 individuals of the four populations were found, pointing out the high trophic flexibility of this species. Diet variations in each population are interpreted as possibly reflecting differences in the structure and the dynamics of the zooplankton and benthic communities. The use of feeding habits of this species as a complementary tool for the bio-monitoring of the small freshwater system is discussed. However, a high larvivorous efficiency (max 150 *Culex pipiens* larvae/fish TL 35-40 mm/day) demonstrated species usefulness in the mosquito control.

KEY-WORDS: feeding habits \ seasonal changes \ biological control \ *Gambusia holbrooki*

INTRODUZIONE

Le recenti infestazioni di "zanzara tigre" (*Aedes albopictus*) in molte aree urbane italiane e di altri Ditteri Culicidi (*Culex pipiens*) in zone umide confinate ha stimolato un rinnovato interesse per l'applicazione di tecniche di lotta biologica, basate sull'impiego della gambusia, *Gambusia holbrooki* Girard, 1859, (Cyprinodontiformes, Poeciliidae) (COCCHI *et al.*, 1998; BELLINI *et al.*, 1994).

Sebbene già in passato sia stata riconosciuta l'ido-

neità della gambusia per il controllo alla proliferazione di larve di zanzara (TORTONESE, 1970), risultano ancora carenti le conoscenze sulla efficienza larvivora di questa specie. Alcuni autori hanno segnalato la drastica riduzione di larve di zanzare a seguito dell'introduzione di gambusia (TORTONESE, 1970) e non sono stati rilevati impatti negativi significativi sulle specie ittiche autoctone, sia a livello di competizione trofica interspecifica che di predazione su uova e stadi larvali di

altri pesci ed anfibi (SOMMANI, 1967; SANI *et al.*, 2001). Pertanto, uno degli obiettivi della presente ricerca è stato quello di valutare la capacità di assunzione di larve di zanzara da parte di singoli esemplari, in condizioni sperimentali controllate.

Lo studio della dieta di una specie ittica onnivora, come la gambusia, può rappresentare uno strumento di analisi ecologica complementare per la comprensione delle complesse reti trofiche dei sistemi acquatici studiati (CATAUDELLA, 1992). Infatti, la composizione della dieta può riflettere la disponibilità e l'abbondanza relativa delle differenti prede (MATTEWS, 1998) e alcune specie possono modificare la loro dieta in maniera prevedibile, in relazione a cambiamenti nella disponibilità trofica (MURDOCH *et al.*, 1975). Il secondo obiettivo di questo lavoro è stato lo studio della composizione della dieta di *G. holbrooki* in quattro differenti sistemi acquatici, con il duplice intento di ampliare le basi conoscitive sull'ecologia trofica di questa specie e di verificare la possibilità di utilizzo della dieta delle specie ittiche onnivore quale strumento di analisi degli ecosistemi acquatici.

Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto "Interventi sperimentali di lotta biologica alla proliferazione di larve di zanzare in ambienti acquatici confinati del territorio comunale di Roma", in collaborazione con il Comune di Roma.

MATERIALI E METODI

Prove di efficienza larvivorica

Gli esperimenti in acquario sono stati svolti nel periodo 4 luglio-12 ottobre 2000 su 71 esemplari di

gambusia. Ogni individuo è stato posto in un acquario della capacità di 5 litri per 24 ore in presenza di 150 larve di zanzara. Di ogni pesce sono stati misurati i dati biometrici (lunghezza totale, lunghezza standard e peso) ed è stato determinato il sesso (Tab. I).

Al termine delle 24 ore si è proceduto alla conta delle larve non assunte. Al fine di verificare l'attività digestiva degli esemplari di gambusia sono stati esaminati i contenuti stomacali di alcuni individui che avevano sicuramente mangiato larve di zanzara in acquario.

Analisi dei contenuti stomacali

Lo studio della dieta delle gambusie è stato effettuato su esemplari catturati in quattro ritenute idriche ubicate nel territorio comunale di Roma e diverse per morfologia e dimensione: laghetto, fontanile, fosso, stagno.

I campionamenti sono stati effettuati con una cadenza quindicinale o mensile nel periodo agosto 2000-aprile 2001. Dei 948 esemplari di gambusia esaminati, 230 sono stati catturati nello stagno, 225 nel fosso, 240 nel fontanile e 253 nel laghetto. Gli esemplari catturati sono stati immediatamente posti in ghiaccio al fine di bloccare i processi digestivi in atto e impedire eventuali alterazioni del materiale biologico. In laboratorio si è successivamente proceduto alla raccolta dei dati biometrici e all'esame dei contenuti gastrici e intestinali. L'analisi qualitativa e quantitativa dei contenuti stomacali è stata condotta in accordo con COETZEE e BAIRD (1981). Le categorie alimentari sono state identificate al livello tassonomico più basso possibile ed il contributo di ciascuna di esse è stato espresso in termini di frequenza (F) e volume (V). Il Valore di

Tab. I. Dati biometrici degli esemplari di gambusia impiegati per le prove sperimentali in acquario di efficienza larvivorica. LT= Lunghezza totale; LS= Lunghezza standard; PT= Peso totale.

N° individui	Sesso	LT ± dev. st. (cm)	LS ± dev. st. (cm)	PT ± dev. st. (gr)
60	femmine	4,64 ± 0,88	3,83 ± 0,74	1,27 ± 0,64
11	maschi	2,9 ± 0,3	2,4 ± 0,2	0,3 ± 0,09

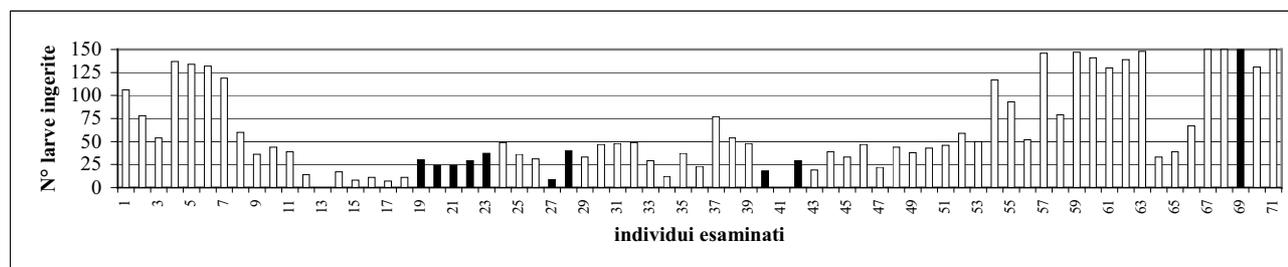


Fig. 1. Prove di efficienza larvivorica. Per ogni individuo di gambusia è indicato il numero di larve di *Culex* sp. ingerite. In bianco sono mostrati gli individui di sesso femminile, in nero quelli di sesso maschile.

Tab. II. Frequenza di ritrovamento (F %) e Valore di importanza relativa percentuale (VIRP) delle categorie alimentari presenti nei campioni di gambusia prelevati nei 4 siti.

Categorie alimentari	STAGNO		FONTANILE		FOSSO		LAGHETTO	
	F %	VIRP	F %	VIRP	F %	VIRP	F %	VIRP
Rotiferi	12,25	1,08	—	—	—	—	—	—
Gasteropodi	0,40	2,20 ^{E-04}	—	—	4,00	0,07	0,40	9,14 ^{E-04}
Nematodi	—	—	—	—	0,44	9,67 ^{E-05}	—	—
Acari	0,40	2,56 ^{E-04}	1,25	4,73 ^{E-03}	3,11	0,01	0,40	3,05 ^{E-04}
Fillopodi	15,81	3,92	48,75	31,48	—	—	30,83	11,85
Ostracodi	26,88	7,35	25,00	6,20	—	—	14,23	1,92
Copepodi	1,19	0,01	33,75	9,14	15,11	1,31	2,37	0,02
Efemerotteri	0,40	1,83 ^{E-04}	—	—	5,78	0,29	—	—
Tricotteri	0,40	2,56 ^{E-03}	—	—	0,44	3,87 ^{E-04}	0,79	3,20 ^{E-03}
Plecotteri	—	—	0,42	2,56 ^{E-04}	—	—	—	—
Simulidi	—	—	—	—	6,22	0,31	—	—
Chironomidi	12,65	1,61	45,00	24,51	11,11	0,54	24,51	4,71
Psicodidi	—	—	—	—	0,44	2,90 ^{E-04}	0,79	2,29 ^{E-03}
Limonidi	—	—	—	—	0,89	0,01	—	—
Larve indeterminate	—	—	—	—	1,33	2,61 ^{E-03}	1,58	0,02
Uova	0,79	1,46 ^{E-03}	0,83	1,70 ^{E-03}	—	—	0,79	2,74 ^{E-03}
Insetti Adulti	2,37	0,03	4,17	0,15	19,11	4,39	17,79	4,21
Miscellanea	73,52	39,32	62,92	25,14	88,44	91,25	88,54	77,26
Componente Vegetale	57,71	46,68	22,50	3,36	14,67	1,81	1,58	0,01

Importanza Relativa Percentuale o VIRP è stato utilizzato per determinare l'importanza nella dieta delle varie categorie alimentari, in accordo con MARIANI *et al.*, 2002. Per la categoria alimentare *i*-esima, tale indice è dato da:

$$PRIV_i = 100V_i\%.F_i\% \left[\sum_n^i (V\%.F\%) \right]^{-1}$$

L'Analisi delle Corrispondenze (AC) (BENZECRI, 1975) è stata utilizzata per rappresentare e confrontare gli spazi trofici degli individui esaminati, in relazione alle prede consumate nei quattro siti di campionamento.

Il medesimo *data set* è stato rappresentato con la tecnica dello *spider plot* per apprezzare il grado di eterogeneità intraspecifica dei contenuti gastrici e valutare il grado di sovrapposizione tra gli spazi trofici realizzati dagli esemplari di gambusia nei quattro siti.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Prove di efficienza larvivorica

Le prove eseguite sulle gambusie hanno dimostrato una capacità massima di assunzione di 150 larve di *Culex* (II e III stadio di sviluppo)/24 h/individuo (Fig. 1). Due sono gli individui che non hanno mangiato larve in acquario (un maschio e una femmina), su un totale di 71.

L'analisi dei contenuti dei tubi digerenti di alcuni esemplari sacrificati al termine dell'esperimento ha permesso di constatare che la digestione in questa specie procede molto velocemente e che in molti casi non è possibile riconoscere frammenti di larve di zanzara nel tubo digerente.

Analisi dei contenuti stomacali

Le categorie alimentari presenti nei digerenti degli esemplari campionati sono riassunte nella tabella II. Lo spettro alimentare di questa specie comprende una

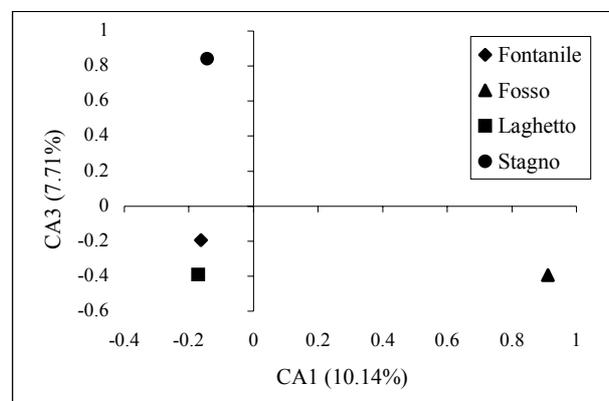


Fig. 2. Ordinamento dei centroidi dei punti-individuo nello spazio fattoriale descritto dagli assi CA1-CA3 (varianza totale spiegata del 17,85%).

componente vegetale ed una animale; fanno parte di quest'ultima: taxa di zooplancton, macroinvertebrati acquatici bentonici ed insetti adulti. Dal calcolo del VIRP emerge che nello stagno la categoria alimentare più importante è la frazione vegetale, seguita da altre con VIRP inferiori all'8%; nel fosso prevalgono gli insetti adulti e taxa macrobentonici reofili; nel laghetto i Fillopodi ed i Chironomidi; nel fontanile è stato riscontrato il numero minore di categorie alimentari (9 in tutto) ed una ripartizione omogenea fra le stesse.

Dall'analisi multifattoriale delle corrispondenze emerge la separazione del centroide relativo agli individui campionati nel fosso, che rappresenta l'unico ambiente reico e mostra quindi caratteristiche ecologiche ben distinte dagli altri siti; nel III quadrante e vicini tra loro si trovano i centroidi del laghetto e del fontanile, entrambi ambienti acquatici che presentano pochi elementi naturali e "poco stabili"; sempre di acque ferme è lo stagno, sito rinaturalizzato ed evidentemente diverso dal laghetto con sponde e fondo in cemento (IV

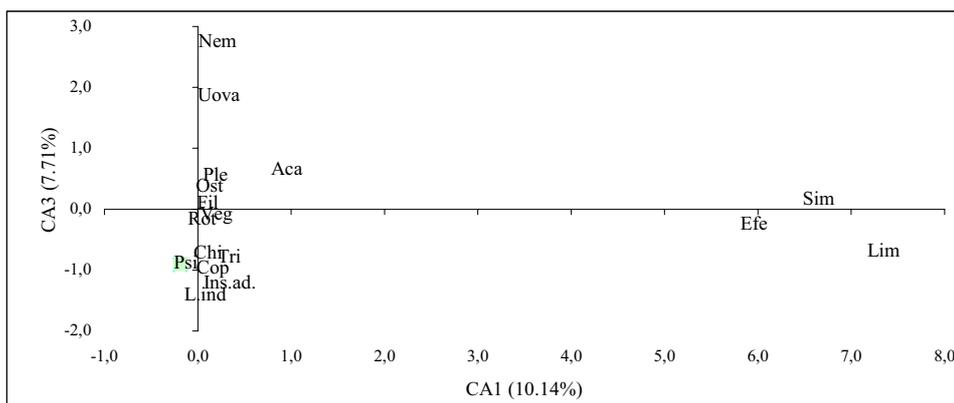


Fig. 3. Ordine dei punti-item nello spazio fattoriale descritto dagli assi CA1-CA3 (varianza totale spiegata del 17,85%).

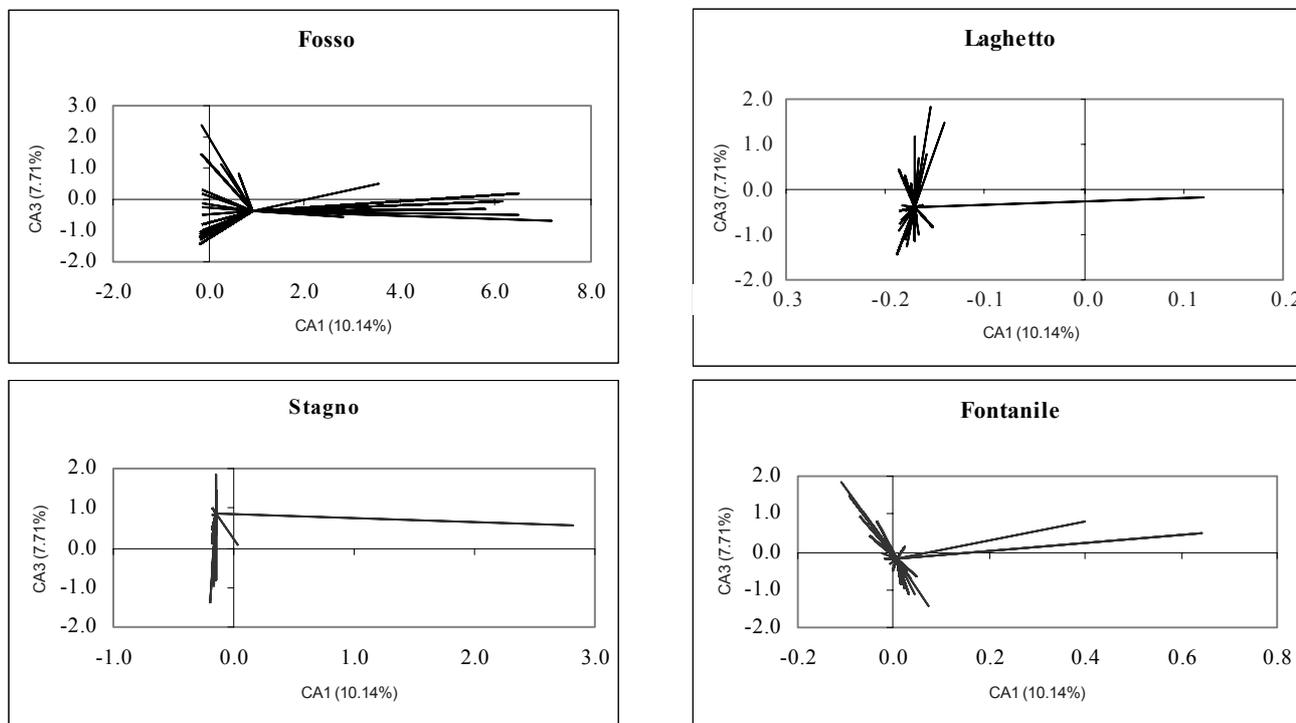


Fig. 4. Rappresentazione della eterogeneità interindividuale attraverso gli spider plot dei punti-individuo ordinati nello spazio fattoriale descritto dagli assi CA1-CA3 (varianza spiegata totale 17,85%).

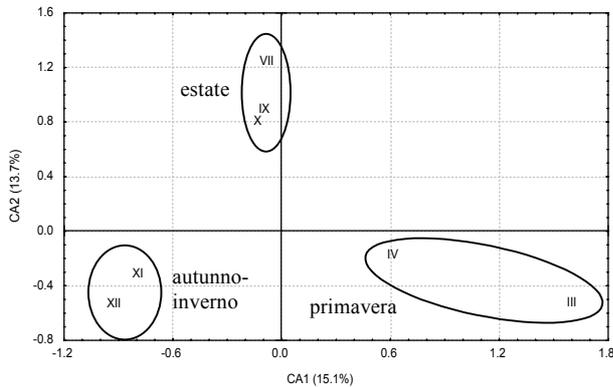


Fig. 5. Ordinato dei centroidi dei punti-individuo nello spazio fattoriale descritto dagli assi CA1-CA2. I numeri romani indicano il mese di campionamento.

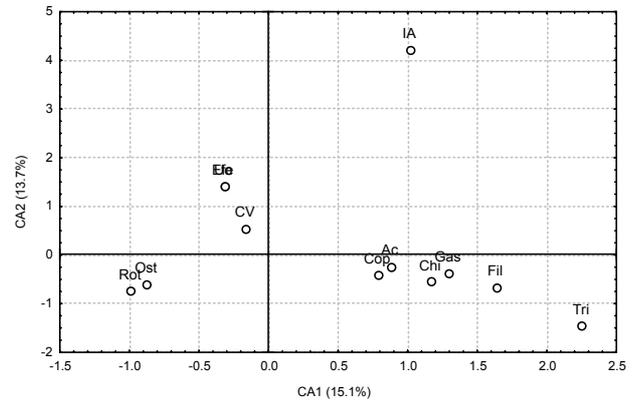


Fig. 6. Ordinato dei punti-item nello spazio fattoriale descritto dagli assi CA1-CA2.

quadrante: Fig. 2).

L'ordinamento dei punti-item (categorie alimentari), rappresentato nel medesimo spazio fattoriale (CA1-CA3), evidenzia come le categorie alimentari contribuiscono all'ordinamento dei punti-individuo (Fig. 3).

In tre dei quattro siti (stagno, laghetto e fontanile) pochissimi individui che si cibano di prede piuttosto rare contribuiscono all'eterogeneità interindividuale nella dieta; nel fosso invece gli individui che compongono la popolazione diversificano le loro scelte alimentari in modo più omogeneo (Fig. 4).

Evidenti variazioni stagionali nel comportamento alimentare all'interno dello stesso sito sono state riscontrate solo per lo stagno. In questo sito è stata evidenziata separazione netta dei centroidi dei punti-individuo campionati nelle diverse stagioni. Nel II quadrante si trovano i centroidi dei punti individuo campionati in marzo e aprile, nel III i centroidi dei punti-individuo relativi agli esemplari campionati in novembre e dicembre, nel IV quadrante i centroidi dei punti-individuo di luglio, settembre e ottobre (Fig. 5-6).

CONCLUSIONI

Le prove sperimentali in acquario hanno dimostrato l'elevata capacità di assunzione di larve di zanzara della gambusia, risultato difficile da evidenziare attraverso l'analisi dei contenuti alimentari per l'elevata digeribili-

tà delle stesse. Nei tubi digerenti degli esemplari campionati, infatti, non sono mai stati rinvenuti frammenti di larve di zanzara, ma ciò potrebbe dipendere proprio dalla loro elevata digeribilità. In relazione agli interventi di lotta biologica, viene quindi confermata la potenziale idoneità della gambusia nel controllo della proliferazione di larve di Ditteri Culicidi.

La gambusia presenta un comportamento alimentare tipicamente onnivoro: le categorie alimentari rinvenute si diversificano per dimensioni, posizione occupata nella colonna d'acqua o sul fondo delle ritenute idriche e per specie. Nonostante presenti una bocca supera, l'attività alimentare non è svolta esclusivamente in superficie e ciò, unitamente alle differenze riscontrate tra i quattro siti, dimostra l'alto grado di opportunismo e flessibilità trofica che caratterizza questa specie. Si è osservato inoltre che nelle ritenute idriche stabili, meno soggette a pratiche gestionali, come lo stagno, la gambusia mostra differenze stagionali negli spettri alimentari, probabilmente correlate alle dinamiche delle comunità planctoniche e bentoniche di questi piccoli ecosistemi acquatici.

L'utilizzo della dieta di specie ittiche onnivore, che dimostrano un elevato livello di opportunismo alimentare e flessibilità trofica, è proposto quale strumento complementare per l'analisi ecologica di piccoli ecosistemi acquatici.

BIBLIOGRAFIA

- BENZECRI J.P., 1975. *L'Analyse des Données*. 2 vols., Paris, France.
 BELLINI R., VERONESI R., RIZZOLI M., 1994. Efficacy of various fish species [*Carassius auratus* (L.), *Cyprinus carpio* (L.), *Gam-*

busia affinis (Baird and Girard)] in the control of rice field mosquitoes in northern Italy. *Bulletin of the Society of Vector Ecology*, **19** (2): 87-99.

CATAUDELLA S., 1992. Ricerche ecologiche in Acquacoltura: il caso

- delle produzioni estensive in ambienti salmastri. *Atti SitE*, **21**: 347-353.
- COCCHI M., TAMBURRO A., MENICHETTI D., RAFFAELLI L., ROMI R., 1998. Sperimentazione di *Gambusia holbrooki* Girard, 1859, per il controllo integrato dei Culicidi nei comprensori risicoli del grossetano. *Parassitologia*, **40** (1): 34.
- COETZEE P.S., BAIRD D., 1981. Age, growth and food of *Cheimereus nufar* (Ehrenberg, 1820) (Sparidae), collected off St Croix Island, Algoa Bay, South Africa. *South African Journal of Zoology*, **16**: 137-143.
- MARIANI S., MACCARONI A., MASSA F., RAMPACCI M., TANCIONI L., 2002. Lack of consistency between the trophic interrelationship of five sparid species in two adjacent central Mediterranean coastal lagoons. *Journal of Fish Biology*, **61**: 138-147.
- MATTHEWS W. J., 1998. *Patterns in freshwater fish ecology*. Chapman & Hall, New York, 756 pp.
- MURDOCH W.W., AVERY S., SMYTHE M.E., 1975. Switching in a predatory fish. *Ecology*, **56**: 1094-1105.
- SANI L., RONGONI A., ALESSIO G., 2001. Attività trofica di *Gambusia holbrooki* Girard in due diversi ambienti naturali: Parco del Mincio e Parco del Delta del Po (Nord Italia). *Quaderni ETP*, **30**: 87-95.
- SOMMANI E., 1967. Variazione apportate all'ittiofauna italiana dall'attività dell'uomo. *Bollettino Pesca Piscicoltura Idrobiologia*, **22**: 149-166.
- TORTONESE E., 1970. *Osteichthyes, I. Fauna d'Italia*. Calderini Ed., Bologna. XIII+565pp.

Osservazioni sulle abitudini alimentari del gambero di fiume autoctono, *Austropotamobius pallipes italicus* (Faxon, 1914)

Massimiliano Scalici*, Leonardo Vignoli, Giancarlo Gibertini

Dipartimento di Biologia, Università "Roma Tre", V.le G. Marconi 446 - 00146 Roma.

* Referente per la corrispondenza: fax 06 55176321; scalici@bio.uniroma3.it.

Riassunto

Per una migliore gestione e conservazione delle popolazioni astacicole è di fondamentale importanza possedere conoscenze approfondite sull'autoecologia di questa specie. Per tale ragione è stata intrapresa una ricerca volta a studiare le abitudini alimentari del gambero di fiume nel Centro Italia. I gamberi di fiume sono stati prelevati da due torrenti in provincia di Roma, nei mesi di luglio '01, settembre '01, marzo '02 e aprile '02. Essi sono stati divisi per sesso e sottoposti al rilevamento della lunghezza del carapace. In seguito è stato prelevato lo stomaco, da cui sono stati ricavati i contenuti gastrici. Per procedere ad un'analisi del materiale alimentare, sono stati attribuiti valori arbitrari relativamente a: 1) il grado di ripienezza stomacale; 2) l'importanza relativa dei diversi componenti alimentari; 3) la frequenza di comparsa. All'interno della cavità gastrica è stata trovata una grande abbondanza di materiale vegetale e, in quantità minori, materiale animale e detrito. Il gambero di fiume nostrano presenta una dieta principalmente vegetariana, ricoprendo non solo un importante ruolo nella catena dei detritivori ma contribuendo anche alla catena del pascolo.

PAROLE CHIAVE: *Austropotamobius pallipes italicus* / gambero di fiume / dieta / Italia.

Observation on diet habit of white-clawed freshwater crayfish, *Austropotamobius pallipes italicus* (Faxon, 1914)

It is very important to know the autoecology of white-clawed freshwater crayfish for managing and conserving its natural populations. For this reason we studied the diet habit of white-clawed freshwater crayfish in Central Italy. We drew freshwater crayfishes from two rivers in the province of Rome, in July '01, September '01, March '02 and April '02. Freshwater crayfishes were sexed and measured. Then every stomach and its contents were removed. We observed: 1) stomach repletion; 2) relative importance of different components; 3) frequency of appearance. Within the stomach we observed rather more vegetal material than animal material and detritus. We empathize white-clawed freshwater crayfish to have a mainly vegetarian diet. On the whole, *A. pallipes italicus* has an important position in the ecosystem both as a scavenger and as a grazer.

KEY-WORDS: *Austropotamobius pallipes italicus* / white-clawed freshwater crayfish / diet / Italy.

INTRODUZIONE

Lo studio dell'autoecologia di una specie può avere risvolti applicativi, oltre che teorici, e rientra nelle conoscenze di base indispensabili per la tutela di specie minacciate, come il gambero di fiume nostrano, *Austropotamobius pallipes italicus* (Faxon, 1914), considerato vulnerabile dalla IUCN e da proteggere secondo la Convenzione di Berna e l'allegato II della Direttiva Habitat. Per una migliore gestione e conservazione delle popolazioni astacicole nostrane e per uno sfruttamento più responsabile dei corsi d'acqua in cui esse

risiedono, è di fondamentale importanza possedere conoscenze approfondite su questa specie. Per tale ragione è stata intrapresa una ricerca volta a studiare le abitudini alimentari del gambero nel Centro Italia. Ricerche sulla dieta dei gamberi d'acqua dolce –da sempre considerati un gruppo animale onnivoro o opportunisto (GODDARD, 1988)– sono state dettagliatamente riportate da GHERARDI *et al.* (2001). Lo scopo del presente studio è quello di approfondire le conoscenze sulle abitudini alimentari del gambero d'acqua dolce

nostrano nel Centro Italia, dove le condizioni dei bacini imbriferi si discostano sensibilmente da quelle del Nord Italia e del resto d'Europa.

MATERIALI E METODI

Durante i mesi di luglio e settembre 2001 e marzo e aprile 2002 sono stati prelevati 83 gamberi dai torrenti Licenza e Duranna, siti ad un'altitudine di 450-500 m s.l.m. sui Monti Lucretili –a litologia calcarea– in provincia di Roma. I torrenti campionati presentano acque oligotrofiche e lungo le sponde è possibile rinvenire la tipica vegetazione ripariale, composta da specie come: *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Salix purpurea*, *Typha latifolia*, *Petasites hybrida*, *Juncus sp.*, *Holoschoenus romanus*, *Ranunculus sp.*, *Veronica beccabunga*, *Fontinalis antipyretica*. Nei contesti più disturbati è possibile ritrovare specie infestanti quali *Rubus ulmifolius* e *Urtica dioica*.

L'analisi del macrobenthos ha evidenziato la presenza di una comunità macrobentonica ben strutturata il cui studio qualitativo, attraverso l'applicazione dell'Indice Biotico Esteso (I.B.E.), ha permesso di assegnare ai corsi d'acqua suddetti la Classe I di qualità, tipica di ambienti non inquinati o non alterati in modo sensibile (dati non pubblicati). Inizialmente è avvenuto il riconoscimento del sesso di ogni gambero, che successivamente è stato sottoposto al rilevamento della lunghezza del carapace (per mezzo di un calibro meccanico con

una precisione di 0,05 mm). In un secondo momento gli animali sono stati sacrificati, previa anestesia in eccesso con MS-222. Da essi è stato asportato lo stomaco intero e ne sono stati prelevati i contenuti gastrici. Questi ultimi, infine, sono stati conservati in alcool a 70° e successivamente analizzati ad uno stereomicroscopio.

Per procedere ad un'analisi del materiale alimentare, sono stati attribuiti valori arbitrari relativamente a: 1) il grado di ripienezza stomacale (Tab. I); 2) la frequenza di comparsa (intesa come rapporto fra il numero di stomaci nei quali compare una determinata componente alimentare e il numero di stomaci totali che presentano un contenuto alimentare); 3) l'importanza relativa delle diverse componenti alimentari (stimata empiricamente attraverso valori percentuali). I risultati ottenuti sono stati elaborati mediante il test χ^2 .

RISULTATI

Durante i mesi di campionamento la *sex ratio* è stata 1:1, fatta eccezione per il mese di marzo '02 in cui il rapporto maschi:femmine è stato circa di 3:7 (Fig. 1). Inoltre il valore del rapporto giovani/adulti (sono stati considerati adulti gli esemplari con lunghezza del carapace maggiore di 20 mm) ha mostrato un andamento crescente durante il periodo di ricerca e nel mese di aprile '02 erano presenti esclusivamente individui giovani (Fig. 2).

Tab. I. Definizione dei valori relativi al grado di ripienezza stomacale.

grado di ripienezza stomacale	definizione
pieno	volume del contenuto stomacale pari a più di 2/3 del volume gastrico
parzialmente pieno	volume del contenuto stomacale compreso fra 1/3 e 2/3 del volume gastrico
parzialmente vuoto	volume del contenuto stomacale minore di 1/3 del volume gastrico
vuoto	contenuto stomacale assente

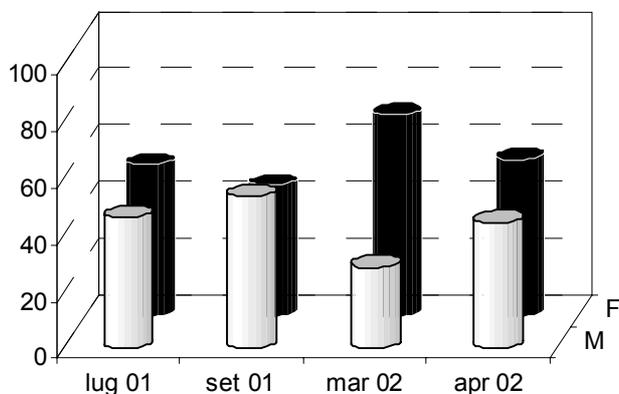


Fig. 1. Andamento della *sex ratio* (espresso in percentuale) durante i mesi di campionamento.

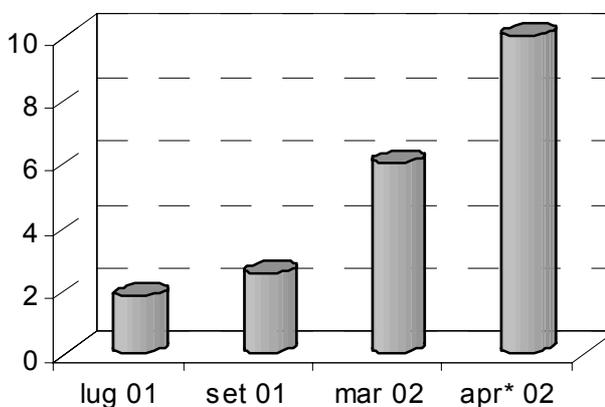


Fig. 2. Rapporto giovani/adulti osservato nei mesi di campionamento (*: presenza esclusiva di individui giovani).

Analisi qualitativa

All'interno della cavità gastrica è stata trovata una grande abbondanza di materiale vegetale, il cui stato di conservazione ne ha permesso solo una parziale determinazione. In particolare è stata individuata una buona abbondanza del muschio acquatico *Fontinalis antipyretica* (Fig. 3a), mentre fra il materiale non identificato sono stati individuati resti finemente macinati di foglie (Fig. 3b), facenti parte della lettiera depositata sull'alveo e/o del muschio. È stata riscontrata inoltre la presenza di materiale di natura animale. In particolare sono stati ritrovati: torace ed addome di larve di efemerotteri (Fig. 3c); testa (Fig. 3d) e pronoto di coleotteri terrestri adulti; larve di ditteri psicodidi (Fig. 3e). Oltre a ciò, è stata osservata la presenza di materiale detritico, principalmente composto da clasti di natura calcarea a granulometria fine (Fig. 3f) e, in percentuale quasi trascurabile, di materiale organico.

Analisi quantitativa

Il 76% degli stomaci ha mostrato la presenza di contenuto gastrico. Nei mesi estivi essi hanno presentato contenuti più abbondanti rispetto ai mesi primaverili; difatti in luglio e settembre 2001 erano presenti un maggior numero di stomaci pieni o parzialmente pieni, mentre in marzo ed aprile 2002 erano prevalenti gli

stomaci vuoti o parzialmente vuoti. La componente vegetale era presente nella maggior parte dei contenuti indipendentemente dall'età, dal sesso e dal grado di ripienezza, mentre la componente animale era riscontrabile soprattutto in stomaci parzialmente vuoti ed era osservabile prevalentemente in individui di sesso femminile, sia giovani ($\chi^2= 7,14$, $p < 0,05$, $gl= 3$) che adulti ($\chi^2= 3,97$, $p < 0,05$, $gl= 3$). Il detrito invece, indipendentemente dal grado di ripienezza, è maggiormente presente in individui giovani ed il suo graduale aumento durante il corso dei campionamenti presenta un cambiamento statisticamente significativo ($\chi^2= 17,3$, $p < 0,01$, $gl= 3$) (Fig. 4). Relativamente al grado di abbondanza delle tre componenti alimentari, il materiale vegetale presenta mediamente i valori più alti (55,5%, media complessiva di importanza relativa), mentre la componente detritica e soprattutto quella animale sono presenti in media in minore quantità (rispettivamente 32,7% e 11,7% di importanza relativa). In fig. 5 è riportato l'andamento dei valori medi di importanza relativa delle tre componenti alimentari, sia per gli individui giovani che per gli adulti. Complessivamente, indipendentemente dal sesso e dalla età, la variazione dei valori medi di importanza relativa di ogni componente alimentare, nell'arco dei 4 mesi analizzati, risulta

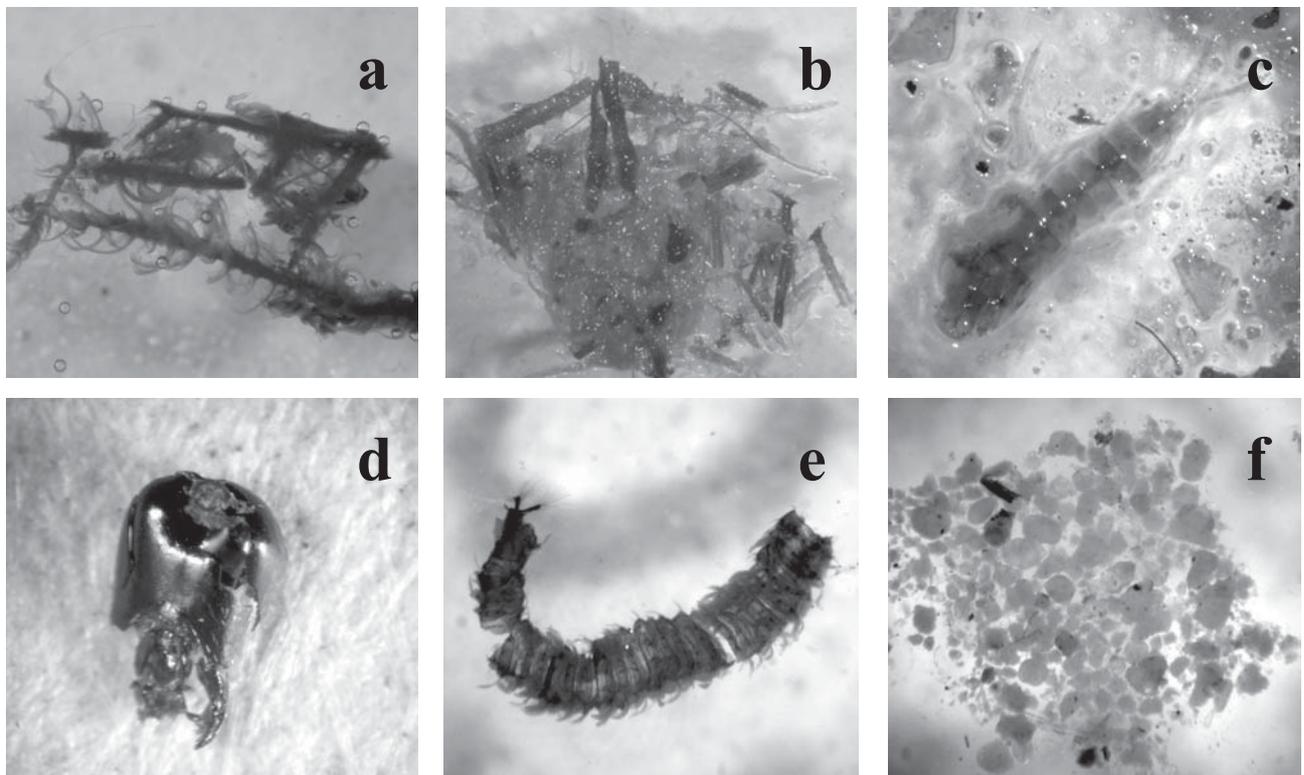


Fig. 3. Componenti alimentari ritrovati all'interno dello stomaco del gambero di fiume: **a)** *Fontinalis antipyretica*; **b)** resti di foglie depositate sul fondo del corso d'acqua; **c)** larva di efemerottero; **d)** testa di coleottero adulto; **e)** larva di dittero psicodide; **f)** clasti calcarei.

statisticamente significativa ($\chi^2= 141$, $p <0,01$, $gl= 3$ per il materiale vegetale, $\chi^2= 46,8$, $p <0,01$, $gl= 3$ per la componente animale; $\chi^2= 85,8$, $p <0,01$, $gl= 3$ per il detrito).

tempo ed energia se non per la ricerca del cibo e l'alimentazione (GHERARDI *et al.*, 2001). Esso presenta una dieta onnivora, principalmente vegetariana, influenzata dalla disponibilità e dall'accessibilità alla risorsa (ZEKHNINI e CHAISEMARTIN, 1991) e dalla fase del ciclo biologico. I nostri studi hanno evidenziato che la lettiera depositata sull'alveo ed il muschio rappresenta-

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Austropotamobius pallipes italicus non spende molto

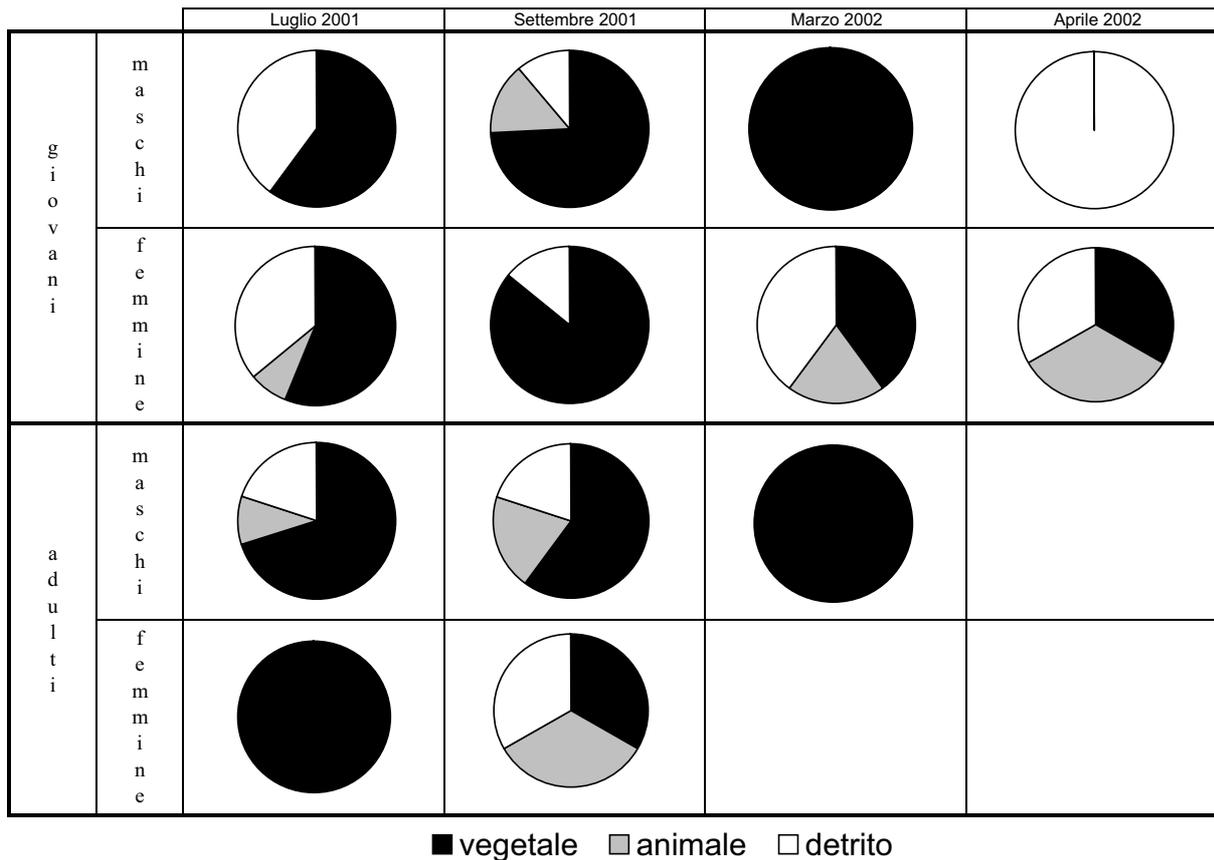


Fig. 4. Frequenza di comparsa delle diverse componenti alimentari nei mesi di campionamento. I risultati riportati sono stati divisi per sesso ed età.

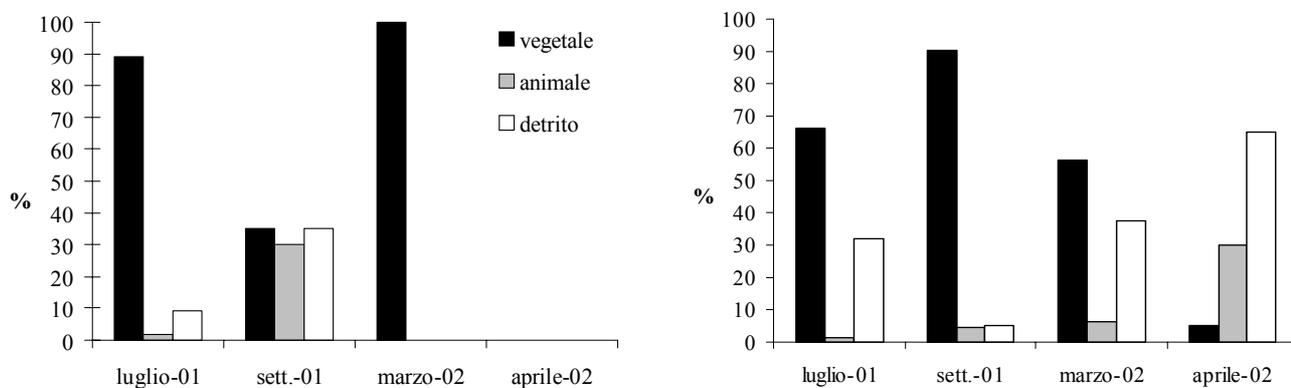


Fig. 5. Valori medi delle percentuali di importanza relativa osservati nei mesi di campionamento. A sinistra sono riportati i valori per gli esemplari adulti e a destra quelli per gli esemplari giovani.

no una risorsa importante per l'alimentazione del gambero, così come per molte specie della comunità macrobentonica.

Lettieria e muschio, difatti, sono presenti nella maggior parte dei contenuti stomacali analizzati e, sebbene abbiano mostrato differenze di abbondanza nelle stagioni, rappresentano la componente alimentare più consistente. Per di più la crescita di perifiton e il deposito di particolato sul muschio rappresentano una risorsa alimentare molto importante (GILLER e MALMQVIST, 1998) che permette ai gamberi di implementare la propria dieta; la morfologia del muschio (CHAMBERS *et al.*, 1991), inoltre, aumenta la facilità di cattura dello stesso perifiton, riducendo il tempo di manipolazione e l'attività predatoria del gambero. In questo modo, attuando un effetto pascolo sul muschio e nutrendosi di letteria, il gambero stesso ingerisce specie animali,

intaccando così la comunità macrobentonica (MATTHEWS *et al.*, 1993), risorsa particolarmente utilizzata dai gamberi di sesso femminile, probabilmente per compiere adeguatamente lo sviluppo delle gonadi e l'oogenesi, fenomeni che richiedono un maggiore dispendio energetico. La componente detritica, infine, negli individui giovani, presenta alcune differenze stagionali; essa viene ingerita ed accumulata maggiormente nei mesi di marzo e aprile. Questo materiale sarà poi utilizzato durante il periodo di muta (la cui maggiore attività ricade fra la fine della primavera e l'inizio dell'estate) per rendere più consistente l'esoscheletro. In questa classe di età il detrito rappresenta una risorsa essenziale, dato che in questa fase di accrescimento gli individui, ormai indipendenti, in una sola stagione, effettuano il maggior numero di mute: fino a 5 per stagione, nei primi due anni.

BIBLIOGRAFIA

- CHAMBERS P.A., HANSON J.M., BURKE J.M., PREPAS E.E., 1991. The effect of aquatic chemistry and morphology on feeding selectivity by the crayfish, *Orconectes limosus*. *Freshwater Biology*. **24**: 81-91.
- GHERARDI F., ACQUISTAPACE A., SANTINI G., 2001. Foraging by a threatened species – the white-clawed crayfish, *Austropotamobius pallipes*. *Archiv für Hydrobiologie*. **152** (2): 339-351.
- GILLER P.S., MALMQVIST B., 1998. *The biology of streams and rivers*. Oxford University Press, Oxford, U.K. 296 pp.
- GODDARD J.S., 1988. Food and feeding. In: Holdich D.M., Lowery R.S. (eds). *Freshwater crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Timber Press, Portland, OR: 145-166.
- MATTHEWS M.A., REYNOLDS J.D., KEATINGE M.J., 1993. Macrophyte reduction and benthic community alteration by the crayfish *Austropotamobius pallipes* (Lereboullet). *Freshwater Crayfish*. **9**: 289-299.
- ZEKHNINI A., CHAISEMARTIN C., 1991. Structure démographique et éthologie alimentaire de l'ecrevisse pallipède (*Austropotamobius pallipes*) dans quatre cours d'eau. *Vie Milieu*. **41** (1): 45-53.

Evoluzione di una popolazione naturale di trota fario *Salmo (trutta) trutta* in un ambiente ritrale appenninico (Rio Torto, Appennino Bolognese)

Paolo Turin^{1*}, Marco Rizzoli², Maria Fabiana Bilò¹, Rosanna Falconi³, Francesco Zaccanti³

1 Bioprogramm s.c.r.l., Via Jappelli 9 (c.p. 612) – 35131 Padova; www.bioprogramm.it

2 Provincia di Bologna – Uff. Tutela e Sviluppo Fauna, via Malvasia 4 - 40123 Bologna

3 Università di Bologna - Dipartimento di Biologia, via Selmi 3 - 40126 Bologna

** Referente per la corrispondenza: fax 049 8805544; bioprogramm@iol.it*

Riassunto

Una serie di indagini quantitative è stata condotta nel corso del quadriennio 1995-1998 per verificare l'evoluzione nel tempo della popolazione naturale di trota fario del rio Torto, piccolo corso d'acqua che nasce dalle pendici del monte Scoperta (1.273 m s.l.m.) nell'Appennino Bolognese. La zona in studio, localizzata all'interno di una vasta area di proprietà dell'ENEA, è chiusa alla pesca ed a qualsiasi tipo di immissione e/o ripopolamento da circa 20 anni. La ricerca ha consentito di determinare la variazione, in condizioni di assoluta naturalità, dei principali parametri demografici (densità, biomassa, produzione, mortalità) che regolano la dinamica di una popolazione di trota fario *Salmo (trutta) trutta*, unica specie presente in questo corso d'acqua.

Lo studio ha permesso di verificare, nell'arco del quadriennio, significative fluttuazioni dei parametri indagati con variazioni particolarmente consistenti dei valori di biomassa totale, variata fra 4,96 e 22,01 g/m², e di densità, variata fra 0,125 e 0,37 ind/m². La produzione è variata da un massimo di 12,72 ad un minimo di 2,8 g/m²/anno. Interessante anche il dato sul tasso di immigrazione ed emigrazione nel settore studiato che ha evidenziato come, nell'arco di un solo anno, sia avvenuto un ricambio del 95 % dei soggetti presenti.

I dati emersi inducono quindi ad una riflessione sulla forte variabilità e, conseguentemente, sull'effettiva significatività dei dati raccolti nel corso di singole campagne di campionamento ittico.

PAROLE CHIAVE: *Salmo (trutta) trutta* / densità / biomassa / crescita / produzione

Evolution of natural population of brown trout *Salmo (trutta) trutta* in a chalk stream of Appennines mountain (Rio Torto, Bologna province; Italy)

Rio Torto is a little chalk stream rising from Scoperta hill (1,273 m s.l.m.) in the Appennines mountains (Bologna province, Italy); in this site fishing and restocking have been forbidden since 20 years ago. From May 1995 to May 1998 a research was carried out to determine the variation of main parameters (density, biomass, production, growth, mortality) which determine population dynamics of brown trout *Salmo (trutta) trutta*, the only fish living in this stream. In this period the biomass ranged from 4.96 to 22.01 g/m², population density varied from 0.125 to 0.37 trout/m², annual production ranged from 12.72 g/m²/year. The migration/immigration rate was very high: 95% of marked specimens migrated out from the sampling area.

The research suggested, at least, the evidence of a great variability of analyzed demographic parameters and, consequently, the little significance of single sampling collected data.

KEY WORDS: *Salmo (trutta) trutta* / density / biomass / growth / production

INTRODUZIONE

Il rio Torto è un piccolo corso d'acqua che nasce dalle pendici del monte Scoperta (1.273 m s.l.m.) nell'Appennino Bolognese; dopo un breve percorso (2,5 km) si immette nel bacino artificiale di Brasimone ad una altitudine di 845 m; il bacino imbrifero sotteso ha una superficie di 2,3 Km² circa.

Il corso scorre quasi interamente all'interno di una vasta area di proprietà dell'ENEA, preclusa all'accesso

di persone esterne; di conseguenza da circa 20 anni è vietata la pesca in questo corso d'acqua e conseguentemente è stato annullato ogni tipo di ripopolamento ittico

In questo ambiente è stata condotta una ricerca, durata oltre 3 anni (maggio 1995-novembre 1998), tesa a determinare la variazione dei principali parametri (densità, biomassa, produzione, accrescimento,

mortalità) che regolano la dinamica di una popolazione selvatica di trota fario, *Salmo (trutta) trutta*.

La stazione di campionamento è posizionata nel tratto terminale del corso d'acqua, circa 500 m a monte della confluenza nel lago di Brasimone; la rimonta di pesci dal lago è resa impossibile dalla presenza di briglie insormontabili a valle del punto di campionamento.

Nel tratto esaminato l'alveo misura mediamente 3,4 m (intervallo 1,4-4,5 m) con una profondità media di 15 cm (intervallo 5-40 cm) ed è costituito principalmente da massi (88%), ciottoli (9%) e da ghiaia (3%). La portata media è di circa 250 L/s; raschi (45%) e correntini (48%) sono le tipologie dominanti, poche le zone a pozza (7%); la pendenza media del settore è 5,3%.

Una ombreggiatura quasi totale dell'alveo è garantita dalla presenza lungo le rive di una ricca area boscosa a faggetta. I dati preliminari della ricerca sono già stati oggetto di una precedente pubblicazione (TURIN *et al.*, 1996).

MATERIALI E METODI

Nel corso dello studio sono stati eseguiti 6 campionamenti quantitativi nella stessa sezione (lunghezza 68 m, area 233 m²). I saggi sono stati effettuati utilizzando costantemente la stessa metodologia di cattura: il campionamento è avvenuto mediante pesca con uno storditore elettrico a corrente continua pulsata e voltaggio modulabile (0,3-3 Ampere, 150-400 Volt). Per ogni individuo catturato sono stati rilevati la lunghezza totale (± 1 mm) e il peso (± 1 g).

La distribuzione degli individui nelle varie classi di età è stata ottenuta dall'analisi delle frequenze di lunghezza del campione in esame e confermata mediante

analisi scalimetrica e/o di opercoli prelevati da individui catturati in sezioni di fiume immediatamente adiacenti all'area di studio (BAGENAL e TESCH, 1978). La stima della densità di popolazione è stata ottenuta tramite il metodo dei passaggi ripetuti (ZIPPIN, 1958); nei campionamenti primaverili la stima di densità non comprende gli avannotti (classe 0+), che non sono stati raccolti. Si è optato per tale scelta in quanto nel mese di maggio, in questo sito, gli individui hanno dimensioni troppo piccole (2,5-3 cm circa) sia per essere efficacemente catturati dall'elettrostorditore sia per essere maneggiati per le misurazioni senza rischio di comprometterne la sopravvivenza. Il calcolo della produzione è stato ottenuto secondo RICKER (1975), con la produzione P stimata come: $P = G \cdot B_m$ dove G è il tasso di accrescimento istantaneo e B_m la biomassa media.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati ottenuti vengono, per comodità, di seguito riportati per punti sintetici.

Densità e biomassa

Nel corso dell'indagine la densità e la biomassa totale sono state oggetto di notevoli fluttuazioni. I valori di biomassa totale sono variati fra 4,96 e 22,01 g/m² mentre la densità è variata fra 0,125 e 0,37 ind/m². I risultati sono riportati graficamente nelle figure 1 e 2.

Il dato saliente che emerge è, nel periodo indagato, la forte contrazione della popolazione. In termini di struttura, la popolazione è risultata composta di 6 classi di età (dalla 0+ alla 5+), con nettissima dominanza degli individui appartenenti alle prime 3 classi di età (0+-2+) con valori superiori all'80% delle presenze totali rilevate.

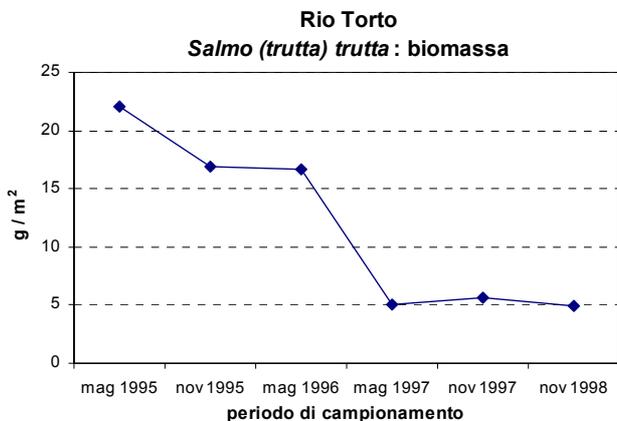


Fig. 1. Variazione dei valori di biomassa stimata di *Salmo (t.) trutta*

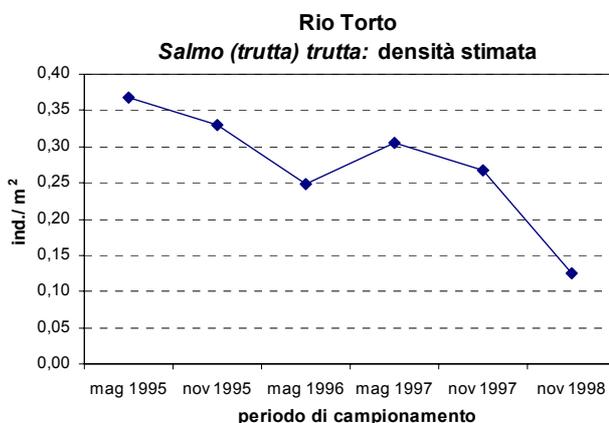


Fig. 2. Variazione dei valori di densità stimata di *Salmo (t.) trutta*

Produzione

I valori di produzione, essendo legati ai due precedenti parametri, sono ovviamente anch'essi significativamente variati nel periodo di studio con valori stimati compresi fra un massimo di 11,7 ed un minimo di 2,8 g/m²/anno. I risultati sono riportati graficamente nella figura 3.

Il dato relativo alla mortalità istantanea è invece riportato nella figura 4: il valore di Z è variato da un minimo di 3,8 ad un massimo 10,5.

Migrazione ed emigrazione

Il dato relativo alla migrazione ed emigrazione di individui nel settore di studio è stato ottenuto mediante marcatura di tutti gli individui catturati dalla classe 1+ in su. La marcatura è avvenuta tramite Punject con uso di inchiostro vitale (Alcian blue). Il dato che emerge è di estremo interesse ed indica come oltre il 90% dei soggetti marcati si sia spostato dal settore di

studio (Fig. 5). In merito a tale dato, comunque, è bene ricordare che potrebbe avere inciso la presenza di briglie insormontabili nel tratto a valle della stazione che rende impossibile la risalita dei soggetti spostatisi a valle nel corso degli episodi di piena.

CONCLUSIONI

Lo studio ha permesso di verificare, nell'arco del quadriennio di indagine, significative fluttuazioni dei parametri indagati con variazioni particolarmente consistenti in termini di biomassa e densità.

Il dato sul tasso di immigrazione ed emigrazione nel settore studiato risulta estremamente interessante ed ha evidenziato come, nell'arco di un solo anno, sia avvenuto un ricambio di oltre il 90% dei soggetti adulti e sub-adulti presenti, confermando quanto già in parte emerso nel corso degli studi preliminari condotti in questa stazione (TURIN *et al.*, 1996).

Il forte rinnovamento della popolazione studiata, determinato dalla ricolonizzazione del settore ad opera di individui giovani provenienti dalle sole aree più a monte, considerata l'impossibilità fisica della rimonta da valle, e comunque è un fenomeno abbastanza comune in popolazioni naturali di *Salmo trutta* (MILLNER *et al.*, 1978, 1979) e costituisce in molti casi un meccanismo che permette di ottimizzare l'utilizzo degli habitat disponibili lungo il corso d'acqua. Nel nostro caso di studio, a differenza di quanto rilevato da MORTENSEN (1982) questo fenomeno di drift di individui non è riuscito a riportare su densità ottimali il settore di saggio dove, evidentemente, il successo riproduttivo ed il successivo reclutamento di individui delle classi 1997 e 1998 era risultato decisamente modesto.

Questi dati che emergono dalla ricerca, caratterizzati da una dinamica di popolazione soggetta a forti

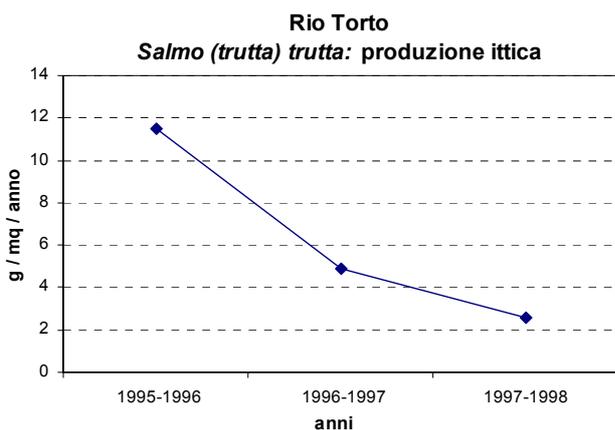


Fig. 3. Variazione dei valori di produzione stimata di *Salmo (t.) trutta*

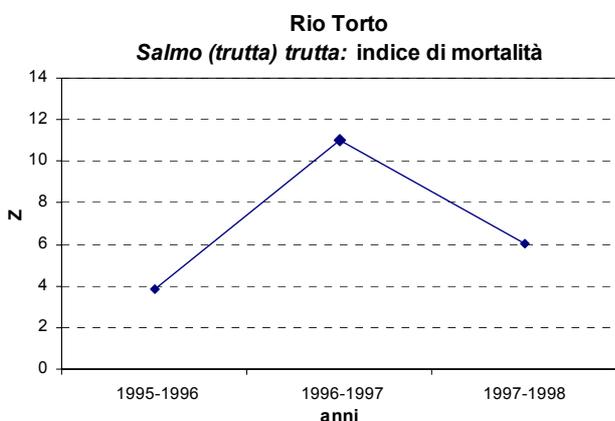


Fig. 4. Variazione dei valori del tasso di mortalità stimata di *Salmo (t.) trutta*

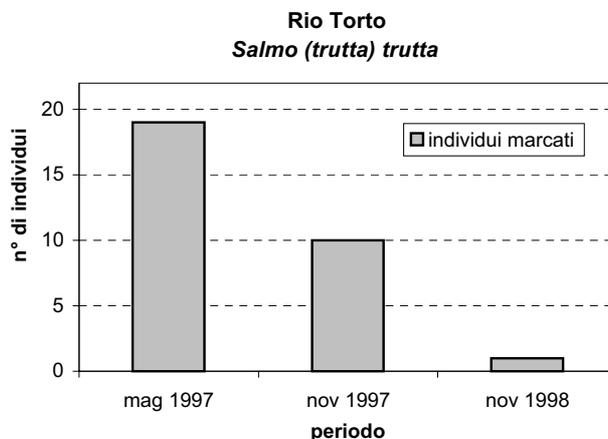


Fig. 5. Variazione del numero di individui marcati di *Salmo (trutta) trutta* presenti nell'area di studio.

variazioni naturali, inducono ad una riflessione sulla effettiva significatività e valore nel tempo dei dati raccolti nel corso delle singole campagne di campionamento ittico, soprattutto se utilizzati in termini di programmazione faunistica.

Appare quindi evidente come una seria attività di studio, propedeutica ad una corretta gestione ittica, dovrebbe basarsi necessariamente su piani che consentano di raccogliere dati distribuiti nel tempo, perlomeno per i siti di maggiore importanza ittologica.

BIBLIOGRAFIA

- BAGENAL T., TESCH F.W., 1978. Age & growth. In *Methods for assessment of fish production in freshwaters*, III ed. Blackwell Scientific Publications.
- MARCONATO A., 1990. Calcolo della produzione ittica in popolazioni naturali. *Rivista di Idrobiologia*, **XXIX**: 329-341.
- MILLNER, N.J., A.S. GEE, R.J. HEMSWORTH, 1978. The production of brown trout, *Salmo trutta*, in tributaries of the Upper Wye, Wales. *Journal Fish. Biol.*, **13**: 599-612
- MILLNER, N.J., A.S. GEE, R.J. HEMSWORTH, 1979. Recruitment and turn over of population of brown trout, *Salmo trutta*, in the Upper river Wye, Wales. *Journal Fish. Biol.*, **15**: 211-222.
- MORTENSEN E., 1982. Production of trout, *Salmo trutta*, in a danish stream. *Env. Biol. Fish.* Vol 7, n. 4: 349-356.
- RICKER W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, **191**, 382 pp.
- TURIN P., ZANETTI M., LORO R., BILÒ M.F., 1995. *Carta Ittica della Provincia di Padova*. Provincia di Padova, 400 pp.
- TURIN P., RIZZOLI M., BILÒ M.F., ZACCANTI F., 1996. Dinamica di popolazione di *Salmo (trutta) trutta* in un ambiente ritrale dell'appennino bolognese. *Atti VI° Convegno AIAD*, Ed. Regione Liguria – Provincia di Genova: 397-402
- ZIPPIN C., 1958. The removal method of population estimation. *Journal of Wildlife Management* **22**: 82 - 90.

Indagine ricognitiva di acque vocate per il reinserimento della popolazione autoctona minacciata di *Esox lucius* L. nel bacino del Massaciuccoli[§]

Paolo Ercolini^{1*}, Gianluigi Alessio²

¹ Ittiologo, via di Coli e Spezi 2653/b, Piano del Quercione - 55054 Massarosa (LU)

² Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale dell'Università, Parco Area delle Scienze 11/A - 43100 Parma

* Referente per la corrispondenza: paoler@tin.it

§ Ricerche promosse e finanziate da Comune di Massarosa, Provincia di Lucca e Regione Toscana.

Riassunto

A partire dall'inizio del 1999 su diverse acque del bacino del Massaciuccoli sono state avviate indagini tese ad evidenziare e caratterizzare i biotopi tuttora idonei o comunque recuperabili per il reinserimento della specie *Esox lucius* L., attualmente in fase di grave contrazione su tutto il territorio. Sono stati esaminati nove corpi idrici (canali o fossi, ad acque alte o basse) ricadenti nella competenza del Comune di Massarosa.

In particolare sono state eseguite, in tempi prestabiliti, le seguenti determinazioni fisico-chimiche: temperatura, O₂ disciolto, ammoniaca, pH. I rilevamenti biologici hanno invece riguardato le comunità zooplanctonica e macrobentonica ed, infine, sono stati effettuati mappaggi biologici con il metodo I.B.E.. A tali dati sono stati affiancati ripetuti rilevamenti sulle macrofite sommerse ed emergenti e sul loro sviluppo stagionale. A seguito dei risultati ottenuti sono stati individuati tre fossi (Sasso, Montramito, Quiesa) come convenientemente idonei al reinserimento del luccio e due (Brentino, Bresciani) come mediamente idonei ovvero recuperabili. Infine sono fornite precise indicazioni ai fini di una oculata gestione naturalistica e per appropriati interventi di riadattamento ambientale che favoriscano la ricolonizzazione dell'esocidi nel territorio.

PAROLE CHIAVE: Luccio / popolazione endemica / acque vocate

Cognitive research about vicated waters for reintroduction of the menaced autochthonal population of *Esox lucius* L. in the basin of Massaciuccoli (Italy)

From the beginning of 1999 we started some researches on several waters of Massaciuccoli's basin aimed to emphasize and characterize still suitable or however recoverable habitat for the reintroduction of the *Esox lucius* L., actually in a serious reduction phase all over the land. We tested 9 water collections (canals or ditches, with deep or shallow waters) under the jurisdiction of the town of Massarosa. We particularly performed the following physico-chemical determinations at the appointed time: T (C°); dissolved O₂ (mg/L), ammonia (mg/L), pH. The biological observations looked on the zooplanktonical and macrobentonical communities instead, and we performed at least a biological map-making using the I.B.E. method. We supported those data with repeated surveyings of submerged and emergent macrophytes and about their seasonal development. As a consequence of the results we located 3 ditches (Sasso, Montramito, Quiesa) as properly qualified for reintroduction of pike and 2 ditches as medium qualified or recoverable (Brentino, Bresciani). We finally supplied accurate instructions in order to a careful naturalistic management and suitable interventions of environment readaptation that assist the recolonization of esocids in the land.

KEY WORDS: Pike / endemic population / suitable water

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni la specie *Esox lucius* L. è risultata minacciata in molti territori originari e sempre più relegata ad ambienti circoscritti. Ciò anche a seguito di numerosi interventi di pulizia degli argini e degli alvei che, spesso, comportano la frequente asportazione di materiale vegetale costituito principalmente dalle macrofite acquatiche, con l'inevitabile scomparsa del na-

turale substrato di deposizione, di rifugio e di caccia del luccio. Infatti lo sviluppo delle uova, la protezione e l'alimentazione delle larve e, di seguito, degli avannotti, dipende proprio dalla presenza di macrofite (KAHL, 1963; GREGORY e POWLESS, 1988; CONROW *et al.*, 1990).

Anche sul territorio del Comune di Massarosa il

lucio ha pesantemente risentito di frequenti situazioni di inquinamento. La zona, infatti, nel corso degli anni è andata incontro a notevoli mutamenti che hanno alterato vasti territori umidi e modificato la qualità delle acque. Per l'intensificarsi delle attività produttive è stato inoltre necessario procedere ad opere di bonifica sempre più complesse, che hanno inciso negativamente, talvolta, sugli ambienti residui. Fino alla prima metà del 1900, la popolazione degli esocidi viveva e si distribuiva ampiamente in tutte le acque del bacino del Massaciuccoli (BRUNELLI e CANNICCI, 1942; PEDRESCHI, 1956).

La sua contrazione, accertata sul territorio da ALESSIO *et al.* (1997), è imputabile a varie cause, ivi comprese le alterate condizioni verificatesi negli ultimi anni a carico delle acque di fossi, canali e bacini del territorio versiliese (BALDACCINI *et al.*, 1997).

Risulta dunque fondamentale il ripristino e la tutela

dell'esocide nel comprensorio idrico del Lago di Massaciuccoli, poiché l'attività predatoria della specie, al vertice della piramide produttiva ambientale (NADAUD, 1955; GHITTINO, 1969; HUET, 1970), costituisce uno dei cardini fondamentali per il mantenimento dell'equilibrio naturale dell'ecosistema.

Questa indagine è stata effettuata mediante campionamenti in acque di fossi e canali presenti nel territorio del Comune di Massarosa (LU), al fine di monitorare e controllare la popolazione di lucci attualmente ancora presente, per il recupero della specie. Lo scopo prioritario è stato di evidenziare e valutare le possibilità di reinserimento, adattamento e ripristino degli esocidi.

MATERIALI E METODI

L'indagine è stata avviata all'inizio del 1999, con l'esame di nove principali fossi e canali del territorio che fino ad un recente passato risultavano habitat



Fig. 1. Corpi idrici analizzati nel territorio di Massarosa ai fini del reinserimento del luccio.

idei per il luccio, qui di seguito riportati (Fig. 1):

1. Fosso Sasso
2. Fosso Brentino
3. Canale Pioppo Gatto
4. Fosso delle Pompe
5. Fosso presso cava della fornace
6. Fosso strada "viciniale" della pieve
7. Fosso Bresciani
8. Fosso di uscita del Laghetto di Montramito
9. Fosso Rio di "Quiesa"

Gli ambienti monitorati presentano argini con altezza variabile in media tra i 30 e i 60 cm dal pelo d'acqua a regime normale; una morfologia regolare e sagomata, sponde ripide e substrato prevalentemente fangoso, torboso o ghiaioso. Il deflusso idrico è generalmente lento, fatta eccezione per quelli le cui acque fruiscono di apporto da sorgenti (CORTOPASSI, 1999). Tali ambienti risultano dunque modificati dall'attività antropica, ivi compresa la realizzazione delle bonifiche. Tali corsi d'acqua vengono definiti ad acque basse, quando

il deflusso è gestito a mezzo di pompe idrovore e acque alte, quando scorre verso il mare per gravità.

Il profilo ambientale di ciascun canale è dettagliato nella tabella I.

Sulle acque in esame si è proceduto al rilevamento dei principali parametri fisici (Temperatura) e chimici (O₂ disciolto; salinità; NH₃; pH). In parallelo sono stati effettuati campionamenti zooplanctonici e macrobentonici, facendo ricorso alle metodologie di seguito descritte. Lo zooplancton è stato raccolto con idoneo retino a maglie di 250 µm e conservato in formalina al 4%.

In laboratorio mediante l'analisi di sottocampioni di 1/100 di mL di campione originario si è proceduto alla identificazione delle specie repertate. In totale sono stati esaminati 72 campioni, così da rilevare l'andamento temporale dei principali gruppi zooplanctonici. Per la valutazione delle Classi di Qualità dei corpi idrici, si è applicato sul campo il metodo dell'Indice Biotico Esteso (I.B.E.) (GHETTI, 1997), utilizzando un retino a

Tab. I. Caratteristiche degli ambienti esaminati.

Corpo idrico	Tipo di canale	Largh. (m)	Prof. (cm)	Substrato	Origine delle acque	Flusso idrico e trasparenza	Presenza di macrofite	Rinvenim. luccio ^(*)
1	Acque basse	1,20	30	Torba	Drenaggio	Lento. Acque limpide	Contenuta	No
2	Acque basse	3	60	Torba e ciottoli	Risorgive	Lento. Acque limpide	Rigogliosa ed ampia. <i>Potamogeton crispus</i> L. <i>Potamogeton natans</i> L. <i>Callitriche</i> sp. <i>Elodea canadensis</i> L.	Sì
3	Acque basse	4	40	Torba	Drenaggio	Lento. Acque torbide	Assente	No
4	Acque basse	2,50	60	Torba	Drenaggio Soggetto ad ingres- sione salina	Moderato. Acque torbide	Assente	No
5	Acque basse	6,40	60	Torba	Drenaggio. Soggetto ad ingres- sione salina	Lento. Acque torbide	Scarsa	No
6	Acque basse	3	60	Torba	Drenaggio. Soggetto ad ingres- sione salina	Moderato. Acque torbide	Assente	No
7	Acque basse	4	30	Torba e limo	Risorgiva	Lento. Acque per lo più trasparenti	Ricca <i>Elodea canadensis</i> L.	Sì
8	Acque basse	3,40	100	Torba e ghiaia	Risorgiva	Veloce. Acque limpide	Abbondante e rigogliosa. <i>Potamogeton coloratus</i> L. <i>Potamogeton pectinata</i> L.	No
9	Acque alte	2	30	Ciottoli e ghiaia	Sorgente	Uniforme e moderato. Acque limpide	Ricca <i>Myriophyllum</i> sp.	No

(*) allo stadio di uova o larve

maglie di 600 μm per la cattura della componente macrobentonica.

RISULTATI

Nella figura 2 è riportato l'andamento termico annuale di ciascun corpo idrico.

Nella figura 3 sono evidenziate le variazioni dell'ossigeno disciolto per tutto il periodo di ricerca.

Nella figura 4 è rapportato l'andamento della salinità delle acque durante il corso delle indagini.

Nella figura 5 sono riferiti i valori di concentrazione dell'ammoniaca registrati nel corso dell'indagine.

Nella tabella II sono riportati, per ogni singolo corso d'acqua in esame, il valore medio annuale del pH ed altresì la Classe di Qualità risultante dal metodo I.B.E.

Le principali componenti biotiche (Cladoceri, Cope-

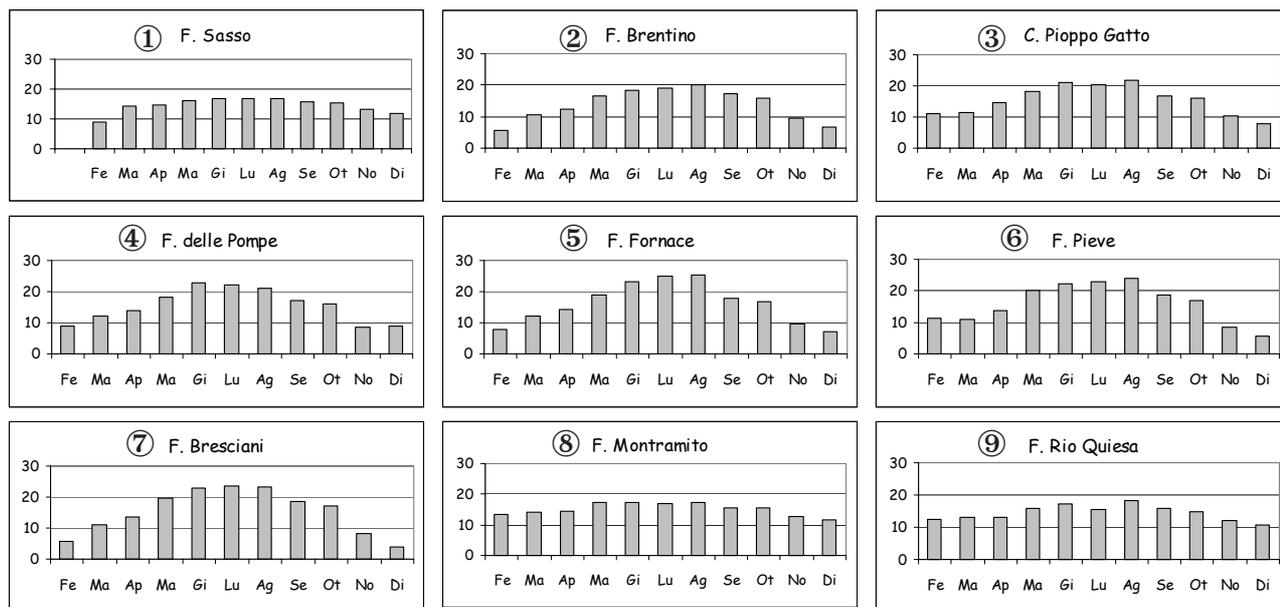


Fig. 2. Andamento delle temperature (°C) registrate nel corso dell'anno di indagine distintamente per ciascun corpo idrico.

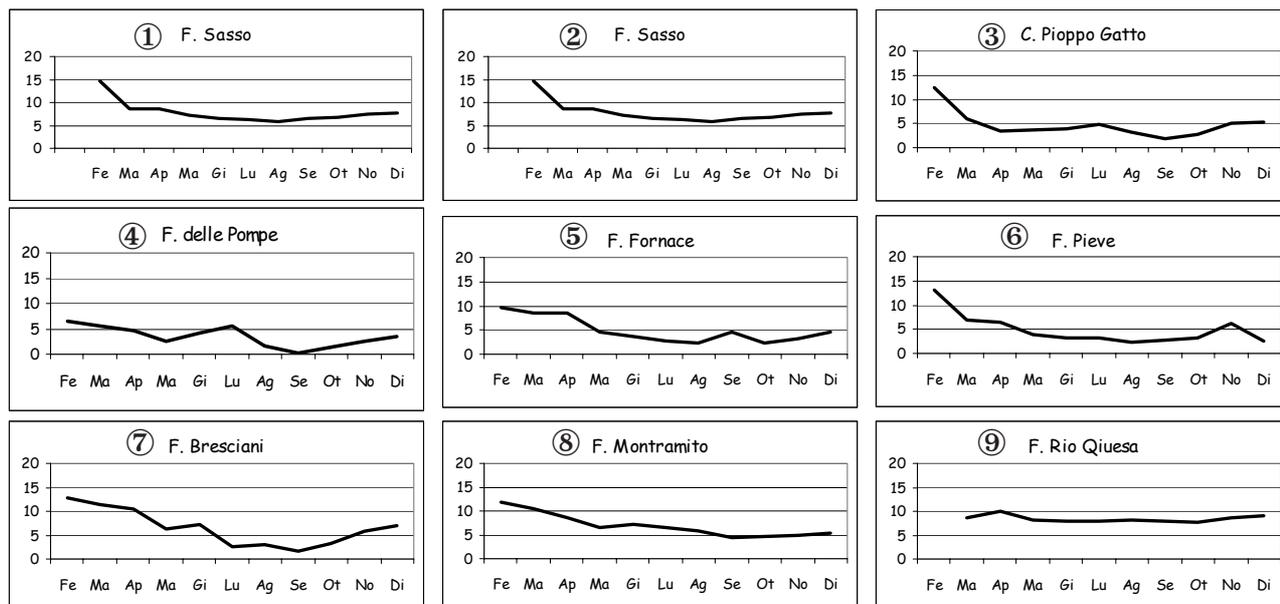


Fig. 3. Valori dell'Ossigeno Disciolto (mg/L) registrati nel corso delle indagini.

podì e Rotiferi) presenti nei vari corsi d'acqua analizzati sono riferite, quanto a frequenza di ciascun gruppo, nella tabella III.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La presente indagine costituisce il supporto fondamentale per future attività di ricerca e di intervento, che dovranno fornire gli strumenti applicativi e gestio-

nali di base per la tutela del luccio. Infatti i dati ottenuti hanno permesso di delineare, rispettivamente per ogni tipo di corpo idrico e per ciascun parametro, l'andamento e l'evoluzione temporale nel corso delle stagioni, consentendo, peraltro, di tracciare il profilo ecologico e biologico di ogni singolo corso d'acqua.

Circa il profilo termico, si osserva che i corpi idrici soggetti all'influenza delle sorgenti (n. 1, 2, 8 e 9), si

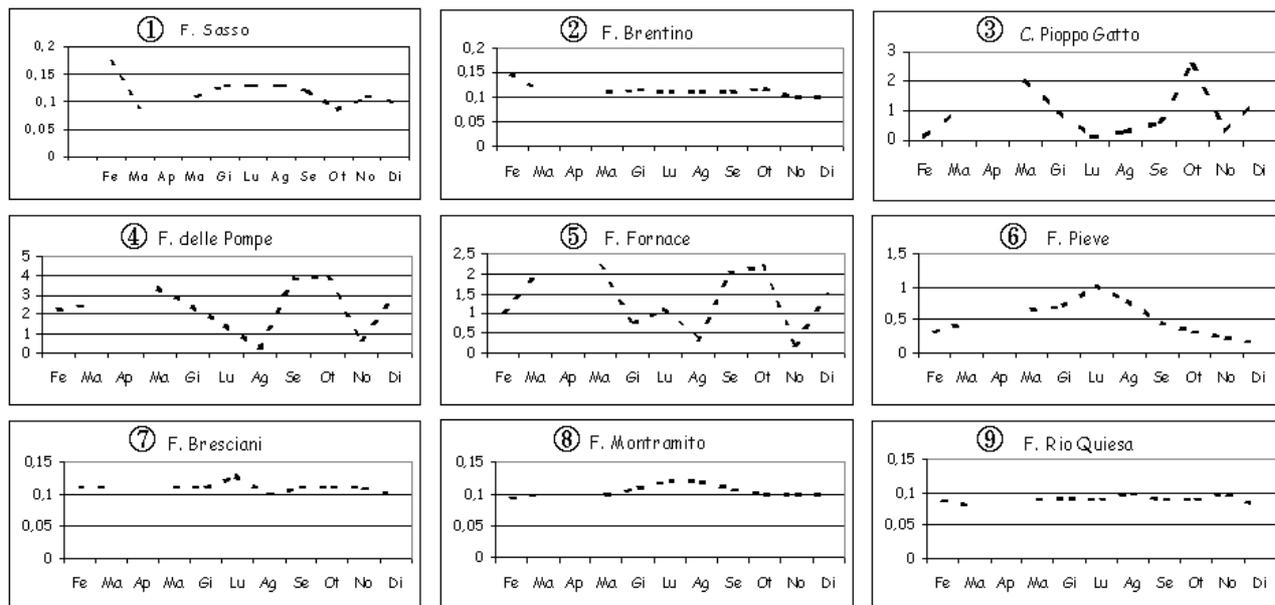


Fig. 4. Andamento della salinità (%) registrata nel corso dell'anno di indagine.

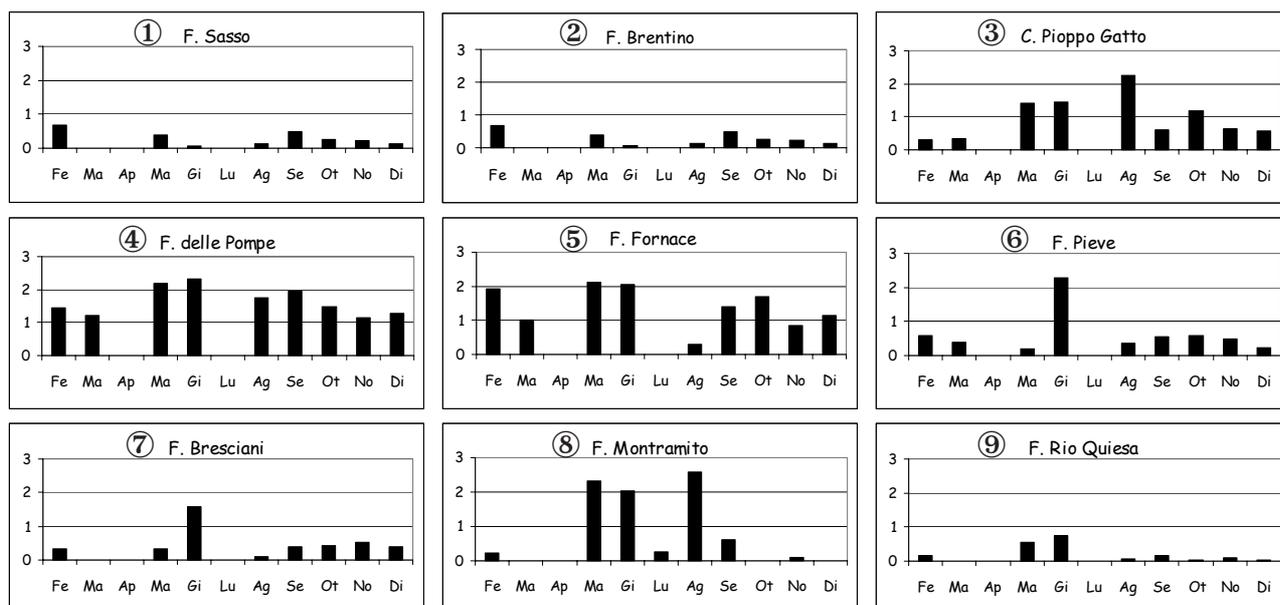


Fig. 5. Andamento della concentrazione di NH₃ (mg/L) nel corso dell'indagine.

sono mantenuti intorno ai 10-15 °C, rispetto ai valori registrati per gli altri corsi (n. 3, 4, 5, 6 e 7), in cui si sono toccati i 20 °C.

Situazione analoga si è riscontrata per quanto riguarda le concentrazioni di ossigeno disciolto: nei corpi idrici alimentati da sorgenti (n. 1, 2, 8, 9) i valori osservati si sono sempre mantenuti a livelli superiori ai 5 mg/L.

Il fenomeno della salinizzazione è particolarmente evidente nelle aree esposte ad attività agricola (corpi idrici n. 3, 4, 5 e 6) e comunque non favorite da apporti di risorgive.

Per quanto riguarda i dati relativi alla concentrazione di ammoniaca, si sono registrati valori compresi tra 0,1 e 0,5 mg/L per i corpi idrici n. 1, 2, 7 e 9; mentre per gli altri (n. 3, 4, 5 e 6), soggetti ad influenza dell'attività agricola, i valori sono oscillati in media tra gli 1 e i 2 mg/L. Un caso particolare è dato dalla stazione n. 8, dove questo parametro presenta ampie oscillazioni dei valori, verosimilmente imputabili alla presenza di un laghetto di pesca sportiva alle origini della risorgiva.

Tab. II. Valore medio del pH e Classe di Qualità attribuita a ciascun corso d'acqua.

Corpo idrico	pH	Classe di Qualità (I.B.E)
1	6,9	
2	6,9	III
3	6,7	
4	6,6	V
5	6,7	V
6	6,4	
7	6,5	IV
8	6,8	IV
9	7,3	IV

Tab. III. Frequenze relative dei principali gruppi zooplanctonici individuati nel corso dell'indagine relativamente ai singoli corpi idrici.

Corpi idrici	Cladoceri	Copepodi ciclopoidei	Rotiferi
1	*	*	*
2		*	**
3	*	*	*
4	**	*	*
5	**	*	*
6	*	*	*
7	**	*	*
8		*	*
9	*	*	*

* scarsi;

** abbondanti

Il valore medio annuale del pH per ogni singolo ambiente in esame è risultato compreso tra 6,4 e 7,3.

Circa le componenti zooplanctoniche si è registrata la presenza dei principali gruppi in tutti gli ambienti. I valori delle Classi di Qualità secondo il metodo I.B.E., hanno per lo più messo in evidenza indici di qualità tipici di ambienti molto alterati, anche se le analisi sul campo spesso sono risultate condizionate dalle frequenti attività di "pulizia" degli alvei effettuate dagli organi preposti. In definitiva, dall'analisi e dai risultati ottenuti, è stato possibile procedere ad un apprezzamento di merito ovvero di interesse naturalistico degli ambienti oggetto d'indagine, con lo scopo di effettuare interventi di gestione per il recupero, la conservazione e la tutela di questi corpi idrici (Tab. IV).

I risultati ottenuti possono contribuire al reinserimento della specie. Secondo le caratteristiche di ciascun corpo idrico, dovrà essere prevista una serie d'interventi di gestione ambientale, i cui punti salienti sono di seguito riportati:

- ripulitura dei tratti iniziali risorgivi con asportazione e allontanamento dei materiali impropri;
- impianto di macrofite sul fondale, a chiazze e ad intervalli irregolari, sufficientemente distanziati;
- programmazione oculata del taglio e dello sfoltimento della vegetazione, sospendendo i lavori in periodo invernale e procrastinando le attività a non prima di metà aprile, così da consentire, dapprima la rimonta indisturbata di esocidi riproduttori, poi lo sviluppo delle uova, delle larve e degli avannotti, con successiva discesa ed irraggiamento nelle aree colonizzabili;
- reintroduzione del luccio e di ittiofauna conveniente, unitamente alle cosiddette "specie foraggio". Ciò mediante la progettazione e la costituzione di un'area di stabulazione e di accrescimento di piccoli di luccio, opportunamente dimensionata in relazione alle necessità di novellame del territorio;
- attività selettiva e di contenimento di specie invasive quali il carassio ed il crostaceo *Procambarus clarkii*, recentemente introdotto (BALDACCINI, 1995; ERCOLINI *et al.*, 1997; GHERARDI *et al.*, 1998);
- scavo degli alvei con asportazione dei depositi torbosi accumulatisi nel tempo;
- controllo dei nutrienti defluiti nelle acque e programmazione di un piano strategico di riduzione degli stessi;
- formulazione ed adozione di un regolamento speciale di pesca e di prelievo, con tassativa clausola *no-kill* per il luccio, sia a livello professionale che dilettantistico;
- controllo delle acque ed individuazione degli sversamenti abusivi di abitazioni o derivanti da attività produttive;

Tab. IV. Valutazione dell'interesse naturalistico e gestionale degli ambienti in studio sul territorio di Massarosa.

Adeguatezza della tipologia delle acque	Interesse naturalistico e gestionale*	Corso d'acqua N.	Corpi idrici presenti nel territorio di Massarosa
Preminentemente idonee	Elevato	—	—
Convenientemente idonee	Buono	1 8 9	Fosso Sasso Fosso uscita lago Montramito Fosso Rio di "Quiesa"
Mediamente idonee	Discreto	2 7	Fosso Brentino Fosso Bresciani
Moderatamente idonee	Contenuto	5	Fosso cava presso fornace
Scarsamente idonee	Marginale o modesto	3 4 6	Fosso Pioppo Gatto Canale delle Pompe Fosso strada "viciniale" della pieve
Inidonee	Basso o nullo (possibile recupero)	—	—

* per il recupero, la conservazione, lo sviluppo e la tutela del luccio

- verifica delle strutture di sbarramento, anche occasionali e provvisorie, ed imposizione sia di rilascio di un "deflusso minimo vitale" sia di adeguato passaggio per i pesci;
- scavo delle scoline, nel loro tratto terminale e di innesto, così da creare fosse a pettine o anse ove il luccio possa trovare sosta e rifugio in occasione del taglio della vegetazione o dei lavori di asportazione dei fanghi;
- eradicazione ed asportazione di gran parte dell'*Elo-dea canadensis* presente in alcuni corpi idrici ed impianto alternativo di altre macrofite autoctone e vicarianti;
- escavazione sperimentale delle cosiddette "trappole per fango", in grado di trattenere non solo i solidi sospesi, ma eventuali idrocarburi.

Gli indirizzi gestionali di massima sopra riportati, finalizzati ad una gestione appropriata dei vari biotopi, dovranno essere programmati con la guida, l'assistenza e la supervisione di personale scientificamente competente. Conseguentemente ciò non deve essere considerato come opera conclusiva, esaustiva e tanto meno risolutiva, ma come strumento iniziale di ripristino di questa importante area umida.

In conclusione, nel territorio di Massarosa, esistono tuttora ambienti acquatici titolati e vocati per il luccio, accanto ad altri che, auspicabilmente, dovrebbero essere recuperati quanto prima. La loro valorizzazione presuppone la messa a punto di un progetto di esocultura mediante riproduzione artificiale o guidata, in grado di soddisfare le carenze di questa specie nel territorio (ERCOLINI *et al.*, 2001).

BIBLIOGRAFIA

ALESSIO G., DUCHI A., BERCELLI M., BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., 1997. Interrelazione tra ittiofauna ed eutrofizzazione nel Lago di Massaciuccoli (Toscana). *Parco Nat. Migliarino-San Rossore-Massariccioli. Doc. Tecn.* **13**: 347-378.

BALDACCINI G.N., 1995. Considerazioni su alcuni macroinvertebrati dell'area umida del Massaciuccoli (Toscana). *Consorzio idraulico di II categoria. Collana di indagini tecniche e scientifiche per una migliore conoscenza del Lago di Massaciuccoli e del suo territorio*, **4**: 91-103.

BALDACCINI G.N., ERCOLINI P., GIANNECCHINI M., 1997. *Qualità biologica delle acque superficiali della Versilia. Il reticolo idrografico dei fossi di bonifica*. ARPAT.

BRUNELLI G., CANNICCI G., 1942. Il Lago di Massaciuccoli. *Boll. Pesca Pisc. Idrobiol. Anno XVI*, **18**: 5-66.

CONROW R., ZALE A.V., GREGORY R.W., 1990. Distributions and abundances of early life stages of fishes in a Florida lake dominated by aquatic macrophytes. *Transactions of the American Fisheries Society*, **119**: 521-528.

CORTOPASSI P., 1999. *Acque salate nella falda superiore della pianura meridionale della Versilia. Cause e diffusione dei fenomeni d'ingressione marina nelle acque di falda*. Comune di Massarosa, 39 pp.

ERCOLINI P., BALDACCINI G.N., MATTIOLI M., 1997. *Procamburus clarkii* nel Lago di Massaciuccoli: una specie esotica infestante o una risorsa da sfruttare? In: G.N. Baldaccini e G. Sansoni (eds.), *I biologi e l'ambiente oltre il 2000*. CISBA:

- 551-555.
- ERCOLINI P., ALESSIO G., BIANUCCI P., BERTOLUCCI A., 2001. Interventi preliminari per la riproduzione guidata del luccio, *Esox lucius*, L. a scopo di recupero della popolazione autoctona nel comprensorio del Lago di Massaciuccoli (Toscana, Italia). *Quaderni ETP*, **30**: 179-185.
- GHERARDI F., BALDACCINI G.N., BARBARESI S., ERCOLINI P., DE LUISE G., MAZZONI D., MORI M., 1998. Alien crayfish in Europe: the situation of Italy. Crustacean Issues. In: Francesca Gherardi & David Holdich. (eds.) A.A. Balkema/Rotterdam/Brookfield: 107-128.
- GHETTI P.F., 1997. *Indice Biotico Esteso (I.B.E.). I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Manuale di applicazione*. Provincia Autonoma di Trento, Agenzia Provinciale per la Protezione dell' Ambiente, 222 pp.
- GHITTINO P., 1969. *Piscicoltura e ittiopatologia*. Ed. Riv. Zootecnica, Torino, 334 pp.
- GREGORY R.S., POWLES P.M., 1988. Relative selectivities of Miller high-speed samplers and light traps for collecting ichthyoplankton. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **45**: 993-996.
- HUET M., 1970. *Traité de pisciculture*. In: C.H. De Wyngaert (eds.), Bruxelles, 718 pp.
- KAHL M.P. Jr., 1963. Techniques for sampling population density of small, shallows-waters fish. *Limnology and Oceanography*, **8**: 302-304.
- NADAUD J., 1955. *La pêche*. In: Larousse (eds.), Paris, 576 pp.
- PEDRESCHI L., 1956. Il Lago di Massaciuccoli e il suo territorio. *Mem. Soc. Geogr. Ital.*, **22**: 1-225.

Variazione della struttura, della densità e della biomassa in due popolazioni di trota fario, *Salmo (trutta) trutta*, in zone regolamentate a regime speciale di pesca (ZRSP)

PierPaolo Gibertoni¹*, Federico Ielli²

¹ Veterinario Ittiologo - Via Porali 1/a - 42037 Collagna (RE)

² Consulente Ittiologo della Provincia di Reggio Emilia. Ufficio Pesca, Via Gorizia 49 - 42100 Reggio Emilia

* Referente per la corrispondenza: fax 0522 897110; p.gibertoni@libero.it

Riassunto

In alcuni corsi d'acqua di categoria "D" (Zona omogenea per la gestione di salmonidi e timallidi, in particolare trota fario e temolo, da L.R. 11/93 – Art. 8 della Regione Emilia-Romagna) della Provincia di Reggio Emilia sono state istituite da alcuni anni "Zone a Regime Speciale di Pesca (ZRSP)", nelle quali vengono applicate norme più restrittive rispetto a quelle normalmente vigenti. In particolare, nelle ZRSP del Torrente Ozola e del Torrente Riarbero (affluenti di destra del Fiume Secchia) è possibile prelevare giornalmente non più di tre soggetti di trota fario, *Salmo (trutta) trutta*, di misura non inferiore a 24 cm di lunghezza totale. Tale provvedimento, in via di progressiva estensione ad altri corsi d'acqua di elevata qualità ambientale, è soprattutto finalizzato alla tutela delle residue popolazioni naturali di trota fario di presunto "ceppo mediterraneo". Dai dati emersi in occasione dei campionamenti effettuati in questi corsi d'acqua per la realizzazione della Carta Ittica Regionale si era già evidenziato un notevole miglioramento sia nella struttura che nelle densità e nelle biomasse medie delle popolazioni dei salmonidi presenti, rispetto a quando negli stessi non esisteva la ZRSP. Da questo studio si è parimenti osservato, mediante più recenti campionamenti effettuati con pesca elettrica, che la situazione è migliorata anche sotto l'aspetto della quantità dei soggetti con fenotipo riconducibile a quello delle popolazioni mediterranee della trota fario. Ciò grazie anche ad interventi mirati alla reintroduzione, in aree di particolare tutela, esclusivamente del novellame di trota fario prodotto dagli incubatoi provinciali dalla spremitura di riproduttori selvatici. In tale ottica ben si presta una moderna e razionale gestione delle risorse alieutiche, finalizzata ad un razionale prelievo ed al mantenimento dei ceppi autoctoni.

PAROLE CHIAVE: trota fario / zona a regime speciale di pesca / censimenti ittiofaunistici / dinamica di popolazione

Variations in the structure, density and biomass of two populations of brown trout, *Salmo (trutta) trutta*, in areas under special fishing regulation (ZRSP)

In some "D" category watercourses of the Province of Reggio Emilia (homogeneous area for salmonoids and thymallids, brown trout and grayling in particular, Regional Law 11/93 – Art.8 of Emilia Romagna Region) "Special Fishing Regulation Areas(ZRSP)" have been created in the past few years. In these areas much more strict regulations are applied if compared to the general law in force. In particular, in the ZRSPs of the stream Ozola and of the stream Riarbero (right affluents of the river Secchia) it is possible to capture no more than 3 brown trout, *Salmo (trutta) trutta*, and the minimum total length of each fish must be 24 cm. These measures are being progressively extended even to other watercourses of high environmental quality first of all aim at protecting the remaining natural populations of brown trout of presumed "Mediterranean stock". The data collected from the sampling carried out in these watercourses to create a Regional Ichthyic Map had already shown a remarkable improvement both in the structure, in the density and in the average biomasses of the present salmonoid populations if compared with the results obtained when only the general Regional regulations were in force in the same areas before the creation of ZRSPs. Through more recent sampling carried out by electric fishing it has also been noticed that the situation has improved even as regards the quantity of subjects with a phenotype referable to the one belonging to the Mediterranean populations of brown trout. This result has been achieved thanks to interventions aiming at reintroducing exclusively the brown trout fingerlings obtained from the artificial insemination of wild breeders in the Provincial hatchery in specially protected areas.

To this purpose it is important to maintain a modern and rational management of the fishing resources in order to carry out rational sampling and preserve autochthonous stocks.

KEY WORDS: brown trout / special fishing regulation areas / fish community / dynamic of population

INTRODUZIONE

L'attività gestionale delle acque vocate a salmonidi è caratterizzata dalla difficoltà di conciliare le finalità di conservazione biologica delle specie autoctone con le aspettative del mondo alieutico; vanno inoltre considerate le pressioni politiche a cui i "gestori", siano essi pubblici o privati, sono sottoposti. Le recenti acquisizioni in materia di riconoscimento ed individuazione di fauna ittica autoctona in alcuni corsi d'acqua appenninici, quali le trote fario di "ceppo mediterraneo", rendono ancora più complessa l'attività gestionale, specie quando questa è incentrata sulle immissioni di salmonidi provenienti da impianti zootecnici intensivi.

In particolare, l'introduzione di trote fario di "ceppo atlantico" nei corsi d'acqua appenninici, tramite la pratica dei ripopolamenti effettuati con materiale ittico proveniente da peschicoltura intensive, ha originato una progressiva contrazione delle popolazioni indigene, anche a causa di fenomeni di introgresione genetica, cioè di ibridazioni tra soggetti autoctoni ed altri alloctoni immessi. Inoltre le popolazioni di trota fario autoctona sono attualmente distribuite in modo discontinuo e frammentario anche a causa del pesante degrado ambientale degli ecosistemi acquatici quali l'artificializzazione degli argini e degli alvei, la riduzione degli areali di frega, spesso causata da escavazioni in alveo e da ostacoli insormontabili per le migrazioni riproduttive (dighe, traverse, briglie e manufatti), la presenza di derivazioni idriche e, non ultimo, l'inquinamento. Va evidenziato che tale stato di fatto è facilitato da una inadeguatezza delle normative e dei regolamenti che rendono spesso difficilmente realizzabili la prevenzione ed il controllo da parte degli enti preposti.

In alcuni corsi d'acqua di categoria "D" (Zona omogenea per la gestione di salmonidi e timallidi, in particolare trota fario e temolo, da L.R. 11/93 - Art. 8 della Regione Emilia-Romagna) della Provincia di Reggio Emilia sono state istituite da alcuni anni alcune "Zone a Regime Speciale di Pesca (ZRSP)", nelle quali vengono applicate norme più restrittive rispetto a quelle normalmente vigenti. In particolare nelle ZRSP del Fiume Secchia, del Torrente Ozola e del Torrente Riarbero (affluenti di destra dell'alto corso del Fiume Secchia) è possibile prelevare giornalmente non più di tre soggetti di trota fario, *Salmo (trutta) trutta*, di misura non inferiore a 24 cm di lunghezza totale.

In tratti di tali corsi d'acqua sono state riscontrate popolazioni ben strutturate di trote fario di "ceppo mediterraneo" (IELLI e ALESSIO, 1996), dalle quali è stato possibile prelevare, nel corso degli anni, soggetti adulti da avviare alle operazioni di fecondazione artificiale presso gli incubatoi di valle provinciali. In tali impianti, gestiti dal Comitato Interassociativo per la Gestione dei Servizi Pesca di Reggio Emilia, è stato

possibile produrre novellame autoctono di qualità utilizzato per il ripopolamento di piccoli affluenti dei corsi d'acqua menzionati.

MATERIALI E METODI

Per la realizzazione del presente studio si è innanzitutto effettuata la scelta dei tratti di corsi d'acqua sui quali effettuare i campionamenti. Per similarità di zonazione ecologica sono state scelte le ZRSP del torrente Ozola e del torrente Riarbero, corsi d'acqua a carattere fortemente torrentizio, solcanti vallate a bassissimo grado di antropizzazione all'interno del territorio del Parco Nazionale dell'Appennino Tosco-Emiliano. Si è operato scegliendo segmenti di alveo omogenei per caratteristiche ambientali e morfologiche, quali la velocità della corrente, la profondità media, il rapporto tra *pools* (pozze), *runs* (tratti con deflusso idrico regolare) e *riffles* (raschi), ricchezza di tane e rifugi per pesci. Sono stati presi in considerazione anche la tipologia ed il grado della copertura vegetale e la granulometria delle ghiaie dei fondali. La lunghezza delle stazioni di campionamento è stata fissata in 100 metri lineari.

Mediante passaggi ripetuti di pesca con elettrostoridore è stata effettuata la cattura di soggetti i quali, una volta misurati in lunghezza totale (mm) e in peso (g), sono stati suddivisi in atlantici e mediterranei in base ai caratteri fenotipici della livrea (IELLI e GIBERTONI, 1999) e poi rilasciati. I dati così raccolti hanno permesso di elaborare le strutture di queste popolazioni. I campionamenti hanno avuto luogo negli anni 1993/1994 e 1998 nelle medesime stazioni. Confrontando i dati così ottenuti è stato possibile apprezzare l'evoluzione della dinamica delle popolazioni.

RISULTATI

Torrente Ozola

Autunno 1994: il numero dei pesci catturati mediante elettropesca ammontava a 50 esemplari. La densità di soggetti/m² di alveo bagnato era pari a 0,091, con una biomassa equivalente a 9,2 g/m². La percentuale di soggetti ascrivibili al fenotipo di "ceppo mediterraneo" è risultata del 22%. Come si evince dalla figura 1, la popolazione risultava esigua e mal strutturata.

Estate 1998: gli esemplari oggetto di misurazioni sono stati 107. La densità era pari a 0,345 ind./m² e la biomassa risultava di 22,23 g/m². La percentuale di soggetti autoctoni ammontava al 30%. La struttura di popolazione è riportata nella figura 2.

Torrente Riarbero

Autunno 1993: i soggetti catturati ed avviati alle operazioni di misurazione sono stati 74. La densità era

pari a 0,149 ind./m². La biomassa era di 5,38 g/m². Non sono stati catturati soggetti con caratteristiche ascrivibili al fenotipo di “ceppo mediterraneo”. La struttura di popolazione è rappresentata in figura 3.

Estate 1998: il numero di pesci catturati è stato di 231 individui per una densità pari a 0,777 ind./m² ed una biomassa di 32,62 g/m². La popolazione è apparsa ben strutturata (Fig. 4) con un 15% di soggetti ascrivibili verosimilmente al fenotipo autoctono.

DISCUSSIONE

Torrente Ozola

La politica gestionale del corso d'acqua è stata finalizzata sino al 1992 a ripopolamenti con uova embrionate in scatole Vibert ed immissioni di trote fario di 9-12 cm d'origine zootecnica di “ceppo atlantico” (GIBERTONI *et al.*, 1998). Inoltre la regolamentazione della pesca prevedeva la possibile cattura e detenzione

di 5 salmonidi di misura minima di 22 cm di lunghezza totale per giornata di pesca. Il corso d'acqua era gestito con modalità omogenee dalle sorgenti alla foce, senza ZRSP, né Zone di Ripopolamento e Frega (ZRF), bandite alla pesca. Negli anni successivi, sino al 1996, non sono stati effettuati ripopolamenti, né con uova embrionate né con trote. Nel 1997 si è giunti all'istituzione della ZRSP e ad una più attenta e capillare gestione del corso d'acqua principale, degli affluenti e delle sue sorgenti. Proprio nei tratti superiori furono istituite ZRF. Mediante operazioni di recupero del materiale ittico presente, di cui la maggior parte dei soggetti era costituito da trote fario rinselvatichite ma non autoctone, fu possibile creare zone bonificate per la successiva immissione di soggetti giovani (classe di età 0+) e di adulti provenienti dagli incubatoi di valle. L'attuale politica di gestione del corso d'acqua prevede la non immissione di ittiofauna, se non proveniente dagli impianti ittiogenici provinciali, e la pesca, dove

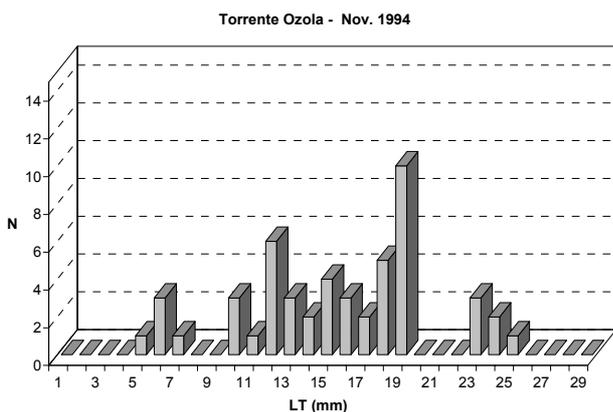


Fig. 1. Struttura di popolazione della trota fario nel T. Ozola: novembre 1994.

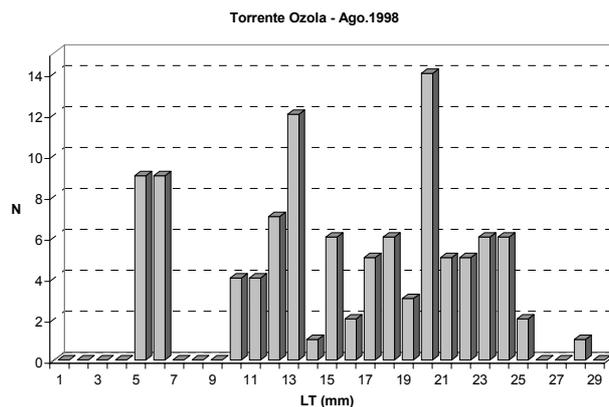


Fig. 2. Struttura di popolazione della trota fario nel T. Ozola: agosto 1998.

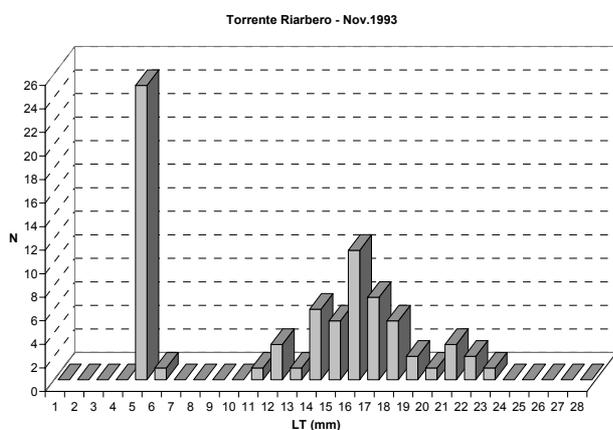


Fig. 3. Struttura di popolazione della trota fario nel T. Riarbero: novembre 1993.

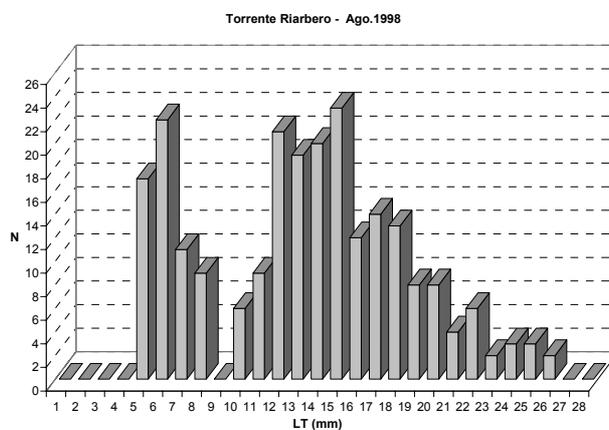


Fig. 4. Struttura di popolazione della trota fario nel T. Riarbero: agosto 1998.

consentita, è regolamentata a ZRSP.

Torrente Riarbero

La presenza di alcuni affluenti nel tratto medio-alto del torrente Riarbero e l'agevole percorribilità della valle, grazie ad una efficiente viabilità forestale, ha facilitato in passato la pratica dei ripopolamenti massivi con trotelle 9-12 cm con l'istituzione di ZRF a protezione dei contingenti immessi. Il materiale ittico di origine zootecnica è stato immesso sino al 1991 e, sino al 1994, la regolamentazione della pesca prevedeva la possibile cattura e detenzione di 5 salmonidi di almeno 22 cm di lunghezza totale per giornata di pesca. Dal 1991 non è più stato introdotto materiale ittico ad esclusione di 3000 trotelle di classe di età 0+ provenienti dagli impianti ittiogenici provinciali, immesse nell'anno 2000 in un affluente di destra, il Rio Cavor-sella. Nel 1994 venne istituita la ZRSP, prima nel suo genere per il territorio provinciale. L'obiettivo del provvedimento di istituzione della ZRSP era quello di proteggere i soggetti adulti che con l'innalzamento di soli 2 cm della taglia minima legale, avrebbero potuto riprodursi almeno per una seconda volta nella vita, considerati gli accrescimenti corporei medi dei salmonidi tipici di queste acque ed oggetto di ricerche (IELLI e ALESSIO, 1994a, 1994b). Inoltre la ZRSP associata alla dismissione della pratica delle immissioni di materia-

le di origine zootecnica avrebbe favorito l'aumento della consistenza delle popolazioni autoctone che in alcuni tratti, specie quelli medio-inferiori, rappresentano anche l'84% dell'ittiofauna totale presente (IELLI, 1999).

CONCLUSIONI

L'analisi della dinamica di popolazione dimostra come più fattori sommati ad una particolare strategia gestionale (GIBERTONI e IELLI, 1999) abbiano portato ad un sensibile miglioramento sia quantitativo che qualitativo del popolamento. Inoltre, la limitazione del prelievo alieutico e l'innalzamento della taglia minima legale hanno aumentato considerabilmente la consistenza del numero di soggetti adulti in grado di riprodursi, così la popolazione ha raggiunto la capacità di automantenimento. Le attuali immissioni di trotelle provenienti dagli incubatoi di valle provinciali hanno il solo obiettivo di accelerare i tempi naturali di "turn-over" della popolazione presente, per il totale recupero e reinserimento dei ceppi autoctoni. Non va inoltre trascurata la pescosità di questi corsi d'acqua, che è spesso migliore di quella di acque gestite in modo tradizionale. Tali incoraggianti risultati hanno convinto le Associazioni del mondo alieutico e la Provincia di Reggio Emilia a tal punto da estendere le ZRSP già dal 2001 a tutto il bacino idrografico dell'alto corso del Fiume Secchia, del Torrente Dolo e del Torrente Liocca.

BIBLIOGRAFIA

- GIBERTONI P.P., IELLI F., BRACCHI P.G., 1998. Allevamento, riproduzione e reintroduzione in ambiente naturale di trote fario di "ceppo mediterraneo", *Salmo (trutta) trutta* L. *Annali della Facoltà di Medicina Veterinaria*, Vol. XVIII, Università di Parma: 255-273.
- GIBERTONI P.P., IELLI F., 1999. La gestione delle acque con vocazione a salmonidi nella provincia di Reggio Emilia. Atti del Convegno: *Recupero e reintroduzione di ceppi autoctoni di trota fario, Salmo (trutta) trutta* L., di "ceppo mediterraneo" in ambienti appenninici tipici. *Esperienze a confronto*. Provincia di Reggio Emilia: 29-37.
- IELLI F., 1999. Studio dell'ittiofauna del bacino montano del Fiume Secchia (Reggio E.). Provincia di Reggio Emilia: 53-82.
- IELLI F., ALESSIO G., 1994a. L'ambiente e le trote del torrente Riarbero (Appennino Reggiano). *Atti del V Conv. naz. A.I.I.A.D.*, Montecchio Maggiore (VI): 129-138.
- IELLI F., ALESSIO G., 1994b. Studio preliminare del popolamento a Salmonidi del torrente Liocca (Appennino Reggiano) e considerazioni sugli interventi gestionali per il recupero dei ceppi autoctoni. *Atti del V Conv. naz. A.I.I.A.D.*, Montecchio Maggiore (VI): 401-408.
- IELLI F., ALESSIO G., 1996. Recupero e conservazione di piccole popolazioni di trota di torrente, *Salmo (trutta) trutta* L., dell'Appennino Reggiano. *Atti Congressuali IV Conv. naz. A.I.I.A.D.*, Trento: 459-466.
- IELLI F., GIBERTONI P.P., 1999. Recupero e reintroduzione di ceppi autoctoni di trota fario (*Salmo trutta trutta*) nel bacino del Fiume Secchia. Atti del Convegno: *Recupero e reintroduzione di ceppi autoctoni di trota fario, Salmo (trutta) trutta* L., di "ceppo mediterraneo" in ambienti appenninici tipici. *Esperienze a confronto*. Provincia di Reggio Emilia: 21-28.

Osservazioni sulla biologia riproduttiva della popolazione di alborella, *Alburnus alburnus alborella* (De Filippi, 1884), del Lago Maggiore

Cesare Mario Puzi*, Alessandra Ippoliti, Stefania Trasforini

G.R.A.I.A. Srl – Via Repubblica 1, 21020 Varano Borghi (VA), I

* *Referente per la corrispondenza: fax 0332 961162; graia@libero.it*

Riassunto

Oggetto della presente indagine è la popolazione del Lago Maggiore (Nord Italia) di alborella (*Alburnus alburnus alborella*), ciprinide zooplanctofago attualmente in declino in vari laghi dell'Italia Settentrionale. L'obiettivo di questo lavoro è stato lo studio di vari aspetti della biologia riproduttiva della specie, da sempre poco studiata, attraverso analisi condotte in laboratorio sulle gonadi e campionamenti effettuati sui siti di riproduzione. I risultati ottenuti evidenziano un potenziale riproduttivo particolarmente elevato che consentirebbe alla specie di ricostituire popolazioni abbondanti, qualora trovasse condizioni ambientali idonee.

PAROLE CHIAVE: alborella / biologia riproduttiva / deposizione multipla / habitat riproduttivo

Reproductive biology of the bleak, *Alburnus alburnus alborella* (De Filippi, 1884), in the Lake Maggiore (North Italy)

The bleak, *Alburnus alburnus alborella*, is a zooplanktivorous cyprinid, endangered in all the lakes of North Italy. The main reproductive characteristics of bleak population of the Lake Maggiore have been investigated and all the data show the great reproductive potential of the species, which, in the right environment, will be able to form abundant populations.

KEY WORDS: *Alburnus alburnus alborella* / bleak / reproductive biology / multiple spawning / reproductive habitat

INTRODUZIONE

Alburnus alburnus alborella è una sottospecie endemica del Nord Italia di *Alburnus alburnus* L. (TORTONESE, 1970), diffusa nel resto d'Europa, ed è distribuita in tutti i laghi e fiumi delle regioni pianiziali e subalpine, ad eccezione della Liguria (BRUNO, 1987). È zooplanctofaga, anche se non disdegna alghe, larve di insetti e insetti alati (GANDOLFI *et al.*, 1991). Per le sue abitudini alimentari e le ridotte dimensioni, l'alborella costituisce un perno fondamentale dell'ecosistema lacustre, essendo l'anello di collegamento tra comunità zooplanctonica e specie ittiofaghe.

Il lento e costante declino che le popolazioni di alborella hanno recentemente subito in tutti i laghi della Pianura Padana, per cause non ancora accertate, ha fornito lo spunto per condurre questa ricerca, con l'obbiettivo di ampliare le conoscenze sulla biologia riproduttiva di questa specie, finora scarsamente studiata, e fornire punti di partenza per avviare studi più approfonditi sulle cause del diffuso stato di crisi.

MATERIALI E METODI

La cattura dei campioni, effettuata nel 2001 in momenti successivi all'interno del periodo riproduttivo, in varie località sul Lago Maggiore (VA), si è avvalsa della pesca sportiva e dell'elettropesca. Sugli esemplari sono state effettuate: misura di peso e lunghezza totale, determinazione scalimetrica dell'età (BERG e GRIMALDI, 1967), definizione del grado di maturazione delle gonadi, misura del diametro e del peso percentuale delle varie classi di oociti. Poiché l'alborella depone in più fasi, per una stima più precisa della fecondità sono state contate le sole uova mature di ovari prelevati in date successive, che rappresentano le uova realmente deposte in ciascuna fase riproduttiva; la somma di tali valori ha fornito il numero effettivo di uova deposte nell'intera stagione. Il grafico è stato elaborato con il programma STATISTICA – StatSoft 1996.

Sulle sponde del Fiume Tresa (immissario del Lago Maggiore), frequentato dalle alborelle del Verbano durante la stagione riproduttiva, sono stati allestiti due

letti di frega, deponendo in alveo un totale di 8 m³ di ghiaia pulita delle dimensioni di 1-4 cm (NEGRI, 1992, 1997), in zone con differenti velocità di corrente: uno in una zona di *run*, con discreta velocità di corrente, l'altro in una zona di *pool*, caratterizzata da acque calme (Tab. I). I siti sono stati monitorati giornalmente per osservare l'utilizzo dei letti di frega da parte delle alborelle e il loro comportamento riproduttivo. Per indagare sull'eventuale preferenza nella scelta dell'habitat riproduttivo sono state contate le uova contenute in subcampioni di superficie 15x15 cm, prelevati in più punti e a differenti profondità dai due letti.

Per calcolare il tempo di schiusa è stata sistemata, all'interno dell'area di frega, una cassetta di ghiaia, ricoperta 12 ore dopo con una rete di maglia di 1 mm, per impedire l'ulteriore deposizione. Come punto di partenza dello sviluppo embrionale sono state considerate le ore 00:00 del giorno di posizionamento della cassetta. La raccolta periodica di campioni di uova ha permesso di osservare le principali tappe dello sviluppo embrionale.

RISULTATI

In totale sono stati catturati 392 soggetti: nella tabella II sono riportate le date ed il numero dei campioni prelevati, distinti in base al sesso. L'età di prima maturazione è stata stabilita attraverso l'analisi di un cam-

Tab. I. velocità di corrente misurata nei due letti

PRIMO LETTO (run, a monte)		SECONDO LETTO (pool, a valle)	
Distanza da riva (cm)	Velocità di corrente (m/s)	Distanza da riva (cm)	Velocità di corrente (m/s)
60	0,28	60	0,00
180	0,45	200	0,01
300	0,58	250	0,07

Tab. II. Date, numero e sesso dei campioni prelevati

Data di campionamento	Tecnica di campionamento	Località	N° Campioni		
			F	M	Sesso indeterminato
05/06/01	elettropesca	Monvalle	2	5	143
09/06/01	pesca sportiva	Luino	42	8	4
16/06/01	pesca sportiva	Luino	2	0	1
22/06/01	elettropesca	Maccagno	22	10	7
26/06/01	pesca sportiva	Luino	0	6	0
30/06/01	pesca sportiva	Luino	2	12	4
10/07/01	pesca sportiva	Luino	2	31	19
01/08/01	pesca sportiva	Luino	19	16	35
Totale			91	88	213

pione di 240 soggetti, ed è risultata differente per i due sessi: i maschi sessualmente maturi compaiono già nella prima classe di età, mentre le femmine maturano solo nel secondo anno di vita (Fig. 1).

Deposizione multipla

Durante l'esame delle gonadi femminili (n= 68) è stata osservata la coesistenza di uova di differenti dimensioni. Misurando il diametro degli oociti (n= 1000), è emersa la presenza di 3 classi di diametro che, adottando le definizioni di BARUŠ e PROKEŠ (1996), sono: *oociti protoplasmatici*, piccoli (diametro < 0,55 mm) e biancastri, che in parte verranno riassorbiti; *oociti trofoplasmatici in maturazione*, più grandi (0,56 < diametro < 0,90 mm) e giallastri, che matureranno solo nella fase successiva di deposizione; *oociti trofoplasmatici maturi*, di diametro ancora maggiore (0,91 < diametro < 1,55 mm) e di colore giallo più intenso, che saranno depositi nell'immediato futuro (Fig. 2).

Dall'osservazione degli ovari è emerso che nella medesima data di campionamento sono presenti femmine con gonadi caratterizzate da una struttura differente, e quindi corrispondenti ad uno stadio di deposizione diverso; allo stesso tempo, in date diverse sono

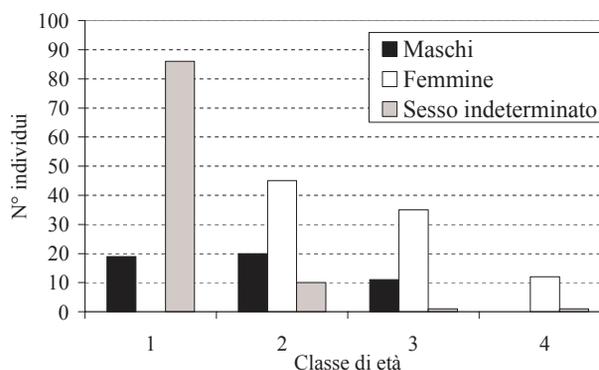


Fig. 1. distribuzione di frequenza dei sessi nelle diverse classi di età

state rinvenute gonadi con strutture simili tra loro, facendo da subito intuire un tangibile sfasamento del periodo di effettiva deposizione delle varie femmine costituenti la popolazione in esame. Per ognuno di questi “tipi strutturali” rinvenuti, in tutto 6, è stato elaborato un grafico a torta rappresentativo (Fig. 3) che fornisce una rappresentazione schematica e sintetica del quadro temporale ed evolutivo del periodo di riproduzione e rende evidente l’asincronia delle fasi di inizio e fine dell’attività depositiva della popolazione di alborella del Lago Maggiore.

Parte delle gonadi relative ai campioni del 9, 16 e 22 giugno mostrava la medesima struttura (Tipo A), con-

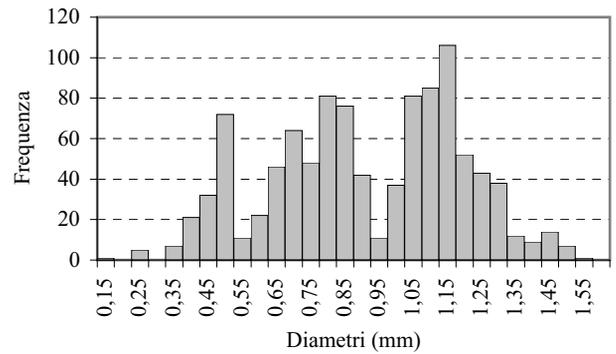


Fig. 2. distribuzione dei diametri delle uova di alborella

09/06/01	16 e 22/06/01	30 e 10/07/01
<p>Tipo A</p>	<p>Tipo A</p>	
<p>Tipo B</p>	<p>Tipo B</p>	
	<p>Tipo C</p>	
	<p>Tipo D</p>	
	<p>Tipo E</p>	<p>Tipo E</p>
	<p>Tipo F</p>	<p>Tipo F</p>
<p>■ maturi □ in maturazione □ immaturi</p>		

Fig. 3. Tipi strutturali e percentuali in peso delle tre componenti dell’ovario; le percentuali sono riferite a gonadi campioni dei vari tipi strutturali.

tenendo tutte e tre le classi di oociti in percentuali simili, mentre parte era priva di uova allo stadio finale di maturazione (Tipo B e D). Alcuni campioni del 16 e 22 giugno, invece, contenevano ancora tutte e tre le classi di oociti, ma con percentuali in peso differenti, essendo diminuito il contributo numerico e quindi ponderale delle uova mature (Tipo C); queste gonadi inoltre presentavano dimensioni molto più ridotte rispetto alle precedenti. Sempre all'interno del campione del 22 giugno sono stati rinvenuti ovari contenenti solo uova mature, di immediata deposizione, e uova immature (Tipo E): la mancanza di uova in fase di maturazione indica che l'attività di deposizione a cui l'individuo si sta preparando sarà l'ultima. L'analisi degli ovari del 30 giugno e del 10 luglio mostrava la presenza di quest'ultimo tipo di ovari e, insieme, anche di ovari del tutto svuotati (Tipo F). Il ritrovamento di un ovario svuotato in data 22 giugno indica la possibilità che alcuni individui terminino la stagione riproduttiva precocemente rispetto agli altri. Il campione di agosto ha fatto registrare la presenza unicamente di gonadi *quiescenti*, di aspetto filiforme, tipiche di soggetti adulti riprodottisi da poco tempo, testimoniando l'avvenuta fine del periodo riproduttivo.

Lungo tutto il periodo riproduttivo sono stati dunque osservati tre diversi livelli di evoluzione delle gonadi femminili che indicano una riproduzione in atto (Tipo A, C, E), portando all'individuazione di almeno tre fasi successive di deposizione. Confortati da queste osservazioni, per le analisi successive i campioni di riproduttori femminili sono stati raggruppati non più secondo il criterio della data di campionamento, bensì secondo quello della fase di riproduzione in cui i singoli soggetti si trovavano o che avevano appena concluso:

- 1° fase: soggetti con gonadi di Tipo A;
- 2° fase: soggetti con gonadi di Tipo B e C;
- 3° fase: soggetti con gonadi di Tipo D e E;
- fase post-riproduttiva: soggetti con gonadi di Tipo F, che hanno concluso l'attività riproduttiva per quell'anno.

Analizzando la relazione tra il peso delle gonadi ($n=68$) e la lunghezza totale di ciascun soggetto si osserva l'esistenza di una correlazione positiva tra i due parametri (1° fase: $r^2=0,79$, $n=29$; 2° fase: $r^2=0,89$, $n=31$; 3° fase: $r^2=0,90$, $n=5$; fase post-riproduttiva: $r^2=0,95$, $n=3$).

Fecondità

La valutazione della fecondità è stata effettuata conteggiando solo gli oociti trofoplasmatici maturi di 30 ovari e sommando le quantità di uova rilasciate in ciascuna frega (Fig. 4). Come si può osservare, durante la prima frega viene deposto il numero maggiore di uova, il cui quantitativo diminuisce nelle deposizioni

Tab. III. fecondità assoluta e relativa

Età	2	3	4
Fecondità relativa (N°uova/g pesce)	245	310	305
Dev. St.	72	63	22
Fecondità assoluta (N°uova)	1.253	2.277	2.879
Dev. St.	449	535	163

successive.

Nella tabella III sono riportati i valori di fecondità assoluta e relativa, in funzione della classe di età. Dai dati risulta una fecondità assoluta per l'alborella del Lago Maggiore di 1200-3000 uova, che aumenta al crescere dell'età.

Comportamento riproduttivo e preferenza di habitat riproduttivo

I substrati artificiali di deposizione sono stati allestiti dal 25 maggio al 30 giugno. L'attività di riproduzione delle alborelle è iniziata il 28 maggio e si è protratta fino al 27 giugno. Dalle nostre osservazioni è emerso che le alborelle depongono per 3-4 giorni consecutivi, durante i quali occupano stabilmente il letto, anche se l'attività di deposizione si concentra di notte e nelle prime ore del mattino. Il prelievo di subcampioni di ghiaia ($n=18$) il 26 giugno (Tab. IV) ha rivelato l'assoluta mancanza di attività riproduttiva sul letto nella zona di *pool*, in cui la mancanza di corrente facilitava la sedimentazione di materiale fangoso e la rapida copertura periferica, impedendo il mantenimento di un'adeguata pulizia del substrato. I campioni relativi al primo letto sono stati prelevati lungo un transetto costituito da alveo naturale, con sassi di dimensioni maggiori e copertura periferica leggermente superiore, fino a 2 m di distanza dalla riva, mentre tra i 2 e i 3,1 m era collocata la ghiaia

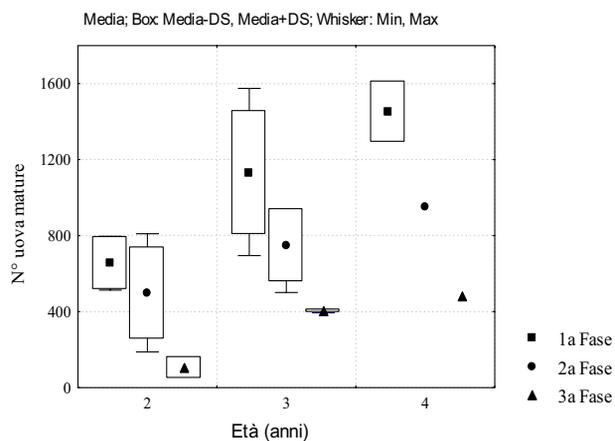


Fig. 4. numero di uova deposte durante le tre fasi dell'attività riproduttiva per le diverse classi di età

Tab. IV. densità delle uova deposte sul primo letto e sul secondo letto

PRIMO LETTO (<i>run</i>)			SECONDO LETTO (<i>pool</i>)		
Distanza da riva (cm)	Profondità (cm)	uova/dm ² N°	Distanza da riva (cm)	Profondità (cm)	uova/dm ² N°
30	9	76	30	10	0
60	14	223	60	30	0
130	40	63	130	50	0
170	44	180	160	50	0
200	44	1.015	200	60	0
230	46	1.421	250	60	0
250	49	1.845	300	65	0
280	51	187	440	60	2
310	51	114	500	75	0

del letto artificiale.

Dalla correlazione dei valori di densità sia con la profondità che con la distanza da riva (Fig. 5), si osserva un graduale aumento della prima che raggiunge i massimi valori in corrispondenza della ghiaia del letto, ad una velocità di corrente compresa tra 0,45 e 0,6 m/sec, per poi diminuire bruscamente all'ulteriore aumento della distanza. La densità delle uova deposte sul substrato naturale è nettamente inferiore rispetto a quella delle uova deposte sul letto di frega artificiale. Essendo la profondità pressoché costante (*range* compreso tra 40 e 50 cm) a partire da 1 m dalla riva, la variabile che limita la deposizione delle alborelle oltre una certa distanza è la velocità di corrente, che aumenta procedendo verso il centro del fiume.

Tempo di schiusa

Una volta avvenuta la fecondazione, il disco germinativo subisce una segmentazione fino alla formazione, entro 17 ore circa, della discoblastula; 45 ore dopo la fecondazione, le varie parti dell'embrione sono già distinguibili e dopo 66 ore è visibile la pigmentazione nera degli occhi (Fig. 6). Il tempo medio di schiusa delle uova di alborella è risultato di 83 ore ($21 < T < 22,5$; $T_{media} = 21,6$ °C), pari a 75 gradi-giorno.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'analisi degli ovari ha confermato uno sviluppo "group synchronous" degli oociti e lo svolgimento di un'attività di deposizione multipla nell'ambito della medesima stagione riproduttiva. Durante il periodo riproduttivo sono stati osservati tre diversi livelli di evoluzione delle gonadi femminili che indicano una riproduzione in atto, portando all'individuazione di tre fasi di deposizione successive.

La fecundità assoluta osservata è elevata rispetto alle popolazioni degli altri bacini lacustri (GANDOLFI *et al.*, 1991; NEGRI, 1995) e varia da 1200 a 3000 uova

circa per individuo, rilasciate in 3 fasi, con efficienza di deposizione decrescente. Il fatto che, in una stessa data, soggetti della medesima taglia presentino un diverso stadio di maturazione delle gonadi, fa presupporre l'esistenza di uno sfasamento temporale dei momenti riproduttivi dei singoli individui, che assicura una dispersione della produzione annuale della prole all'interno di un periodo piuttosto lungo e quindi aumenta la probabilità di sopravvivenza di almeno una parte di essa. Questo particolare comportamento riproduttivo ha inoltre il vantaggio di ridurre la competizione intraspecifica per i siti di riproduzione (RINCHARD e KESTEMONT, 1996).

Durante il periodo riproduttivo, le alborelle hanno mantenuto costantemente il controllo dell'area, indicando che, una volta trovato un sito ideale per la riproduzione come quello fornito dai letti di ghiaia, l'alborella spende la maggior parte delle proprie energie per conservare la posizione conquistata.

Le variabili che risultano limitanti per l'attività di deposizione dell'alborella, oltre alla temperatura (BRUNO e MAUGERI 1992), sono la copertura perfitica del substrato, che deve essere pulito per permettere la

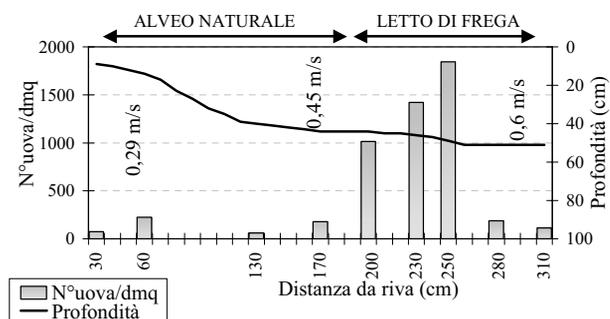


Fig. 5. densità delle uova nel primo letto di frega in relazione alla distanza da riva, alla profondità dell'acqua e alla velocità di corrente (m/sec)

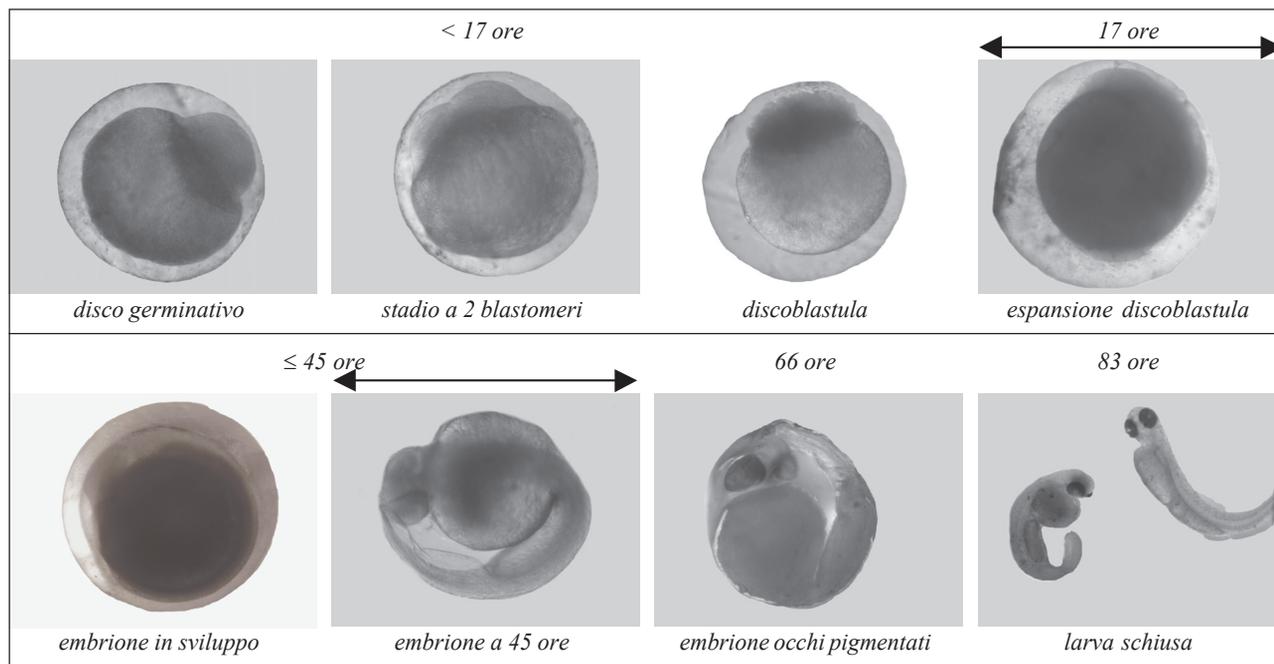


Fig. 6. sviluppo embrionale delle uova di alborella

deposizione delle uova adesive, e la velocità di corrente –quantomeno in ambito fluviale– che non deve essere né troppo bassa, per evitare l'eccessiva sedimentazione di materiale fine, né troppo alta, per evitare l'eccessivo dispendio energetico necessario a contrastarla.

L'elevato numero di uova deposte, la dispersione della produzione annuale della prole all'interno di un periodo piuttosto lungo, lo sfasamento dell'attività riproduttiva dei singoli individui e lo sviluppo embrionale

estremamente rapido evidenziano dunque un potenziale riproduttivo particolarmente elevato che, in ambienti con caratteristiche idonee, consentirebbe alla specie di costituire popolazioni estremamente abbondanti. Tale studio dunque conferma che una delle possibili cause che avrebbero portato o contribuito al drastico calo della specie sia strettamente legata al fenomeno dell'eutrofizzazione e alla conseguente riduzione dei siti idonei alla riproduzione.

BIBLIOGRAFIA

- BARUS V., PROKES M., 1996. Fecundity of the bleak (*Alburnus alburnus*) in the Mostišti Reservoir, Czech Republic. *Folia Zool.*, **45** (4): 325-330.
- BERG A., GRIMALDI E., 1967. A critical interpretation of the scale structures used for the determination of annuli in fish growth studies. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **21**: 225-239.
- BRUNO S., 1987. *Pesci e crostacei d'acqua dolce*. Giunti Barbèra, Firenze. 286 pp.
- BRUNO S., MAUGERI S., 1992. *Pesci d'acqua dolce. Atlante d'Europa*. Le Guide di Airone. Editoriale Giorgio Mondadori, Segrate (MI). 207 pp.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Ministero dell'Ambiente, Unione Zoologica Italiana. Ed. Istituto poligrafico e zecca dello Stato, Roma, XVI + 616 pp.
- NEGRI A. 1992. *Relazione relativa alle prove effettuate per la pesca dell'alborella tramite bertovelli in località Pescarenico di Lecco*. Amministrazione Provinciale di Como Assessorato Caccia e Pesca. 20 pp.
- NEGRI A., 1995. *La biologia dell'alborella (Alburnus alburnus alborella) del Lago di Como*. Parte prima. Amministrazione Provinciale di Como Assessorato Caccia e Pesca. 129 pp.
- NEGRI A., 1997. *Risultati dei substrati artificiali per la riproduzione dell'alborella (Alburnus alburnus alborella)*. Amministrazione Provinciale di Como Assessorato Risorse Ambientali. 55 pp.
- RINCHARD J., KESTEMONT P., 1996. Comparative study of reproductive biology in single- and multiple-spawner cyprinid fish. I. Morphological and histological features. *J. Fish Biol.* **49**: 883-894.
- TORTONESE E., 1970. *Osteichtyes*, parte I. Fauna d'Italia, vol. X, Calderini, Bologna, XIII + 545 pp.

Distribuzione ed entità delle popolazioni di *Cottus gobio* Linnaeus, 1756 in provincia di Pistoia

Massimo Pascale^{1*}, Fabrizio Merati², Francesco Nonnis Marzano³, Armando Piccinini⁴

¹ Via Città di Traunstein, 8 – 10064 Pinerolo (TO)

² Studio Idrobiologico Lombardo, Via Einstein, 24 – 20183 Gaggiano (MI)

³ Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale dell'Università degli studi di Parma, Parco Area delle Scienze, 11/A - 43100 Parma.

⁴ AcquaEco, Via Augera, 5/A - 42023 Cadelbosco Sopra (RE)

* Referente per la corrispondenza: maxpascale.tin.it@tin.it

Riassunto

Nell'ambito della realizzazione della Carta Ittica provinciale di Pistoia, condotta nell'estate del 2001, sono stati raccolti dati relativi alla distribuzione ed all'entità delle popolazioni di *Cottus gobio* presenti nell'area pistoiese. Questo cottide è, più ancora dei salmonidi, un importante bioindicatore nelle zone dove la sua presenza è endemica (zone "a trota fario" e "a trota marmorata e temolo"). Il suo quadro distributivo in Italia è piuttosto interessante, in quanto appare uniformemente distribuito in area alpina, mentre nell'arco appenninico le popolazioni presenti risultano isolate e frammentate; la sua presenza in provincia di Pistoia era segnalata in precedenza nei torrenti Lima, Reno ed Ombrone, ma carenti erano le informazioni sulla sua distribuzione complessiva e sulla consistenza delle popolazioni su scala provinciale. Dai risultati dei campionamenti, lo scazzone risulta presente sia sui bacini del versante tirrenico, sia su quelli adriatici, con popolazioni abbondanti e ben strutturate in alcuni siti e modeste in altri, probabilmente a causa della massiccia presenza di *Salmo (trutta) trutta*, specie predatrice che molti autori indicano come responsabile della rarefazione e scomparsa di *Cottus gobio* in alcune zone. Sono in corso indagini genetiche per verificare il grado di affinità ed omogeneità delle popolazioni toscane con altre del nord Italia.

PAROLE CHIAVE: carta ittica / *Cottus gobio* / distribuzione

Distribution and population consistence of *Cottus gobio* Linnaeus, 1756 in Pistoia province

During the execution of sampling activities for the "Fish map of Pistoia province", in middle summer 2001, some informations about distribution of river bullhead (*Cottus gobio*) were taken. This fish is, more than salmonids, an important bioindicator in some areas ("brown trout and marble trout zones"). Its distribution in Italy is interesting, being present in most rivers of the Alps and in few, limited rivers in the Appenine. In Pistoia district *Cottus gobio* was reported in the past in river Lima, Reno and Ombrone, while few information were available for the whole distribution and consistence. Results indicate a good distribution of *Cottus gobio* both in Adriatic and Tyrrhenian basins, but populations are often declining due to excessive brown trout restocking.

KEY WORDS: Fish map / *Cottus gobio* / distribution

INTRODUZIONE

Cottus gobio è una specie ad ampia diffusione europea, assente solo in Scozia, Norvegia e Finlandia e nei distretti ittiogeografici dell'Adriatico, dello Ionio e dell'Egeo (PEDROLI *et al.*, 1991; VUKOVIC e IVANOVIC, 1971).

In Italia, lo scazzone è originario dell'area padana ed è presente con popolazioni isolate nell'Appennino (TORTONESE, 1975; FERRI *et al.*, 1986; VOLIANI *et al.*, 1994). Secondo GANDOLFI *et al.* (1991) le segnalazioni relative alla sua presenza in Sardegna sarebbero dovute ad

un'errata determinazione.

La presenza di popolazioni isolate in Appennino viene spiegata da BIANCO (1996) ammettendo una dispersione progressiva dalle zone a contatto con i bacini transalpini, dai quali la specie sarebbe penetrata in Italia, a quelle del versante padano dell'Appennino, con successive catture di testate fluviali tra opposti bacini dei versanti appenninici, avvenute nel Pleistocene.

La distribuzione attuale ricalca solo in parte quella originaria. Le popolazioni di scazzone hanno infatti

subito drastiche riduzioni su tutto l'areale ed in particolare nelle acque di risorgiva ed in pianura (MARCONATO *et al.*, 1986). Ciò è da mettere in relazione all'estrema suscettibilità rispetto a piccole alterazioni dei corsi d'acqua: a causa della sua elevata sensibilità alle alterazioni fisico-chimiche delle acque ed alle alterazioni dei substrati ed in conseguenza delle ripetute e massicce immissioni di salmonidi (trote fario in particolare) negli ambienti caratteristici, la specie ha subito un netto decremento su tutto l'areale di distribuzione e l'estinzione totale di intere popolazioni in alcuni ambienti di risorgiva.

MATERIALI E METODI

Nel corso della campagna per la realizzazione della Carta Ittica della provincia di Pistoia, commissionata dalla F.I.P.S.A.S. di Pistoia nell'estate del 2001, sono stati raccolti dati relativi alla distribuzione ed alla consistenza delle popolazioni di *Cottus gobio* nel territorio provinciale.

I campionamenti, effettuati con elettrostorditore, hanno interessato un totale di 44 stazioni, 14 nel bacino del Lima, 9 nel bacino del Reno-Limentra, 10 nel bacino del Pescia ed 11 nel bacino dell'Ombrone (Tab. I).

Contestualmente al prelievo con elettrostorditore è stata raccolta –mediante osservazione diretta e misurazioni in sito– una serie di parametri idromorfologici d'interesse statistico, quali:

- % di “raschi”: percentuale dell'area campionata in cui la superficie del corso d'acqua presenta forti increspature e turbolenze;
- % di “buche”: percentuale dell'area campionata in cui sono presenti buche, cioè zone più profonde e con velocità di corrente ridotta;
- % di “piane”: percentuale dell'area campionata con profondità e velocità di corrente abbastanza omogenee e costanti in cui la superficie non presenta increspature;
- % di “rifugi”: percentuale della superficie di alveo bagnato adatta al rifugio per l'ittiofauna;
- profondità massima del tratto campionato (cm);
- profondità media del tratto campionato (cm);
- profondità media di raschi (cm): media di una serie di misurazioni effettuate lungo transetti trasversali al corso d'acqua;
- profondità media buche (cm): media delle profondità di tutte le buche osservate nel tratto campionato;
- profondità media piane (cm): ottenuta in analogia a quella dei raschi;
- larghezza media dell'alveo bagnato, del tratto campionato (m): approssimata al metro e rappresentativa del tratto esaminato;
- larghezza massima del tratto campionato (m): approssimata al metro;

Tab. I. Siti di campionamento.

Bacino del LIMA		
Stazione	Torrente	Località
LILI/01	Lima	La Secchia
LILI/02	Lima	centrale Banti
LILI/03	Lima	Tistino
LILI/04	Lima	La Lima
LILI/05	Lima	Piantaglio
LILI/06	Lima	ponte di Campanelli
LILI/07	Lima	Cave Tana
LISE/01	Sestaione	Orto botanico
LISE/02	Sestaione	Filanda
LIVO/01	Volata	Tistino
LIVE/01	Verdiana	a monte bacino
LIVE/02	Verdiana	confl. Lima
LILM/01	Limestre	Mariannina
LILS/01	Liesina	confl. Lima
Bacino del RENO		
Stazione	Torrente	Località
RERE/01	Reno	Ghiacciaie
RERE/02	Reno	Pracchia
REMA/01	Maresca	trotic. Petrolini
RELS/01	Limentra di Sambuca	Ospedaletto
RELS/02	Limentra di Sambuca	Taviano
REOR/01	Orsigna	ponte di Santella
LMLT/01	Limentra di Treppio	Acquerino
LMLT/02	Limentra di Treppio	bivio di Fossato
LMLR/01	Limentrella	Campaldaio
Bacino del PESCIA		
Stazione	Torrente	Località
PPPP/01	Pescia di Pescia	cartiera Panigada
PPPP/02	Pescia di Pescia	Pietrabona
PPPP/03	Pescia di Pescia	Pescia
PPPP/04	Pescia di Pescia	Anchione
PPPO/01	Pescia di Pontito	Ortochiario
PPPC/01	Pescia di Collodi	confine provinciale
PPPC/02	Pescia di Collodi	Macchie di S. Piero
PPNI/01	Nievole	presa acquedotto
PPNI/02	Nievole	ponte di Boscino
PPNI/03	Nievole	ponte ferrovia
Bacino dell'OMBRONE		
Stazione	Torrente	Località
OMOM/01	Ombrone	Ponte Crocetta
OMOM/02	Ombrone	Scatena
OMOM/03	Ombrone	ponte di Gello
OMOM/04	Ombrone	Bonelle
OMOM/05	Ombrone	Ferruccia
OMST/01	Stella	ponte a Bargi
OMST/02	Stella	Pontassio
OMAG/01	Agna	ponte alle Trecche
OMBU/01	Bure	S. Rocco
OMBR/01	Brana	Rotone
OMBR/02	Brana	Ponticino

- lunghezza del tratto campionato (m): approssimata al metro;
- % di massi: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro superiore a 350 mm e/o alveo impostato su fondali o sponde in roccia compatta;
- % sassi: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro compreso tra 100 e 350 mm;
- % ciottoli: percentuale del fondo coperto da materiale con diametro compreso tra 35 e 100 mm;
- % di ghiaia: percentuale di fondo coperto da materiale con diametro compreso tra 2 e 35 mm;
- % di sabbia: percentuale di fondo coperto da grani con diametro compreso tra 1 e 2 mm;
- % fango: percentuale di fondo coperto da grani con diametro inferiore a 1 mm;
- omogeneità in larghezza (0÷5): il valore aumenta con l'aumentare della costanza della larghezza del tratto esaminato;
- velocità di corrente (0÷5): 0 = corrente nulla; 1 = corrente lenta; 2 = corrente medio - lenta; 3 = corrente media; 4 = corrente medio - forte; 5 = corrente forte;
- % di copertura vegetale del fondo: percentuale di superficie del letto del corso d'acqua coperta da macrofite acquatiche o alghe;
- ombreggiatura (0÷5): indica la parte di superficie del corpo d'acqua in ombra per la maggior parte della giornata. Il valore aumenta con l'aumentare della porzione di superficie in ombra;
- antropizzazione (0÷5): indica l'impatto antropico sul corso d'acqua sia per quanto riguarda gli scarichi sia per le varie opere di regimazione (briglie, arginature, ecc...). Il valore aumenta con l'aumentare dell'alterazione di origine antropica;
- torbidità (0÷5): presenza di materiale in sospensione (minerale ed organico) che riduce la trasparenza; da un massimo di trasparenza pari a 0 ad un massimo di torbidità pari a 5.

Sono stati effettuati campionamenti ittici qualitativi o quantitativi, in funzione della tipologia ambientale. Tutti i corsi d'acqua montani con larghezze non superiori ai 4 m sono stati oggetto di campionamenti quantitativi, con la tecnica dei passaggi ripetuti.

I dati biologici sono stati quindi elaborati ricavando i valori teorici di biomassa e densità e costruendo i grafici relativi alla struttura di popolazione delle specie presenti, nelle stazioni in cui queste presentavano una struttura sufficientemente composta.

Nell'inverno del 2001 è stata condotta una campagna supplementare nel sottobacino del torrente Agna per la raccolta di campioni di *Cottus gobio* da avviare ad indagini genetiche. I risultati delle indagini elettroforetiche, all'atto della presentazione del presente lavoro, non sono disponibili.

RISULTATI

I risultati dei campionamenti indicano come lo scazzone sia presente in 10 delle 44 stazioni di campionamento indagate (Fig. 1-4).

Nell'ambito dei bacini analizzati, la maggior presenza è stata rilevata nel bacino del Lima (affluente del

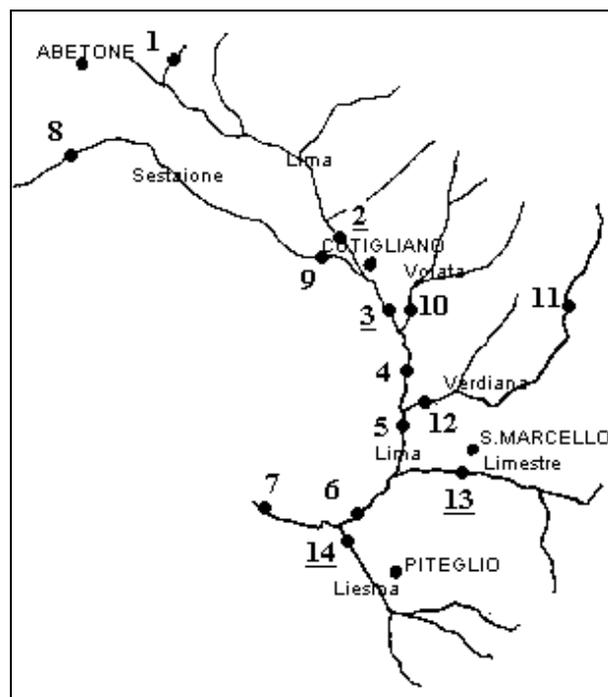


Fig. 1. Bacino del Lima. Stazioni di campionamento (sottolineate le stazioni dove lo scazzone è presente)

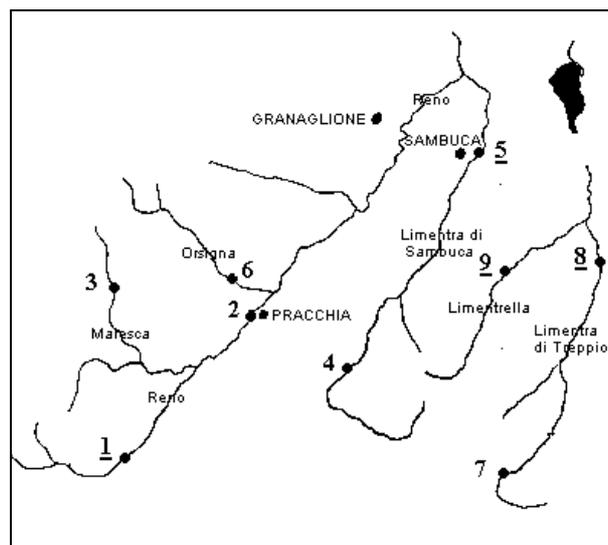


Fig. 2. Bacino del Reno. Stazioni di campionamento (sottolineate le stazioni dove lo scazzone è presente)

Serchio) e del Reno, dove la specie è stata rinvenuta in quattro stazioni. Nel bacino dell'Ombrone la specie è presente in due stazioni, mentre risulta assente nel bacino del Pescia. Questi due bacini sono tributari dell'Arno. La quota più elevata in cui è stata rinvenuta la specie è 750 m (T. Lima).

Circa la consistenza delle popolazioni, queste appaiono di modesta entità nelle stazioni del bacino del Lima, mentre comunità abbondanti sono state rilevate nel bacino del Reno (due stazioni) e dell'Ombrone (una stazione).

I valori di densità minimi e massimi riscontrati sono rispettivamente di 0,01 ind/m² (tutte le stazioni nel bacino del Lima) e di 0,25 ind/m² (torrente Agna, bacino dell'Ombrone).

I valori di biomassa minimi e massimi riscontrati sono rispettivamente di 0,05 g/m² (torrente Lima e suo affluente Limestre) e di 2,53 g/m² (fiume Reno).

Nelle stazioni dove è stato rinvenuto, lo scazzone è costantemente associato alla trota fario e, saltuariamente, al vairone (tre stazioni) ed al barbo comune (una stazione).

Analizzando i rapporti percentuali relativi alle biomasse delle 10 stazioni considerate, si osserva come nella sola stazione sul torrente Brana lo scazzone

contribuisca per oltre il 60% alla biomassa complessiva, in una comunità ittica però estremamente povera. Più attendibile è il dato relativo all'altro affluente dell'Ombrone, torrente Agna, dove il Cottide costituisce il 29% della biomassa presente. Nel bacino del Reno la percentuale varia da un minimo del 6% (Limentra di Treppio) ad un massimo del 28% (Limentrella).

Nel bacino del Lima il valore più elevato (0,6%) viene raggiunto sul torrente Lima. Per quanto riguarda la struttura di popolazione, comunità sufficientemente articolate sono presenti nei torrenti Reno, Limentra di Sambuca, Limentrella ed Agna. In tutte le sezioni è stata verificata una relativa carenza di soggetti 0+, probabilmente da mettere in relazione con le oggettive difficoltà di cattura di soggetti di taglia compresa tra i 20 ed i 30 mm. (Fig. 5-8).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La distribuzione dello scazzone in provincia di Pistoia interessa tre dei quattro principali bacini idrografici della provincia, essendo il solo bacino del Pescia privo della specie. Tale quadro distributivo concorda con quanto riportato da VOLIANI *et al.*, (1994) i quali, relativamente alla provincia di Pistoia, riportano la sua

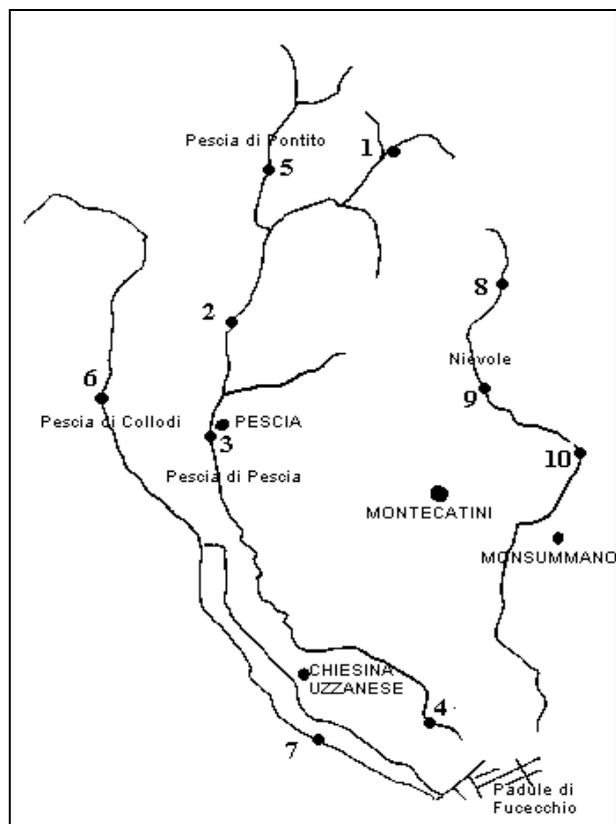


Fig. 3. Bacino del Pescia. Stazioni di campionamento

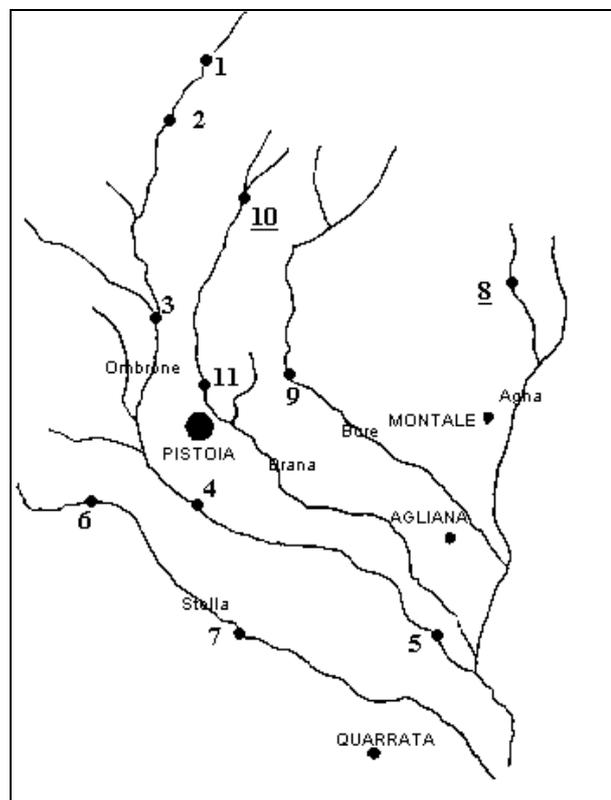


Fig. 4. Bacino dell'Ombrone. Stazioni di campionamento (sottolineate le stazioni dove lo scazzone è presente)

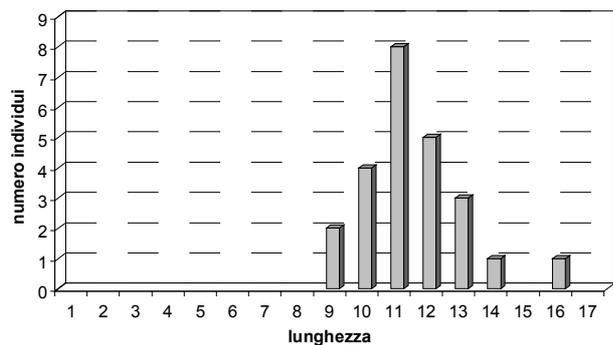


Fig. 5. F. Reno, loc. Ghiacciaie. Struttura di popolazione di *C. gobio*

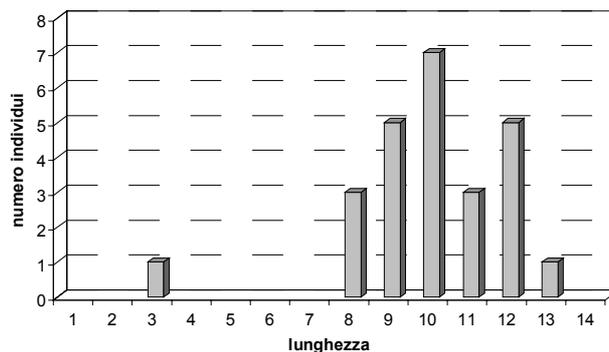


Fig. 6. T. Limentra di Sambuca, loc. Taviano. Struttura di popolazione di *C. gobio*

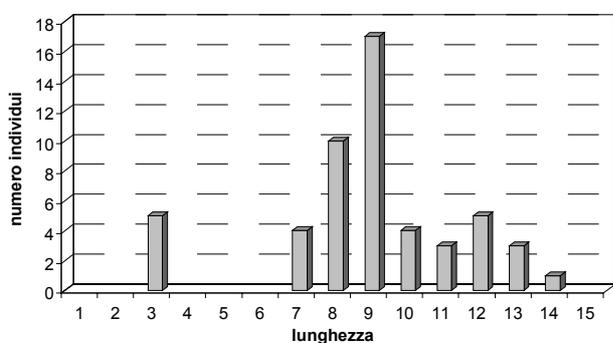


Fig. 7. T. Limentrella, loc. Campaldaio. Struttura di popolazione di *C. gobio*

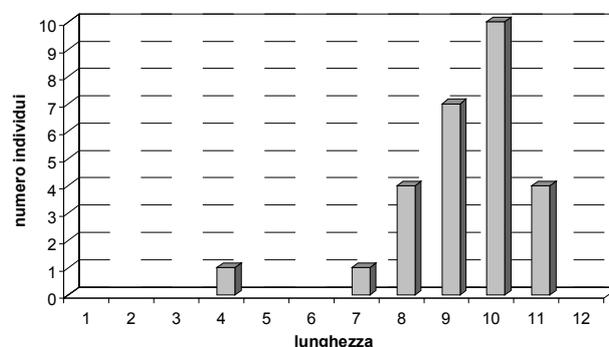


Fig. 8. T. Agna, loc. Ponte alle Trecche. Struttura di popolazione di *C. gobio*

presenza nei torrenti Reno, Limentra di Treppio e di Sambuca, Lima e loro affluenti.

L'entità dei popolamenti risulta variabile. A basse densità nel bacino del Reno, mostra invece popolazioni consistenti nei corsi d'acqua tributari del Reno e nel Reno stesso. Questo dato risulta interessante e mostra un deciso incremento numerico della specie in questa pur limitata area geografica, rispetto a quanto descritto da VOLIANI *et al.*, (1994), in controtendenza con quanto rilevato per la specie a livello di areale di distribuzione generale.

In accordo con quanto descritto da altri autori, le

popolazioni di scazzone sembrano comunque aver subito una contrazione dovuta soprattutto alle massicce immissioni di salmonidi.

Ciò è particolarmente evidente nei corsi d'acqua tirrenici: nel bacino del Lima la specie, descritta come comune fino ad poco più di una decina di anni fa (AUTERI *et al.*, 1988), oggi risulta sporadica e molto limitata quanto a quadro distributivo; nel bacino dell'Ombrone lo scazzone è assente nell'asta principale, ma presente in alcuni affluenti. In particolare, nel torrente Agna è presente la popolazione forse meglio strutturata ed abbondante a livello provinciale.

BIBLIOGRAFIA

AUTERI R., BAINO R., MANNINI P., PIRAS A., REALE B., RIGHINI P., SERENA F., VOLIANI A., VOLPI C., 1988. *Gestione della fauna ittica: presupposti ecologici e popolazionistici*. Regione Toscana, 2 vol.

BIANCO P.G., 1996. Inquadramento zoogeografico dell'ittiofauna continentale autoctona nell'ambito della sottoregione euro-mediterranea. Atti del 4° Convegno Nazionale A.I.A.A.D. *Distribuzione della fauna ittica italiana* (Riva del Garda, 12-13

- dicembre 1991), Trento: 145-170.
- FERRI M., SALA L., TONGIORGI P., 1986. *Fauna ittica delle province di Modena e Reggio Emilia*. F.I.P.S. sez. Modena - Provincia di Modena, Modena, 87 pp.
- GANDOLFI G., MARCONATO A., TORRICELLI P., ZERUNIAN S., 1991. *Ipesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 617 pp.
- MARCONATO A., SALVIATI S., MAIO G., MARCONATO E., 1986. *La distribuzione dell'ittiofauna in provincia di Vicenza*. Provincia di Vicenza - Assessorato Pesca, Vicenza, 149 pp.
- PEDROLI J.C., ZAUGG B., KIRCHOFER A., 1991. *Verbreitungsatlas der fische und rundmauler der Schweiz*. Schweizerisches Zentrum für kartografische Erfassung der Fauna, Neuchatel, 207 pp.
- TORTONESE E., 1975. *Fauna d'Italia*. 11 *Osteichthyes*. Ed. Calderini, Bologna, 636 pp.
- VOLIANI A., FERRI M., RIGHINI P., RIZZOLI M., SALA L., ZACCANTI F., 1996. Considerazioni sulla distribuzione di *Cottus gobio* L., 1756 nell'Appennino tosco-emiliano. Atti del Quinto Convegno Nazionale A.I.I.A.D. *Biologia dei salmonidi: tutela e gestione delle popolazioni indigene* (Montecchio Maggiore (VI), 28-29 ottobre 1994), Vicenza: 397-400.
- VUKOVIC T., IVANOVIC B., 1971. *Slatkovodne ribe Jugoslavije*. Zemaliski Muzej BiH, Sarajevo, 268 pp.

Biologia della rovella, del cavedano e del barbo nei bacini del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano (Pisces; Cyprinidae)

Pier Giorgio Bianco*, Emanuela Santoro

Dipartimento di Zoologia, Via Mezzocannone 8, I-80134 Napoli

* Referente per la corrispondenza: fax ++39 081 2535210; e-mail gbianco@unina.it

Riassunto

Vengono analizzate, nei bacini del Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano, le caratteristiche biologiche dei popolamenti di tre specie di ciprinidi autoctoni italiani: la rovella, *Rutilus rubilio*, il barbo tiberino, *Barbus tyberinus* e il cavedano comune, *Leuciscus cephalus*. L'attuale distribuzione è stata alterata dalle immissioni e le tre specie possono essere considerate native solo nel complesso Sele-Calore. La stagione riproduttiva delle tre specie è simile e inizia a marzo e termina a giugno, con casi sporadici di riproduzione in febbraio e luglio. I maschi di tutte e tre le specie in esame sono meno longevi delle femmine e raggiungono la maturità sessuale più precocemente, circa un anno prima. La massima età osservata nelle femmine, più longeve dei maschi, è di 5-6 anni per la rovella, 7 per il cavedano e per il barbo. Nelle tre specie è stata osservata una riproduzione stagionale multipla (*multispawner*). Nel confronto con popolazioni di altre regioni d'Italia e d'Europa, sia i cavedani che i barbi del Parco Nazionale appartengono alle popolazioni a media crescita caratterizzate, nel confronto di quelle a crescita maggiore del Tevere e del Po, da longevità e massime dimensioni raggiunte inferiori, precocità del raggiungimento dello stadio adulto sia nei maschi che nelle femmine e anticipazione della stagione riproduttiva.

PAROLE CHIAVE: cavedano / rovella / barbo appenninico / biologia / conservazione / ecologia

The reproductive biology of the Italian roach, European chub and Appenninian barb in the river basin of Cilento and Vallo di Diano National Park in southern Italy (Pisces; Cyprinidae)

The biology of three cyprinids species, *Rutilus rubilio* (Italian roach) *Barbus tyberinus* (Appenninian barb) and *Leuciscus cephalus* (European chub) from the Cilento National Park (CNP) in southern Italy is studied. The present distribution was altered by human interference and native populations still exist only in the Sele-Calore river system. The spawning season is from March till June in the three species, but seldom cases of reproduction were observed also in February and in July. The maximum age observed was in females, about 5, exceptionally 6 years in roach, and 7 years both in chub and barb. The longevity in males of the three species is about one or two years lesser than females. Males reach spawning condition about one year before females in all species. Multiple-spawner habits were observed in the three species. In comparison with populations from central and northern Italy, either chub or barb growth lesser and have a short longevity, but are precocious in reaching the adult conditions. In the CNP the populations of chub and barb belong to the group of populations living in small to medium sized rivers and are characterized by precocious spawning and anticipated reproductive season.

KEY WORDS: Chub / Italian roach / Appenninian barb / biology / conservation / distribution / ecology

INTRODUZIONE

I ciprinidi italiani sono stati raramente oggetto di analisi biologiche. Per quanto riguarda i generi *Barbus*, *Leuciscus* e *Rutilus*, oggetto del presente lavoro, esistono poche informazioni biologiche, soprattutto per i popolamenti dell'Italia meridionale. Per quanto riguarda i barbi di grosse dimensioni appartenenti al gruppo di *Barbus barbus* (L.) (BIANCO, 1998), vi sono alcuni lavori sul barbo, *Barbus plebejus* Bonaparte, 1839, del bacino del Po (VITALI e BRAGHIERI, 1983), del bacino dell'Adige (CONFORTINI, 1996) e del Vomano (TURIN et

al., 1996). Per il *B. tyberinus* Bonaparte, 1839, endemismo del distretto tosco-laziale, esiste un recente contributo di TANCIONI et al. (2001) per i popolamenti del Tevere ed un lavoro di sintesi di BIANCO (2003). Per il cavedano esiste un lavoro per i popolamenti del Po (VITALI e BRAGHIERI, 1983) mentre per la rovella, *Rutilus rubilio* (Bonaparte, 1837), anch'esso endemismo tipizzante il distretto tosco-laziale, notizie vengono riportate da ZERUNIAN (1982) e BIANCO e TARABORELLI (1985). *R. rubilio* e *B. tyberinus* sono incluse nella

lista delle specie minacciate elencate in IUCN (2004).

Nel presente lavoro riportiamo dati biologici su tre specie di questi ciprinidi: *Barbus tyberinus*, *Rutilus rubilio* e *Leuciscus cephalus*. Le prime due, nonostante il loro interesse scientifico (endemismi nostrani) e conservazionistici (specie che in alcuni bacini tendono a scomparire sia per distruzione di habitat che per l'introduzione di alieni), non vengono prese in considerazione per fini di conservazione neanche nei parchi nazionali. Si spera che l'analisi biologica di queste specie in bacini ricadenti nel Parco Nazionale del Cilento e Vallo di Diano (PNCVD) possa contribuire in futuro alla redazione di piani di gestione della fauna acquatica endemica/autoctona delle province e parchi dell'Italia centrale e meridionale.

Per quanto riguarda le origini di queste tre specie, la rovello risulta introdotta nei bacini a sud del complesso Sele-Calore, in quanto non esisteva in questi fiumi durante le estensive raccolte fatte circa 25 anni fa. In particolare, nel fiume Mingardo, la rovello era frequente in tutto il bacino, ma, a memoria d'uomo, questa specie non esisteva in passato. I cavedani e i barbi ora dominanti nel fiume, sono quindi di origini anch'esse alloctone. Lo stesso vale per la rovello e cavedani e i barbi ritrovati nel fiume Bussento, dove una volta esistevano solamente trote (BIANCO e TARABORELLI, 1985; BIANCO e RECCHIA, 1983; BIANCO osservazione personale).

Questo lavoro è stato parzialmente finanziato dal PNCVD ed è in parte il risultato di ricerche condotte per altri fini: potenzialità alimentari della biomassa ittica

per il sostegno di popolazioni di lontra (*Lutra lutra* L.) del PNCVD. Notizie di carattere ecologico e biogeografico sono quindi contenute in un lavoro tecnico redatto per conto del Parco in oggetto (BIANCO *et al.*, 2002).

MATERIALI E METODI

Il campionamento delle specie è stato fatto in diverse stazioni localizzate nel PNCVD, ricadenti nei bacini principali o negli affluenti dei fiumi Calore Cilentano, Mingardo, Bussento e Lambro. L'elenco delle stazioni visitate è riportato nella tabella I. Per la raccolta dei campioni ci si è avvalsi dell'uso di un elettrostorditore portatile e di retini a mano. Per lo studio dei cicli biologici delle tre specie esaminate, esse sono state campionate con frequenza mensile in due stazioni: una sul fiume Mingardo ed una sul fiume Calore. I dati di questo lavoro si riferiscono in particolare ai campionamenti di marzo-maggio effettuati in questi due ultimi fiumi. Degli esemplari catturati è stata misurata la lunghezza standard mediante calibro decimale ed è stato rilevato il peso con bilancia analitica a 0,1 g di precisione. Di molti esemplari sono state prelevate le squame per la determinazione dell'età; dopo i rilievi parte del materiale è stato rilasciato in vita.

Alcuni esemplari, 5 maschi e 5 femmine, per ciascun mese di raccolta nelle stazioni visitate con cadenza mensile (Celle di Bulgarie sul Mingardo e Castel San Lorenzo sul Calore) sono stati sacrificati mediante eutanasia con dose letale di MS 222. In questi esemplari sono state sezionate e pesate le gonadi per calco-

Tab. I. Stazioni di raccolte visitate e mesi di riferimento nei bacini del PNCVD. Con + sono indicati i mesi di campionamento

Corso d'acqua	Località	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Novembre
F. Lambro	Futani	-	-	-	+	-	-
F. Lambro	San Maurola Bruca	+	-	-	-	+	-
F. Mingardo	Celle di Bulgarie	+	+	+	+	+	+
F. Mingardo	Laurito	+	-	-	-	+	-
F. Bussento	Calleo	-	+	+	+	+	-
F. Bussento	Sicili	-	+	-	-	+	-
F. Bussento	Casaletto Spartano	-	-	+	+	+	+
F. Bussento	Ponte Farnitani Sanza	-	-	-	-	+	+
F. Calore	Magliano Nuovo	-	+	-	+	+	-
F. Calore	Alvani	-	-	-	-	+	-
F. Calore	Laurino Sant'Elena	+	-	+	-	+	-
F. Calore	Castel San Lorenzo	+	+	+	+	+	+
T. Ripiti	Rossigno Vecchio	-	-	-	+	+	-
T. Ripiti	S. Vito (Bellosguardo)	-	-	-	-	+	-
T. Fasanella	Sant'Angelo a Fasanella	-	-	+	-	+	-
F. Badolato	Salicuneta	+	-	-	-	+	-
T. Fiumarella	Marina d'Ascea	-	+	-	-	+	-
T. Fiumara	Felitto Piano	+	+	-	+	-	-
T. Fiumara	Felitto Piano	+	+	-	-	+	-

lare gli indici gonadosomatici (IGS) e la fecondità relativa delle femmine. La fecondità assoluta è stata calcolata contando il numero di uova per grammo di gonade in femmine con gonadi al 5° stadio di sviluppo (RINCHARD e KESTEMONT, 1996). È stato anche misurato il diametro delle uova per verificare l'esistenza di riproduzione ripetitiva. Le uova, infatti, si presentano a differente stato di maturazione, con quelle all'ultimo stadio sullo strato esterno (pronte per essere espulse) e quelle in corso di maturazione negli strati più profondi (*multispawner*). I conteggi delle uova, per la verifica della riproduzione ripetitiva e per il calcolo della fecondità, sono relative ad una sezione sagittale di un grammo di gonade umida.

Il calcolo della relazione lunghezza-peso e dell'accrescimento secondo l'equazione di crescita non-lineare di von Bertalanffy è stata fatto per i sessi combinati, mediante l'uso del programma "Simply Growth" della PISCES CONSERVATION LIMITED (2001). Per il cavedano ed il barbo sono stati usati i campionamenti di marzo-aprile e non sono stati inclusi gli esemplari

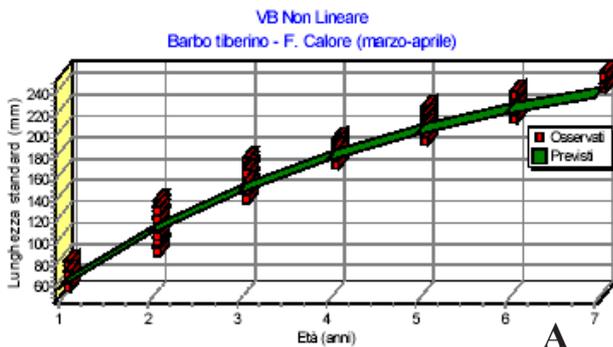
appena nati (0+). La classe 0+ è stata invece inclusa nelle rovelle dove i campionamenti analizzati sono stati fatti in aprile-maggio.

RISULTATI E DISCUSSIONE

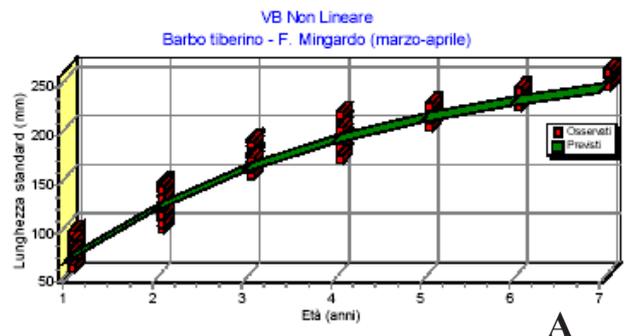
Accrescimento e longevità

Barbo (Barbus tyberinus)

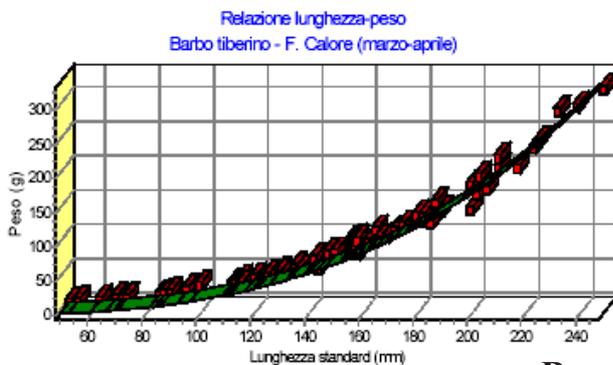
Nelle figure 1 e 2 sono riportate le curve di accrescimento secondo von Bertalanffy e la relazione lunghezza/peso per i sessi combinati del barbo del Calore (n= 96) e del Mingardo (n= 116). Come mostrano i grafici, si riscontrano alcune differenze tra le popolazioni dei due fiumi: quelle del Calore, infatti, si accrescono più velocemente di quelle del Mingardo. L'analisi complessiva dei sessi combinati ha permesso di rilevare l'esistenza di 7 classi di età (8 considerando la classe dell'anno 0+), mentre l'individuo di maggior taglia, una femmina di età 7+, misurava 260 mm di lunghezza standard e pesava 365 g.



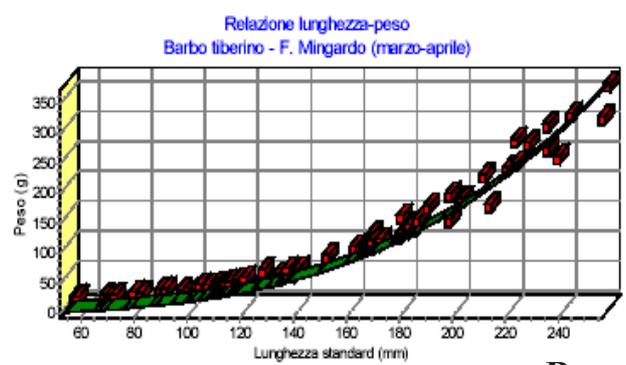
k = 0,173 (95% limite di confidenza ±0,002)
 LS infinito = 366,6 mm (95% limite di confidenza ± 2,3)



k = 0,286 (95% limite di confidenza ± 0,003)
 LS infinito=283,2 mm (95% limite di confidenza ± 4,2)



a (fattore di condizionamento) = 3,2
 b (potenza) = 2,9



a (fattore di condizionamento) = 8,1
 b (potenza) = 3,2

Fig. 1. Andamento secondo von Bertalanffy della lunghezza standard (LS), in funzione dell'età (A), e relazione lunghezza standard/peso (B), nel barbo del fiume Calore.

Fig. 2. Andamento secondo von Bertalanffy della lunghezza standard (LS), in funzione dell'età (A), e relazione lunghezza standard/peso (B), nel barbo del fiume Mingardo.

Cavedano (*Leuciscus cephalus*)

Nelle figure 3 e 4 sono riportate le curve di accrescimento secondo von Bertalanffy e la relazione lunghezza/peso per i sessi combinati del cavedano del Calore (n= 94) e del Mingardo (n= 109). Dal confronto di questi grafici (Fig. 3 e 4) si riscontrano le stesse differenze osservate per il barbo. La popolazione di cavedano del Calore, infatti, presenta una crescita maggiore nei confronti di quella del Mingardo. L'individuo più grande era di sesso femminile, di età 7+, con una lunghezza standard pari a 258 mm e un peso di 345 gr.

Rovella (*Rutilus rubilio*)

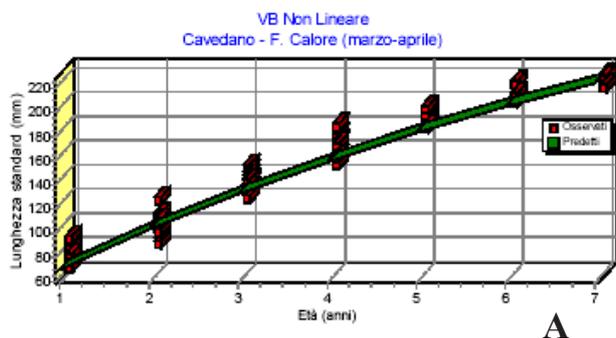
Nelle figure 5 e 6 sono riportate le curve di accrescimento secondo von Bertalanffy e la relazione lunghezza/peso per i sessi combinati di rovello del Mingardo (n= 122) e del Calore (n= 98). L'andamento delle curve di accrescimento (Fig. 5 e 6) mette in evidenza le differenze tra il fiume Mingardo e il fiume Calore per i sessi combinati; infatti si evince un maggior rapporto di crescita per il fiume Calore, sia per quanto riguarda la lunghezza standard che per il peso corporeo. Come mostrano i grafici, nel Calore si è

riscontrata una relativa rapidità di crescita; l'individuo più grande era una femmina lunga 130 mm di lunghezza standard e un peso di 45 g. In ogni caso, in entrambi i fiumi sono presenti pesci che raggiungono una età 5+.

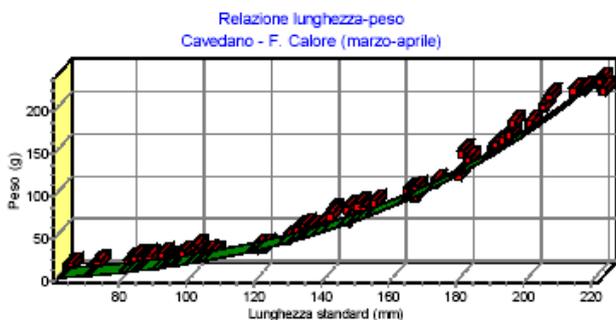
Confronto tra le popolazioni complessive dei fiumi Calore e Mingardo

I dati complessivi per ciascuna stazione sopra riportati sono stati accumulati per ciascun bacino sia per esaminare l'andamento di alcuni parametri biologici, nell'ambito dello stesso bacino, sia per stabilire l'esistenza di eventuali differenze tra i ciprinidi dei bacini dei fiumi Calore e Mingardo nel PNCVD. Tuttavia, le nostre analisi, per quanto riguarda il bacino del Calore, hanno riguardato il tratto medio e alto scorrente nel Parco. In questa zona il Calore ha un carattere prevalentemente torrentizio.

È noto che l'accrescimento e la longevità dei ciprinidi dipendono dalle dimensioni del bacino in cui si adattano le popolazioni locali. Nei bacini di notevole portata i cavedani, i barbi e le rovelle crescono più rapidamente, sono più longevi e la maturità sessuale è tardiva (per esempio per i cavedani: 3+ i maschi e 4+ le

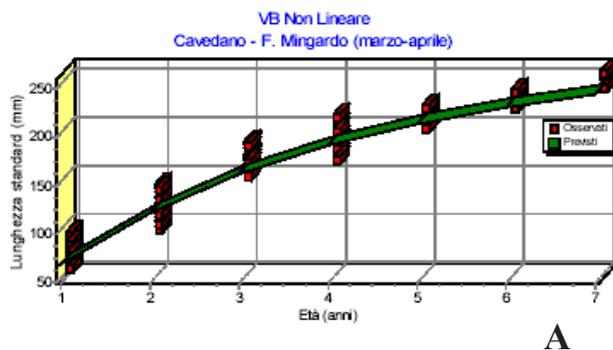


$k = 0,104$ (95% limite di confidenza $\pm 0,003$)
 LS infinito = 401,5 mm (95% limite di confidenza $\pm 7,1$)

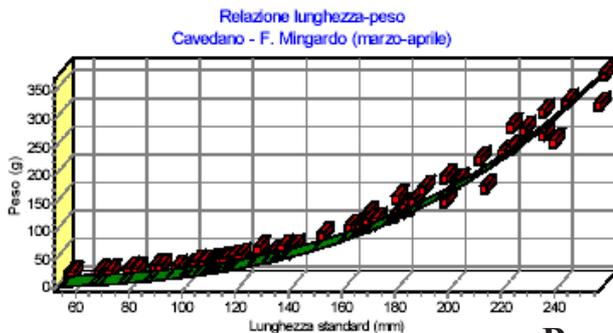


a (fattore di condizionamento) = 1,6
 b (potenza) = 3,1

Fig. 3. Andamento secondo von Bertalanffy della lunghezza standard (LS), in funzione dell'età (A), e relazione lunghezza standard/peso (B), nel cavedano del fiume Calore.

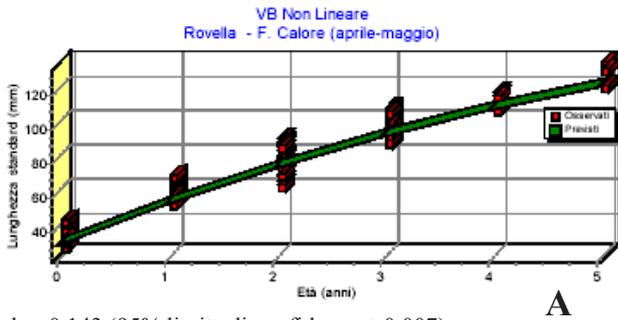


$k = 0,283$ (95% limite di confidenza $\pm 0,003$)
 LS infinito = 283,2 mm (95% limite di confidenza $\pm 3,2$)

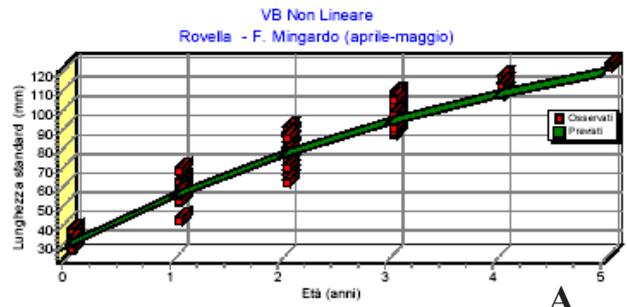


a (fattore di condizionamento) = 8,1
 b (potenza) = 3,2

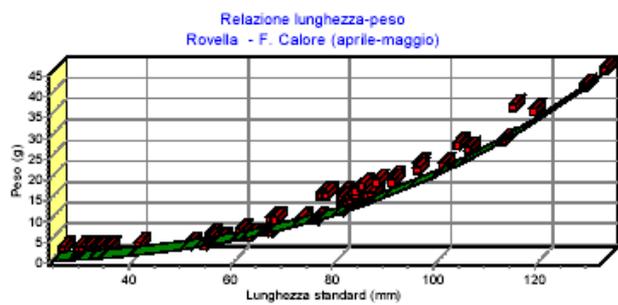
Fig. 4. Andamento secondo von Bertalanffy della lunghezza standard (LS), in funzione dell'età (A), e relazione lunghezza standard/peso (B), nel cavedano del fiume Mingardo.



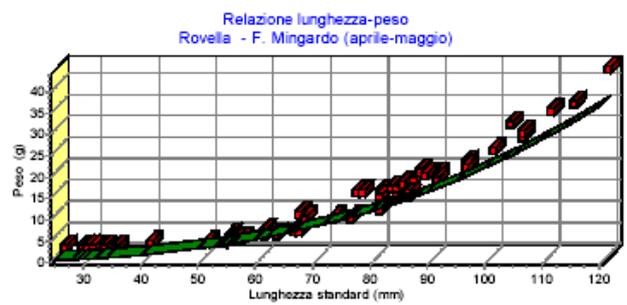
$k = 0,143$ (95% limite di confidenza $\pm 0,007$)
 LS infinito = 213,3 mm (95% limite di confidenza $\pm 6,5$)



$k = 0,236$ (95% limite di confidenza $\pm 0,009$)
 LS infinito = 172,8mm (95% limite di confidenza $\pm 4,4$)



a (fattore di condizionamento) = 8,7
 b (potenza) = 2,7



a (fattore di condizionamento) = 6,4
 b (potenza) = 2,8

Fig. 5. Andamento secondo von Bertalanffy della lunghezza standard (LS), in funzione dell'età (A), e relazione lunghezza standard/peso (B), nella rovella del fiume Calore.

Fig. 6. Andamento secondo von Bertalanffy della lunghezza standard (LS), in funzione dell'età (A), e relazione lunghezza standard/peso (B), nella rovella del fiume Mingardo.

femmine) (BIANCO, 1988). È probabile, quindi, che i nostri dati sul fiume Calore per il tratto scorrente nel PNCVD non corrispondano a quelli di popolazioni che vivono nel tratto terminale e nel bacino principale del Sele, di cui il Calore è affluente di sinistra, bacini in cui la portata e le dimensioni complessive sono maggiori e dove i parametri di crescita e di età dovrebbero essere maggiori. Dai nostri dati, tuttavia, si evince che l'accrescimento delle tre specie risulta maggiore nel bacino del Calore che in quello del Mingardo. Questo è in accordo con quanto sopra esposto in quanto il Mingardo presenta portate medie inferiori a quelle del Calore nei tratti presi in esame. Infine, per il cavedano, abbiamo confrontato i nostri dati con quanto disponibile in letteratura, in Italia, per il bacino del Po (VITALI e BAGHERI, 1983), per i laghi artificiali di Brasinone e Suviana (TRISOLINI et al., 1991) e per il bacino del fiume Vomano (TURIN et al., 1996). Il cavedano in Italia meridionale non è stato oggetto di studi approfonditi e molte delle notizie da noi riportate sono attualmente le uniche disponibili per la specie.

Indici gonadosomatici delle femmine ed età di prima maturazione

L'andamento dell'indice gonadosomatico (IGS) nel

corso dei mesi e delle stagioni ha permesso di delimitare il periodo della stagione riproduttiva. Nelle figure 7, 8 e 9 sono riportati gli andamenti dell'IGS delle tre specie. I periodi riproduttivi sono sovrapponibili per le tre specie. La stagione riproduttiva inizia a marzo con casi sporadici di adulti riproduttivi in febbraio e termina a giugno con casi isolati a luglio. Per quanto riguarda l'età della prima maturazione sessuale, questa è 1+ per i maschi di rovella e 2+ per le femmine della stessa specie, con casi di femmine adulte anche ad età 1+.

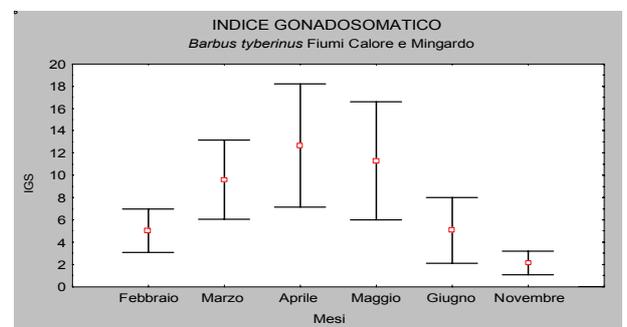


Fig. 7. Variazione stagionale (media \pm una deviazione standard) dell'Indice gonadosomatico nelle femmine di barbo nei fiumi Mingardo e Calore.

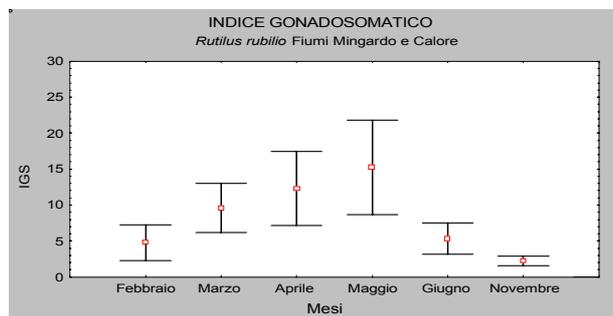


Fig. 8. Variazione stagionale (media \pm una deviazione standard) dell'Indice gonadosomatico nelle femmine di rovello nei fiumi Mingardo e Calore.

Per quanto riguarda i cavedani, i maschi raggiungono la maturità sessuale ad età 2+ con casi sporadici a 1+, mentre le femmine maturano con circa un anno di ritardo. Situazione simile si riscontra nel barbo, specie in cui i maschi possono raggiungere la maturità sessuale anche ad età di 1+, ma generalmente a 2+; le femmine invece maturano a partire dall'età 2+. Per quanto riguarda la longevità, le rovelle non sembrano oltrepassare un'età massima di 5+ (tranne un caso isolato di 6+), mentre sia nei cavedani che nei barbi la massima età riscontrata è stata di 7+. I maschi di cavedano e di barbo, tuttavia, tendono ad essere meno longevi e la massima età riscontrata è stata di 5+.

Riproduzione ripetitiva e fecondità

Nei mesi di aprile e maggio le femmine adulte riproduttive di tutte e tre le specie presentavano uova a differente stadio di sviluppo. Una parte (circa il 30%) è rappresentato da uova mature pronte per l'espulsione con diametro di circa 1,3-1,6 mm nel barbo tiberino e nel cavedano e 1,0-1,3 mm nelle rovelle, mentre le restanti variano secondo 2 o 3 classi di grandezza includendo gruppi di 0,4-0,6 mm, 0,6-0,8 e da 0,9 fino a circa 1,2 mm sia nel cavedano che nel barbo (qualche decimo di mm meno nelle rovelle). La riproduzione ripetitiva è probabilmente una strategia riproduttiva adottata da molti ciprinidi per garantire il successo riproduttivo, specialmente in ambienti molto variabili come i fiumi delle zone calde o aride, dove alcune deposizioni possono essere distrutte da eventi meteorologici quali piene o trasporto di detriti o periodi di eccessiva magra. Con la riproduzione ripetuta, le femmine possono quindi rimpiazzare covate distrutte per eventi naturali eccezionali, o anche causati dall'uomo.

Nel mese di giugno, per i cavedani, sono state ritrovate nel fiume Calore femmine riproduttive con uova di diametro costante, tutte pronte per l'espulsione. Questo significa che la stagione riproduttiva del cavedano arriva sicuramente a giugno con gli ultimi

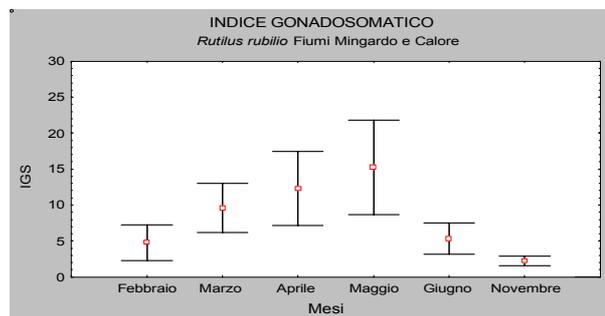


Fig. 9. Variazione stagionale (media \pm una deviazione standard) dell'Indice gonadosomatico delle femmine di cavedano nei fiumi Mingardo e Calore.

eventi di deposizione o, al massimo, a luglio. L'andamento della stagione riproduttiva nel Mingardo appare del tutto simile. Diversa la situazione nel bacino del Po, dove la stagione riproduttiva inizia ad aprile e termina a luglio (VITALI e BRAGHERI, 1983). Questo sfasamento stagionale della riproduzione è probabilmente dovuto alla precocità degli innalzamenti della temperatura media in primavera nel sud d'Italia, con il precoce innesco delle catene trofiche e l'abbondanza di cibo che permette un rapido sviluppo delle gonadi degli adulti. Le temperature ottimali e l'innesco delle catene trofiche si verificano tardivamente, circa un mese dopo, nell'Italia settentrionale. Più a sud, in Europa, per esempio in Grecia, la stagione riproduttiva appare ancora più anticipata, con riproduzione estensiva, per i cavedani, a partire da febbraio (BIANCO, 1988).

Il numero di uova a diverso stadio di sviluppo osservate in femmine riproduttive ad aprile-maggio contenute in un grammo di gonade varia da 800 a 1000 nel cavedano e nel barbo e 900-1100 nella rovello. La fecondità assoluta (numero di uova per peso della femmina) osservata per i cavedani e i barbi varia tra 2700-3200 per 100 g di femmina adulta riproduttiva sia nel cavedano che nel barbo, e 290-340 per 10 g di femmina nella rovello.

CONCLUSIONI

I cavedani, le rovelle e i barbi del PNCVD sono in gran parte di origine alloctona, ad eccezione di quelli esistenti nel complesso Sele-Calore. Il bacino del Sele, infatti, rappresenta il limite meridionale occidentale naturale del distretto tosco laziale e dei pesci primari in Italia.

La stagione riproduttiva delle tre specie nel PNCVD, inizia a marzo e termina a giugno con probabili casi di maturazione precoce a febbraio o tardiva in luglio.

I maschi di tutte e tre le specie in esame sono meno longevi delle femmine (età massima riscontrata 5+ per il cavedano e per il barbo, 4+ per la rovello) e raggiun-

gono la maturità sessuale a 2+ con casi isolati di 1+ (come avviene in Grecia).

Le femmine sono più longeve dei maschi e raggiungono dimensioni ed età maggiori: età massima osservata 7+ per cavedano e barbo e 5+ per la rovella. La maturazione delle gonadi avviene ad età 3+ con casi sporadici a 2+ sia nel barbo che nel cavedano, e a 2+, eccezionalmente 1+, nella rovella. Le femmine subiscono quindi un anno di accrescimento somatico in più rispetto ai maschi e raggiungono anche dimensioni maggiori. Questo le avvantaggia dal punto di vista evolutivo in quanto le femmine più grosse sono più feconde e garantiscono una discendenza più numerosa di quella delle femmine piccole (MANN, 1991).

Le femmine, durante la fase riproduttiva, presentano uova a differente stadio di sviluppo. Come in molte specie di ciprinidi, anche le tre specie in studio presentano una riproduzione stagionale multipla (*multiple-spawners*).

Sono state osservate variazioni di rilievo di crescita

tra i popolamenti di ciprinidi del Calore e quelli del Mingardo. Nel Calore gli esemplari presentano una crescita maggiore e questo può essere messo in relazione alla differenza di regime idrico, con portate medie annuali maggiori nel Calore rispetto al Mingardo.

Nel confronto con popolazioni di altre regioni d'Italia e d'Europa, i cavedani del PNCVD appartengono alle popolazioni a media crescita adattate nei fiumi di ridotte dimensioni. Nei grandi fiumi settentrionali e nei laghi il cavedano è più longevo e può raggiungere, in certi casi, i 12 anni di età e oltre i 3 kg di peso. Inoltre presenta una stagione riproduttiva tardo primaverile-estiva (aprile-luglio) e raggiunge la maturità sessuale in età più tardiva (3+, 4+ nei maschi e 4+, 5+ le femmine). Una dipendenza tra longevità e precocità di maturazione degli adulti viventi nei bacini a minor portata è stata osservata anche tra i barbi del Tevere (TANCIONI *et al.*, 2001) e quelli esistenti nei fiumi a ridotta portata del PNCVD (dati di questo contributo).

BIBLIOGRAFIA

- BIANCO P.G., 1988. *Leuciscus cephalus* (Linnaeus), with record of fingerling adult males, *Leuciscus pleurobipunctatus* (Stephaniadis) and their hybrids from western Greece. *J. Fish Biol.*, **32**: 1-16.
- BIANCO P.G., 1998. Diversity of Barbinae fishes in southern Europe with description of a new genus and a new species. *Ital. J. Zoology*, **65**, Suppl.: 125-136.
- BIANCO P.G., 2003. *Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839. In: *The freshwater fishes of Europe*, P. Banareescu and N. Bogutskaya eds., Cyprinidae Vol 5/II, Cyprinidae 2, part II: *Barbus*. AULA-Verlag, Wiebelsheim: 421-449.
- BIANCO P.G., TARABORELLI T., 1985. Contributo alla conoscenza del genere *Rutilus* Rafinesque in Italia & Balcani occidentali. *Boll. Mus. Reg. Sci. Nat.*, Torino, **3**: 131-172.
- BIANCO P.G., RECCHIA F., 1983. The leuciscinae of the *squalius* species complex in Italy (Pisces, Cyprinidae). *Boll. Zool.*, **50**: 15-19.
- BIANCO P.G., MARCONATO E., BUSATTO T., DE MAJO T., MAIO G., SALVIATI S., 2002. *Indagine sui popolamenti ittici dei principali corsi d'acqua del Parco Nazionale del Cilento*. Dip. Zoologia Napoli, AQUAPROGRAM, Vicenza, 85 pp.
- CONFORTINI I., 1996. Accrescimento e biologia riproduttiva del barbo, *Barbus plebejus* Bonaparte, 1839, nel tratto veronese del fiume Adige. *Atti V Congresso AllAD*. Amm. Prov. Ass. Pesca, Vicenza: 213-220.
- IUCN, 2004. *Red List of Threatened Species*. Downloaded on 12.02.04. www.redlist.org
- MANN R.H.K., 1991. Growth and production: In: *Cyprinid Fishes: Systematics, biology and exploitation*, I.J. Winfield and J.S. Nelson eds. Chapman & Hall, Fish and Fisheries Series, 3. London: 456-482.
- PISCES CONSERVATION LTD, 2001. *Simply growth: a program with fits and plots von Bertalanffy, Gompertz and Logistic growth curves to length and/or weight at age data*.
- RINCHARD J., KESTEMONT P., 1996. Comparative study of reproductive biology in single & multiple-spawner cyprinid fish. I. Morphological and histological features. *J. Fish Biol.*, **49**: 883-894.
- TANCIONI L., CECCHETTI M., COSTA C., EBOLI A., DI MARCO P., 2001. Contributo alla conoscenza della biologia riproduttiva del barbo tiberino, *Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839. *Quaderni ETP*, **30**: 155-158
- TRISOLINI R., FRANZOI P., ROSSI R., 1991. Struttura e dinamica di popolazione di alcune specie di ciprinidi *Leuciscus cephalus* (L., 1758), cavedano; *Chondrostoma soetta* Bonaparte (1840), savetta; e *Rutilus pigus* (Lacepede, 1804), pigo nei laghi Suviana e Brasimone (Bacini artificiali dell'appennino Tosco-Emiliano). *Riv. Idrobiol.*, **30**: 201-229.
- TURIN P., ZANETTI M., LORO R., MONACO D., LUCANTONI V., RUGGIERI L., GRAVA VANIN B., BILO M.F., 1996. Distribuzione e dinamica di popolazione di *Leuciscus cephalus* nel bacino del Vomano. In *Atti V Convegno A.I.I.A.D.*, Amm. Prov. Ass. Pesca, Vicenza: 461-468.
- VITALI R., BRAGHERI L., 1983. Population dynamics of *Barbus plebejus* (Valenciennes) and *Leuciscus cephalus cabeda* (Risso) in the middle Po river (Italy). *Hydrobiologia*, **109**: 105-124.
- ZERUNIAN S., 1982. Il comportamento riproduttivo del trotto *Rutilus rubilio* (Bp.) (Pisces, Cyprinidae). *Boll. Museo civ. Storia nat.* Verona, **7**: 265-273.

Formazione ed aggiornamento per la progettazione di passaggi per pesci, 1984-2002

Mauro Ferri

Via San Remo 140 - 41100 MODENA; m-ferri@libero.it; www.passaggiiperpesci.it

Riassunto

Dopo aver organizzato i convegni di Modena (1984) e Milano (1985) sui Passaggi per Pesci, la Provincia di Modena ne ha curato la stampa e la diffusione degli Atti, contenenti anche le riproduzioni anastatiche di alcune opere originali recentemente edite in Francia ed UK. Sono stati successivamente realizzati due stage formativi (1986, 1987) e un seminario (1989) fondamentali per assicurare assistenza sui Passaggi per Pesci a favore di enti ed associazioni impegnate nella gestione idraulica o nella ricerca applicata alla tutela del patrimonio ittico delle acque interne italiane. La collaborazione con il DIAF dell'Università di Firenze ha permesso di specializzare un dottorando la collaborazione con AIIAD e FAO è stata di stimolo per realizzare un ulteriore Seminario a Modena (gennaio 2002), un'occasione per diffondere aggiornamenti ed informazioni tecniche importanti per lo stato dell'arte dei passaggi per pesci in Europa ed in Italia.

PAROLE CHIAVE: passaggi per pesci

Formation and updating for fishway design

The Province in Modena organized the conferences of Modena (1984) and Milan (1985) on <fishways> and take care of the press and of the diffusion of the proceedings, containing the reproductions of some fundamental works edited in France and UK. Two formative stages (1986, 1987) and a Seminar (1989) have been realized, fundamental to assure assistance on fishways design for associations and institutions concerned in the hydraulic management or in the protection of the fishmass of the inland Italian waters. The collaboration with the DIAF (Dept. of Hydrol. for Farmland and Forestry of the University in Florence) allowed to specialize a ph. doc. on fishways and finally the collaboration with AIIAD and FAO stimulated for a new Seminar in Modena (January 2002), an occasion to spread updates and important technical informations for the state of the art about fishways in Europe and in Italy.

KEY WORDS: fishways

Nel 1984 (Modena) e nel 1985 (Milano), per la Provincia di Modena (AA. VV., 1985), su incarico rispettivamente della Regione Emilia Romagna e della Regione Lombardia, ho avuto l'avventura di realizzare e coordinare ben due convegni sulla Progettazione di passaggi per pesci (PpP), i primi in Italia, stampando anche un volume con gli atti della prima iniziativa. La stampa degli Atti (Fig. 1) di quella iniziativa assunse una particolare importanza grazie alla riproduzione anastatica di quelli che, allora, erano aggiornatissimi documenti tecnici francesi ed inglesi (riprodotti su licenza), tuttora fondamentali per introdursi nella fisiologia del nuoto nei pesci (BEACH, 1984: Fig. 2) e nell'approccio

sistematico alla scelta ed al dimensionamento dei PpP (LARINIER, 1983: Fig. 3).

La esigenza di tale iniziativa era particolarmente pressante, considerata la assoluta carenza di riferimenti tecnici nazionali e, da allora, la Provincia di Modena è rimasta un punto di riferimento per tutti coloro che hanno avuto la necessità di ottenere il volume degli Atti, distribuito nel corso di una decina di anni in circa 500 copie e quindi soddisfacendo largamente le esigenze di associazioni, enti idraulici, enti territoriali e professionisti interessati alla materia. Nel volgere di breve tempo emerse comunque l'esigenza di assicurare continuità ed approfondimento all'argomento, tanto



Fig. 1. Due importanti riproduzioni anastatiche completano il volume degli Atti del 1984.

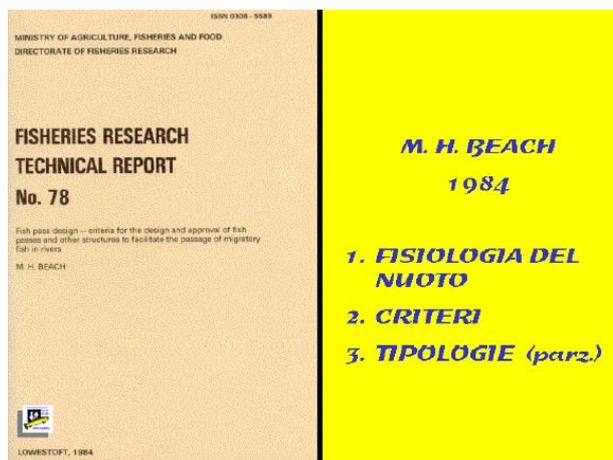


Fig. 2. Una insuperata introduzione alla fisiologia del nuoto nei pesci.

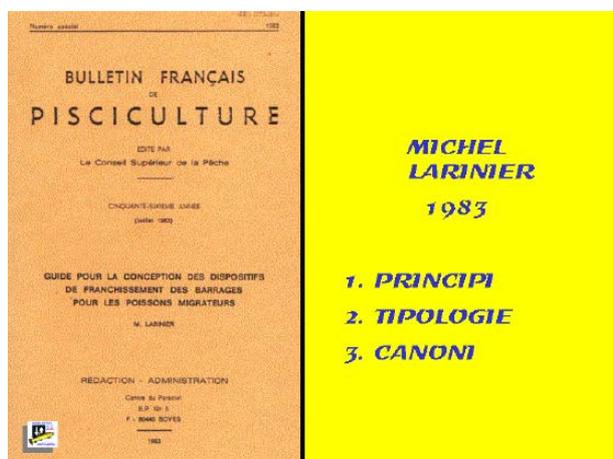


Fig. 3. Una lettura fonamentale prima di passare al pratico manuale del 1993.

da dover organizzare due veri *stage di formazione* calibrati su un modulo messo a punto per le esigenze nazionali, di 5 giorni l'uno, realizzati a Modena (1986) e a Toulouse (1987) con la fondamentale collaborazione del Conseil Supérieur de la Pêche e del CEMAGREF francesi. È noto che furono proprio i due stage suddetti a dare impulso alle prime realizzazioni "moderne" italiane (Ticino, alto Secchia), benché sia da riconoscere che anche la prima opera in assoluto (Sul Tidone, Piacenza) fu realizzata proprio ricorrendo alla lettura degli atti del convegno del 1984.

Nel tempo, le attività modenesi di sostegno divennero sempre più sempre più intense, ma necessariamente più indirette, dato il carattere assolutamente volontaristico di questo impegno, limitandosi a fornire pareri e consigli ad una lunga teoria di enti interessati a sviluppare idee e progetti: oltre che alle direzioni di varie imprese energetiche (ENEL di Roma, Venezia, Torino, Milano; AEM), sono stati assicurati pareri e consigli anche a Regioni, enti locali ed associazioni.

Il 1989 fu l'occasione per organizzare un vero workshop di aggiornamento che permise di mostrare ad un vasto pubblico i primi passaggi per pesci (PpP) progettati e realizzati in Italia, ma anche progetti di restauro e ripristino di passaggi per pesci correttamente realizzati lungo il F. Adda alla fine dell'800 (!), ottime testimonianze di archeologia industriale, stranamente dimenticate per oltre un secolo nonostante la loro validità. Non deve fuorviare il fatto che progettisti e imprese italiane già alla fine del XIX secolo sapessero progettare e realizzare opere di avanguardia, cadute ben presto nell'oblio: infatti già all'inizio del XX secolo i fiumi nazionali stavano assumendo sempre meno importanza per la pesca professionale nelle acque interne e stavano assumendo sempre più una residua importanza per la "nascente" "pesca sportiva" e ora tutti possiamo concordare quanto sia stato nefasto non avere un "tutore interessato" alla conservazione della risorsa ittica e quanti guasti abbia prodotto la cosiddetta "gestione della pesca sportiva", ... e questa, purtroppo, non è un'altra storia dato che la "ittiologia e la ittiogenica a sostegno della pesca sportiva" hanno davvero pesantemente condizionato per decenni la possibilità di un corretto approccio alla gestione fluviale che dovrebbe essere tutto basato sulla tutela delle biodiversità e non sulla concezione dei corpi idrici come meri "contenitori" per attività di ripopolamento *pronto pesca*.

Tornando alle iniziative modenesi sui PpP, queste furono ben presto concentrate sul sostegno alle iniziative di formazione svolte da terzi e che potevano ben accogliere l'argomento "progettazione di passaggi per pesci". Complessivamente le iniziative congressuali o di formazione professionale nelle quali è stato inserito

l'argomento specifico sono state molteplici, ma sono da segnalare soprattutto il convegno organizzato nel 1987 dal Museo di Storia naturale di Aulla sulla gestione dei bacini appenninici; seguì (1990) il convegno sulla gestione fluviale organizzato dal WWF ITALIA ad Orbetello; da segnalare poi il corso di ingegneria naturalistica (1997) organizzato dal Centro Antivalanghe di Arabba (BL) ed infine, non ultimo, anche l'impegno congressuale della nostra Associazione Ittiologi di Acqua Dolce (AIIAD) ed, infine, anche del CIRF (giugno 2002).

Fu proprio il rapporto con l'AIIAD che suggerì di rinnovare l'esame della materia in considerazione di un fatto nuovo che si registrava ovunque nel paese: la massiccia richiesta di realizzazioni puntiformi di PpP ipotizzati al di fuori di piani di conservazione delle specie e di restauro naturalistico dei bacini idrografici. Le richieste, è purtroppo amaramente noto a tutti, riguardavano e riguardano soprattutto le acque a salmonidi e per finalità di tutela non proprio "prioritarie" dal punto di vista faunistico-ambientale dato che dovrebbero sostenere la pseudo integrità di popolamenti di trote fario di recente origine antropica, nelle parti più elevate dei bacini idrografici. Purtroppo, tranne alcune importanti ma rarissime eccezioni (es. alcune iniziative locali di tutela della trota marmorata), nel nostro paese gli spostamenti ana- e catadromici di specie ittiche grandi migratrici continuano a rimanere al di fuori di una prospettiva di concreta tutela e contribuiscono all'inesorabile declino di cheppie, anguille, lamprede, trote marmorate, lasche, barbi canini... che (dobbiamo ammetterlo) sembrano interessare "emotivamente" e politicamente assai meno della onnipresente trota fario.

È comunque indubbio che la circolazione degli atti dei convegni dell'AIIAD ha ridato nuovo impulso ad esigenze professionali che stentavano a reperire una adeguata manualistica e che finalmente hanno potuto avere accesso agli Atti del Convegno del 1984. Alla fine degli anni '90 era ormai pressoché terminata la scorta del volume degli Atti di Modena del 1984 che, pure, si stava manifestando obsoleto (dopo tre lustri di onorato servizio) e sostituibile unicamente con manualistiche, ovviamente straniere, ottime ma di difficile reperimento per i più.

È in questa situazione che ho potuto recentemente avviare rapporti fra la Provincia di Modena ed il Dipartimento di idraulica agraria e forestale (DIAF) dell'Università di Firenze, con lo scopo di fornire assistenza ad un dottorato di ricerca basato su questa particolare specializzazione, per la quale si conferma ancora la assoluta carenza di materiale tecnico-scientifico "italiano", al di fuori di quello costantemente diffuso dalle attività di Modena.

Il rapporto con il DIAF di Firenze ha permesso di dare un ulteriore impulso a rinsaldare i contatti col CSP-CEMAGREF e a programmare, dopo ben 12 anni, un altro Seminario di aggiornamento per il 19-20 ottobre 2001, poi rinviato ed effettivamente realizzato a Modena il 25 gennaio 2002, con il concorso di nuovi partners: CSP-CEMAGRE per primo, DIAF e AIIAD quali propositori, ma anche la Food and Agriculture Organization (FAO, Roma) ed infine anche il Centro Italiano per la Riquilificazione Fluviale (CIRF).

La quantità di adesioni registrate a quest'ultimo convegno (ben 131) ha rivelato una volta di più l'esigenza di mantenere attiva l'attenzione su una materia tanto specializzata che, tra l'altro, anche col convegno del 2002, aveva potuto nuovamente beneficiare di un altro potentissimo aggiornamento manualistico realizzato proprio dal partner francese, presentato in anteprima europea proprio a Modena, poche settimane prima del suo *vernissage* ufficiale in madrepatria (questo aggiornamento 2002 è in realtà il terzo e deve essere necessariamente consultato sia con il manuale del 1993: Fig. 4) che con il suo aggiornamento del 1999. Le schede bibliografiche e le istruzioni per il reperimento di manuali e atti internazionali sui PpP sono contenute nel primo CD distribuito dalla Provincia di Modena durante il Seminario del 2002; la scheda per l'acquisto dell'aggiornamento 2002 fu, invece, distribuita nella stessa occasione solo in forma cartacea).

È interessante rilevare che la maggioranza dei convenuti all'ultimo seminario ha sollecitato espressamente la Provincia di Modena a mantenere vivo l'impegno sulla formazione e sull'aggiornamento e ciò è verificabile anche dal continuo afflusso di richieste degli Atti del 25 gennaio 2002. La Provincia sta infatti rapida-



Fig. 4. Questo insostituibile manuale è stato integrato da due aggiornamenti nel 1999 e nel 2002.

mente esaurendo la pur previdente scorta degli abstract degli interventi e dei due CD-Rom distribuiti quel giorno: un CD contiene selezioni bibliografiche aggiornate sui PpP con le istruzioni per reperire i documenti originali nonché la riproduzione integrale dei “gettonatissimi” Atti del 1984, mentre l’altro CD sviluppa l’argomento del *Deflusso Minimo Vitale in area montana* realizzato dall’Università di Parma e distribuito da un Parco regionale; completa il kit divulgativo del seminario del 25 gennaio 2002 un opuscolo edito dal DIAF e da una Provincia toscana, imperniato su una progettazione di passaggi per pesci su scala di bacino (finalmente!). Nel frattempo la Provincia di Modena ed il DIAF dovrebbero avviare a stampa gli Atti ufficiali del convegno del gennaio 2002 che però, a causa di tempi inevitabilmente lunghi, difficilmente potranno superare la freschezza e l’ampiezza dei supporti tecnici distribuiti il 25 gennaio ed ancora disponibili in limitatissima quantità.

Quale consuntivo per le attività di questi anni? Non è stato facile, ma dal 1984 al 2002 la Provincia di Modena ha potuto inserire e mantenere nel nostro paese la circolazione aggiornata di manualistiche di elevata qualità, producendo e sostenendo anche la circolazione di documenti e di iniziative di formazione e consultazione sui PpP, con l’interesse e l’appoggio di istituti ed associazioni professionali. Non da ultimo, è da registrare con soddisfazione anche l’avvio di concrete attività accademiche e professionali specializzate.

E il futuro? Come sempre da costruire, ma intanto la Regione Emilia Romagna, su richiesta della Provincia di Modena, sta instaurando con il DIAF di Firenze

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., 1985. Atti del convegno nazionale *Progettazione di passaggi artificiali per la risalita dei pesci nei fiumi*. Regione Emilia Romagna, Provincia di Modena
- AA. VV., 1993. *Manuale tecnico di ingegneria naturalistica*. Regione Veneto, Assessorato Agricoltura e Foreste; Regione Emilia Romagna, Assessorato Ambiente.
- AA. VV., 1990. Proceeding of *International Symposium on FISHWAYS '90*, Gifu, Japan, October 8-10, Published by The Organizing Committee for the International Symposium on Fishways '90 in Gifu, Japan.
- BEACH M.B., 1984. *Fish pass design*. Fish. Res. Tech. Rep. N° 78. Min. Agr. Fish. Food. Lowestoft, England.
- FERRI M., 1988. Passaggi per pesci negli sbarramenti fluviali: aspetti tecnici e politici del grave ritardo accumulato in Italia. In: Atti del Convegno *I corsi d'acqua minori dell'Italia appenninica*, Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana **6-7**: 305-308, Aulla (1986-8).
- FERRI M., 1991. I passaggi per pesci. In: *Tutela e gestione degli*



Fig. 5. Un sito specializzato al servizio degli specialisti.

una collaborazione che ha per scopo immediato il mantenimento di contatti fra CSP-CEMAGREF, FAO, e AIAD nonché, a medio termine, sostenere la “vera” formazione sviluppando un “modulo” didattico e strumenti che rispondano sempre più alle esigenze ambientali delle aree mediterranee; ovviamente l’impegno dovrà essere massimo anche nel sostenere la circolazione di contributi critici e di informazioni anche *on line*, come già avviene sperimentalmente sul “nostro” sito www.passaggi-per-pesci.it (Fig. 5), che già si sta rivelando un valido e concreto supporto e sostegno al corretto approccio interdisciplinare alla gestione dell’ambiente dei nostri (ahimè, sempre più) minacciati ecosistemi fluviali.

ambienti fluviali. WWF Italia. Serie atti e studi, n° 8, 1991: 105-121.

FERRI M., 1999. I passaggi per pesci. In: Atti del Corso *Ingegneria naturalistica e ambiente*, 30.09.96-10.10.96, Centro Antivalanghe di Arabba, BL (CD ROM).

LARINIER M. 1983. Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages pour le poissons migrateurs. *Boull. Fr. Pisc.*, **39**.

LARINIER M., PORCHER J.P., TRAVADE F., GOSSET C., 1993. *Passes à poissons: expertise, conception des ouvrages de franchissement*. Conseil Supérieur de la Pêche Edit.

LARINIER M., TRAVADE F., PORCHER J.P., 2002. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. *Boull. Fr. Pech. Piscic.* **364**, 1^{er} Trim.

PINI PRATO E., 2001. *Le scale di risalita per la tutela del patrimonio ittico: progetto di interventi per i corsi d'acqua della Val di Sieve*. Provincia di Firenze, DIAF (Dip. Ing. Agr. e Forest., Univ. Firenze).

Preferenze ambientali delle specie ittiche: sperimentazione di una metodica per la trasferibilità dei dati

Gaetano Gentili^{1*}, Stefano Maran², Rossana Bosi¹, Cesare Mario Puzzi¹

¹ GRAIA srl – Gestione Ricerca Ambientale Ittica Acque.

² CESI SpA – Centro elettrotecnico sperimentale Italiano Giacinto Motta.

* Referente per la corrispondenza: fax 0332 961162; graia@libero.it

RIASSUNTO

Le curve di preferenza, esprimendo il gradimento da parte di una specie ittica per i parametri idraulico-morfologici degli ambienti fluviali, sono utilizzate nella determinazione del deflusso minimo vitale e nella pianificazione di interventi di recupero o miglioramento degli habitat. Considerando che tali preferenze sono sito-specifiche e complesse da determinare, per la prima volta in Italia è stata applicata una procedura empirica di trasferibilità che permette, con uno sforzo contenuto, di validare dati bibliografici prima del loro utilizzo su nuovi bacini. La sperimentazione, effettuata in tre bacini del nord Italia sulla trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*), specie endemica del bacino del Po e della quale sono disponibili in letteratura le curve di preferenza, ha confermato il vantaggio di un approccio semplificato. L'applicazione dell'unica metodica nota di valutazione della trasferibilità ha però evidenziato la possibilità che i risultati siano di difficile interpretazione; per superare alcune difficoltà, sono stati proposti nuovi approcci metodologici, che semplificano ulteriormente le procedure di campionamento e di elaborazione dei dati.

PAROLE CHIAVE: trasferibilità / curve di preferenza / trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*) / deflusso minimo vitale / PHABSIM

Environmental preferences for fishes species: test of a method for data transferability

Preference curves indicate the suitability expressed by a fish species for hydraulic and morphologic parameters; these indexes are used in the determination of minimum flow and in the planning of fluvial habitat restoration. Considering that such curves are specific and difficult to be determined, we applied for the first time in Italy an experimental transferability procedure which allows an easier evaluation of literature data. The experimentation was carried out in three river basins of the North of Italy; we studied marble trout (*Salmo trutta marmoratus*), an endemic species of the Po river basin and of which literature preference curves are available. Results have confirmed the advantage of a simplified approach. The application of the THOMAS and BOVEE method of transferability (1993) evidenced that the obtained results could be of difficult interpretation; in order to solve difficulties, new methodological approaches have been proposed.

KEY WORDS: transferability / suitability index / preference curves / marble trout (*Salmo trutta marmoratus*) / minimum flow / PHABSIM

INTRODUZIONE

Le curve di preferenza esprimono una relazione tra la posizione occupata da un organismo all'interno del suo habitat e le caratteristiche specifiche che descrivono tale ambiente. Il metodo più diffuso per quantificare tale preferenza è basato sulle relazioni fra pesce e microhabitat, definito dall'insieme dei parametri ambientali che caratterizzano l'intorno del punto di posizionamento dell'individuo. Proprio questo criterio basato sull'analisi dei microhabitat viene sfruttato dal modello di simulazione dell'habitat fluviale PHABSIM (MILHOUS *et al.*, 1984), una delle metodologie mag-

giormente utilizzate per la definizione del Deflusso Minimo Vitale. La preferenza è in questo caso espressa numericamente come indice variabile fra 0 e 1, e descrive il gradimento di una specie di riferimento per la variazione dei parametri morfo-idraulici che, nelle premesse del modello PHABSIM, costituiscono il microhabitat (profondità, velocità, granulometria del substrato). La rappresentazione grafica di questo "gradimento" è chiamata *curva di preferenza* (BOVEE, 1986).

Il principale limite che la bibliografia internazionale indica per questi strumenti descrittivi, è quello di esse-

re nella maggior parte dei casi sito-specifici e quindi scarsamente utilizzabili in corsi d'acqua differenti da quello dove sono stati determinati (THOMAS e BOVEE, 1993; HEGGENS *et al.*, 1990); da questa considerazione nasce l'esigenza di dover creare, ogni volta che si debba applicare il "metodo dei microhabitat", una specifica serie di curve sperimentali. Questo problema è stato affrontato, pur senza arrivare ad una vera e propria soluzione, cercando di predisporre una metodologia che permetta di utilizzare curve già esistenti e di "trasferirle" su corsi d'acqua differenti da quello in cui sono state determinate.

La presente attività ha avuto quale obiettivo l'applicazione, per la prima volta in Italia, di metodologie semplificate per rendere disponibili insiemi di curve di preferenza affidabili. Nello specifico, si è fatto riferimento alla metodologia dei "test di trasferibilità", già sperimentata a livello internazionale (THOMAS e BOVEE, 1993; BOVEE, 1986, 1996; GROSHENS e ORTH, 1994), ma sono state anche proposte nuove strade, al fine di superare almeno in parte alcuni dei problemi riscontrati durante l'applicazione del metodo esistente. Quali curve di preferenza da confrontare e saggiare, sono state scelte quelle sviluppate sperimentalmente (GENTILI *et al.*, 2001) sul Fiume Sesia per la Trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*), su tre stadi vitali: giovani

dell'anno (lunghezza < 10 cm), giovani (10-30 cm) e adulti (> 30 cm).

MATERIALI E METODI

La valutazione delle curve, effettuata seguendo la procedura dei test di trasferibilità (BOVEE, 1986, THOMAS e BOVEE, 1993), ha previsto una fase sperimentale ed una di elaborazione dei dati.

Sono stati selezionati tre ambienti fluviali con differenti caratteristiche ambientali, al fine di disporre di una casistica più ampia (Fig. 1): F. Toce (Provincia del Verbano-Cusio-Ossola): la raccolta dei dati di campo è avvenuta a luglio del 2000, in 2 stazioni in Comune di Domodossola (loc. Ponte della Mizzoccola e loc. Ponte delle Sei arcate); F. Stura di Demonte (Provincia di Cuneo): la raccolta dei dati di campo è avvenuta nel tratto compreso fra Demonte e Centallo a valle di Cuneo, a luglio del 2001, in 3 stazioni (Demonte, in località del ponte S. Eligio; Cervasca, in località S. Croce a monte Cuneo; Centallo, subito a valle del ponte della statale); F. Adige (Provincia di Trento e Verona): i campionamenti sono stati effettuati a dicembre 2001 nel tratto compreso fra Mori e Zevio, in 4 stazioni (Mori, Ala, Ponte di Peri, Zevio).

Sono stati raccolti dati sperimentali sull'utilizzo dell'habitat da parte di un campione di soggetti di trota

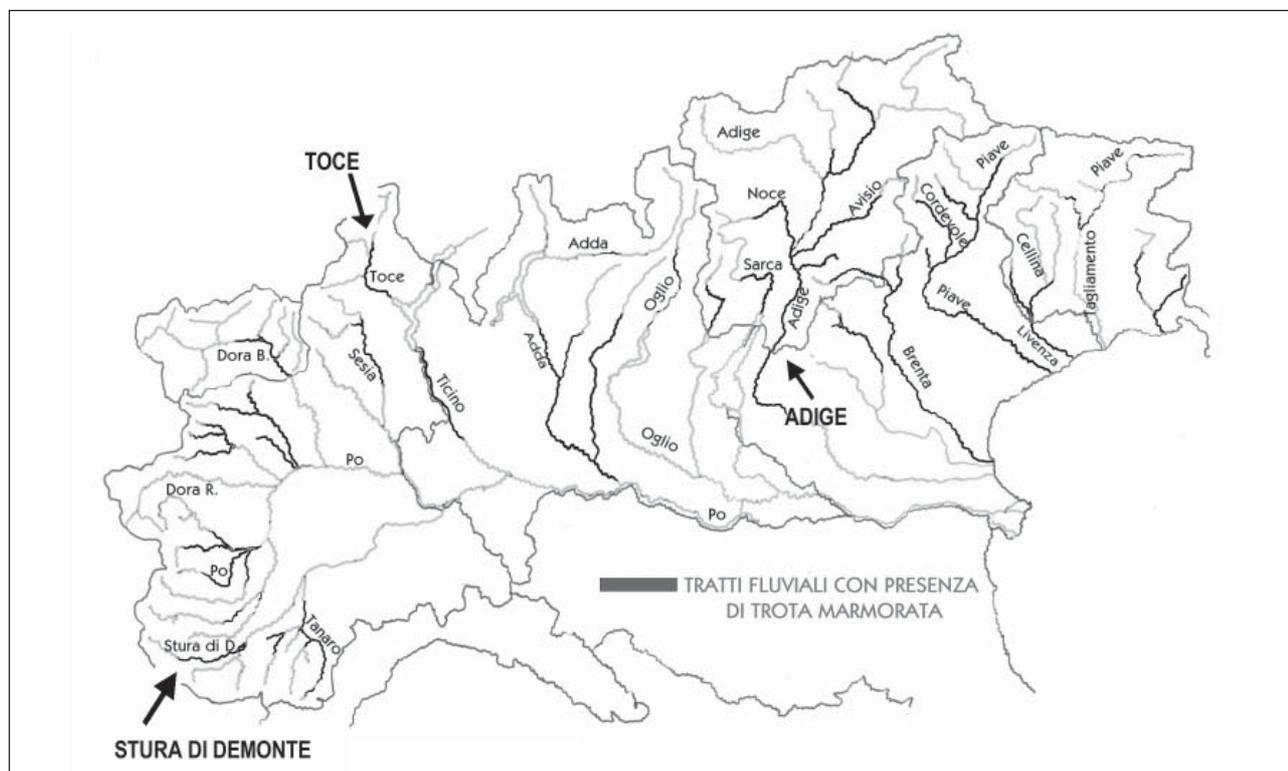


Fig. 1. Carta della distribuzione della trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*) nel Nord Italia e localizzazione dei siti di studio.

marmorata –mediante elettrostorditore– e sulla disponibilità dell'habitat in transetti, nei tratti dove è stato effettuato il campionamento ittico, seguendo la procedura di campionamento utilizzata a livello internazionale per la definizione delle curve di preferenza (BOVEE, 1986).

La fase di elaborazione dei dati ha previsto l'applicazione delle curve di preferenza da tarare ai siti di verifica. Ogni curva di preferenza da saggiare è stata innanzi tutto schematizzata in tre intervalli (THOMAS e BOVEE, 1993): intervallo *ottimale*: intervallo di parametro con preferenza maggiore o uguale a 0,7; intervallo *utilizzabile*: non ottimale, ma comunque gradito (preferenza variabile fra 0,2 e 0,7). L'intervallo comprendente l'habitat ottimale e quello utilizzabile (con preferenza maggiore o uguale di 0,2) è definito *idoneo*, mentre quello con preferenza inferiore a 0,2 è definito non utilizzabile o *non idoneo*.

La trasferibilità è stata determinata sia per ogni singola curva, tenendo quindi separati i 4 parametri ambientali (profondità, velocità, substrato, rifugi), sia per l'intero insieme di curve; in quest'ultimo caso i parametri ambientali sono stati combinati secondo differenti criteri (minimo dei valori di preferenza, media geometrica dei valori di preferenza, prodotto dei valori di preferenza). In ultimo è stato verificato, tramite il test Chi quadro, che l'occupazione da parte degli individui campionati nelle celle ottimali fosse maggiore di quella delle celle utilizzabili e che l'occupazione delle celle idonee (ottimali + utilizzabili) fosse maggiore di quella delle celle non idonee (Tab. I). Le curve di preferenza saggiate sono state considerate trasferibili

se l'ipotesi zero viene rifiutata con un livello di significatività dello 0,05.

I risultati dell'applicazione dei test di trasferibilità sono infine stati esaminati con l'obiettivo metodologico di verificare la procedura di trasferibilità di campo, di proporre metodologie alternative di valutazione e di proporre un metodo di eventuale modifica delle curve ai fini della loro trasferibilità.

RISULTATI

I dati raccolti sull'utilizzo dell'habitat sono schematizzati nella tabella II, suddivisi per fiume nelle tre classi di età considerate. A parità di sforzo di campionamento (due giornate di campo), sullo Stura e sull'Adige è stato rinvenuto un numero decisamente inferiore di trote marmorate rispetto al Toce.

Applicazione dei test di trasferibilità

Per quanto riguarda il Fiume Toce, dai test di trasferibilità effettuati per singolo parametro l'unica curva trasferibile per gli adulti è quella dei rifugi; per i sub-adulti si possono ritenere trasferibili le curve per la profondità e per la velocità, mentre per i giovani dell'anno sono trasferibili quelle per la profondità e per i rifugi. Analizzando i quattro parametri insieme, le curve per gli 0+ sono trasferibili se la combinazione viene effettuata con il minimo e il prodotto; tramite la media non è stato possibile calcolare il test nei casi in cui si considerino le celle di habitat non idoneo, in quanto questo è risultato assente. La combinazione con la media geometrica è l'unica risultata trasferibile per i sub-adulti, mentre per gli adulti le curve risultano in

Tab. I. Tabella di contingenza per la valutazione della differenza fra microhabitat ottimali–utilizzabili e idonei–non idonei.

	Ottimali / Idonee	Utilizzabili / Non idonee	Totale
Occupate	A	B	A+B
Non Occupate	C	D	C+D
Totale	A+C	B+D	N

H_0 : celle ottimali/idonee e celle utilizzabili/non idonee saranno occupate nella stessa proporzione

H_1 : celle ottimali saranno occupate di più rispetto a celle utilizzabili

A: numero di celle ottimali (o idonee) occupate; B: numero di celle utilizzabili (o non idonee) occupate; C: numero di celle ottimali (o idonee) non occupate; D: numero di celle utilizzabili (o non idonee) non occupate; N: numero totale di celle

Tab. II. Individui di trota marmorata catturati suddivisi nelle tre classi di età considerate.

Taglia (cm)	Classe di età	N° di individui TOCE	N° di individui STURA	N° di individui ADIGE
0-10	Giovani dell'anno (0+)	52	16	30
11-30	Giovani (1+ e 2+)	200	24	0
>30	Adulti	43	4	43
	Totale	295	44	73

tutti i casi non trasferibili.

Dall'applicazione della metodica sono emersi alcuni problemi:

- nel caso dei giovani dell'anno e dei sub-adulti, il calcolo del test per il substrato è stato possibile solo fra la categoria utilizzabile e quella ottimale, in quanto nessuno dei microhabitat campionati sul Toce è risultato classificato come non idoneo applicando le curve del Sesia (Tab. III);
- per gli adulti, il risultato di non trasferibilità nel caso della profondità e del substrato è dovuto all'incapacità di discriminare fra habitat non idoneo e idoneo, mentre per la velocità e per tutti i casi dei parametri combinati non sono state riscontrate differenze fra le celle utilizzabili e quelle ottimali (Tab. IV).

Dai test di trasferibilità sullo Stura di Demonte, considerando ciascun parametro in modo indipendente, emerge che per i giovani dell'anno l'unica curva trasferibile è quella dei rifugi, mentre per i sub-adulti si possono ritenere trasferibili le curve per la profondità e per i rifugi. Gli adulti sono stati esclusi dal calcolo dei test statistici per esiguità numerica del campione. Analizzando la combinazione dei quattro parametri contemporaneamente, le curve per i giovani dell'anno non sono mai risultate trasferibili; per i giovani dell'anno, invece, le curve sono trasferibili se la combinazione

viene effettuata con il minimo.

Come nel caso del Toce, anche sullo Stura sono emersi alcuni problemi in fase di elaborazione dei dati:

- impossibilità di calcolare il test, a causa della completa assenza di una delle condizioni a confronto: è questo il caso degli 0+ per la profondità e degli 0+ e sub-adulti per il substrato (Tab. V).
- alcuni dei casi calcolati per i giovani dell'anno sono da ritenersi dubbi in termini di interpretazione: dal test effettuato fra le classi utilizzabile-ottimale della profondità, la curva risulta non trasferibile; andando però ad analizzare la percentuale di occupazione delle due tipologie di celle, emerge che le ottimali sono occupate al 94%. In questo caso, per motivi di proporzione fra celle disponibili utilizzabili-ottimali e celle occupate, il test non dimostra una differenza significativa che, invece, è necessario sottolineare in termini di percentuale di occupazione, decisamente spostata verso le celle ottimali. Un caso analogo si verifica per la velocità, nel caso del confronto fra celle utilizzabili e ottimali: anche in questo caso il test non rileva differenze significative, che sono invece chiare andando ad analizzare la percentuale di occupazione, pari al 66% a favore delle celle ottimali.

Per quanto riguarda il Fiume Adige, le curve della profondità e della velocità per gli adulti sono da consi-

Tab. III. Classificazione delle celle di substrato per gli 0+ e per i giovani (F. Toce).

	Substrato – giovani dell'anno			Substrato – sub-adulti		
	non idonea	utilizzabile	ottimale	non idonea	utilizzabile	ottimale
n° tot celle (2x2 m)	0	222	1343	0	844	721
n° occupate	0	3	49	0	107	93
n° non occupate	0	219	1294	0	737	628

Tab. IV. Tabella di contingenza degli adulti per la profondità e per il substrato e risultato del test del χ^2 (F. Toce).

	Profondità – adulti			Substrato – adulti		
	Non idoneo	Idoneo	Totali marginali	Non idoneo	Idoneo	Totali marginali
Non occupata	702	827	1529	397	1125	1522
Occupata	19	18	37	11	32	43
Totali marginali	721	845	1566	408	1157	1565
χ^2 (p-value)	0,512			0,941		

Tab. V. Classificazione delle celle di substrato per gli 0+ e per i giovani (F. Stura)

	Substrato – giovani dell'anno			Substrato – sub-adulti		
	non idonea	utilizzabile	ottimale	non idonea	utilizzabile	ottimale
n° tot celle (2x2 m)	0	33	542	0	231	345
n° occupate	0	3	13	0	11	13
n° non occupate	0	30	529	0	220	332

derarsi non trasferibili; la curva del substrato può invece essere trasferita dal Sesia all'Adige, essendo poco predittiva solo nell'intervallo utilizzabile-ottimale. Nel caso degli 0+ le curve per la profondità, la velocità e il substrato sono da considerarsi non trasferibili; in molti casi inoltre le differenze sono risultate non calcolabili a causa dell'assenza di celle non idonee, sia utilizzate sia disponibili. In tutti gli altri casi analizzati (rifugi e parametri combinati) le curve non sono risultate trasferibili.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

In considerazione delle esperienze effettuate è possibile sostenere che l'applicazione dei test di trasferibilità comporti una serie di problemi sia in fase di campo che in quella di elaborazione, riassumibili nelle seguenti osservazioni:

- difficoltà in campo nella distinzione delle celle, con il rischio di raccogliere dati di utilizzo che poi non si ritrovano tra i dati di disponibilità; questa situazione può diventare particolarmente problematica nel caso dei parametri combinati;
- presenze multiple nelle stesse celle: in caso di cattura di più pesci negli stessi microhabitat, è più corretto dal punto di vista ecologico contare tutti gli individui presenti, proprio per evidenziare che uno specifico microhabitat ha un peso maggiore rispetto ad altri. In questo modo però viene meno la possibilità di sovrapporre esattamente le celle utilizzate sulla griglia delle celle in cui è stata suddivisa la stazione, e delle quali è stata definita la disponibilità d'habitat;
- difficoltà di interpretazione dei risultati dei test statistici: l'applicazione dei test di trasferibilità ha portato ad ottenere giudizi differenti secondo che si considerino le variabili separatamente, oppure in modo aggregato; in quest'ultimo caso è emersa una differenza di risultato anche secondo la modalità di aggregazione delle variabili. Questo comporta l'impossibilità di disporre di un metodo oggettivo facilmente applicabile;
- di tutti i test effettuati, si ritiene che il più affidabile sia quello che confronta, mediante una tabella di contingenza 2x2, celle idonee con non idonee e celle utilizzabili con ottimali; la sperimentazione di una tabella 3x2, che considera tutte e tre le classi di idoneità contemporaneamente (ottimale-utilizzabile-non idonea) non è invece in grado di spiegare quale delle combinazioni determina l'appartenenza al medesimo gruppo di dati o a differenti gruppi di dati;
- numerosità del campione: in termini elaborativi, disponendo di un'esigua quantità di dati occorre valutare con molta attenzione i "risultati anomali", determinati da pochi soggetti che possono presentare un comportamento inconsueto, andando così a condi-

zionare i risultati nel loro complesso. Da ciò consegue la necessità di un accurato giudizio da parte di un esperto di ecologia fluviale nella valutazione dei risultati ottenuti.

Nuovi approcci proposti

Con l'obiettivo di superare almeno in parte le difficoltà emerse con la metodica dei test di trasferibilità, sono state messe a punto e sperimentate nuove metodologie semplificate per la verifica della validità delle curve di preferenza applicate ai bacini prescelti: (1) confronto tra frequenze attese e frequenze misurate e (2) valutazione dell'idoneità delle celle utilizzate.

1. Confronto tra frequenze attese e frequenze misurate

Il confronto è stato effettuato mediante un percorso logico a ritroso, trattando ogni stadio vitale e parametro ambientale separatamente: sono state confrontate le frequenze di utilizzo misurate su Toce, Stura e Adige per ogni classe di parametro ambientale, con le frequenze di utilizzo attese in corrispondenza delle medesime classi. Con frequenze attese s'intendono quelle calcolate dalla preferenza del Sesia e dalla disponibilità d'habitat dei tre bacini. Considerando che la preferenza è data dal rapporto fra le frequenze relative di utilizzo e quelle di disponibilità d'habitat per ogni classe di variazione di un parametro ambientale, ne consegue che ipotizzando di usare la preferenza nota del Sesia è possibile ricavare l'utilizzo teorico in un altro bacino. Ricordando che la preferenza è proporzionale al rapporto tra l'utilizzo e la disponibilità, la frequenza attesa di individui nella classe i-esima del parametro in esame risulta proporzionale al prodotto della preferenza teorica (nel caso presente calcolata sul Sesia) per la disponibilità rilevata su Toce, Stura e Adige:

$$f_i = \frac{n_i}{N} \propto p_i^S D_i^T$$

in cui f_i è la frequenza attesa nella classe i-esima del parametro in esame, pari al rapporto tra il numero di individui attesi (n_i) ed il totale degli individui rilevati (N); p rappresenta la preferenza e D la disponibilità relativa di area fluviale nella classe i-esima del parametro in esame e i sopra scritti rappresentano il riferimento al Sesia o a uno dei tre bacini. La costante di proporzionalità si ricava facilmente imponendo che la somma delle frequenze relative sia pari ad uno. Si ha quindi:

$$f_i = \frac{p_i^S D_i^T}{\alpha}$$

$$\alpha = \sum_i p_i^S D_i^T$$

A questo punto è possibile effettuare il confronto fra le frequenze attese e quelle realmente misurate: se le trote del Toce-Stura-Adige presentano una preferenza per il microhabitat simile alle trote del Sesia, si otterranno andamenti simili delle frequenze calcolate e quelle attese. Il confronto fra le frequenze attese e quelle realmente misurate è stato effettuato mediante due metodi: il test del χ^2 e il coefficiente di correlazione lineare di Pearson r . Le curve di preferenza si possono ritenere simili se il test del χ^2 non rileva differenze significative; nel caso della correlazione di Pearson, le due curve di preferenza saranno simili se il p-value associato al coefficiente di correlazione risulta significativo (minore o uguale a 0,05). A titolo di esempio si riporta in seguito il risultato ottenuto sul Toce per lo stadio vitale dei sub-adulti. Il confronto grafico (Fig. 2) e la correlazione lineare (Tab. VI) indicano una concordanza di andamento per i parametri idraulici, mentre per i parametri morfologici le curve di preferenza del Sesia non possono essere considerate predittive della situazione del Toce. Per tutti i parametri il test del χ^2 non rileva affinità: tutti i gruppi di frequenze confrontati sono da considerarsi infatti significativamente diversi fra loro. L'esempio mette in risalto il problema, riscontrato in molti altri casi di confronto, della discordanza fra i due test statistici: la correlazione lineare evidenzia una concordanza di andamento, che non si traduce necessariamente in una corrispondenza numerica.

A valle della sperimentazione si ritiene comunque che l'utilizzo di entrambi i test statistici, corredati da un'attenta valutazione ecologica dei numeri raccolti sul campo, costituisca un valido strumento nuovo per la valutazione della trasferibilità.

2. Valutazione dell'idoneità delle celle utilizzate

Questo approccio prevede la valutazione dell'idoneità delle celle utilizzate dalle trote marmorate catturate, applicando a ciascuna cella le curve di preferenza del Sesia: per ciascuno stadio vitale e per ogni parametro si ottengono in questo modo un numero totale di celle ottimali, di celle utilizzabili e di celle non idonee. Con questo metodo è quindi sufficiente compiere un campionamento ittico per la definizione delle celle occupate, seguito dalla misura dei parametri del microhabitat in corrispondenza di ogni cattura. La decisione di

accettare la curva del Sesia come trasferibile dipende dalla percentuale di celle ottimali e utilizzabili sul totale delle celle misurate.

A titolo esemplificativo si riportano i risultati ottenuti sull'Adige. Nel caso della profondità, la percentuale di occupazione delle celle ottimali da parte dei giovani è pari all'86,7%, mentre il restante 13,3% delle trote è stato catturato in valori del parametro da considerarsi utilizzabili; nessun pesce è stato invece rinvenuto in zone non idonee. A riguardo della velocità e del substrato, la situazione è ancora più netta: tutti i giovani sono infatti stati rinvenuti in zone considerate ottimali secondo le curve del Sesia (Tab. VII).

Andando ad analizzare il comportamento degli adulti, per quanto riguarda la profondità si osserva come quasi la totalità degli individui (97,7%) sia stata rinvenuta in valori ottimali del parametro, mentre il restante 2,3% sia ricaduto in habitat comunque utilizzabile. Per la velocità la situazione si è invertita: il 90,7% delle trote adulte è stato infatti catturato in corrispondenza di velocità utilizzabili e la restante parte del campione si è suddivisa a metà fra habitat ottimale e habitat non idoneo. L'analisi dell'utilizzo del substrato ha fornito una situazione intermedia: la maggior parte delle trote è stata infatti rinvenuta nelle celle ottimali (62,8%), ma anche in quelle utilizzabili è stato trovato un discreto numero di individui (37,2%), mentre nessuna delle celle non idonee è risultata occupata (Tab. VIII).

Sia per i giovani che per gli adulti si ritiene che le curve per la profondità del Sesia siano predittive in modo preciso del comportamento riscontrato dalle trote campionate sul Fiume Adige. Per quanto riguarda

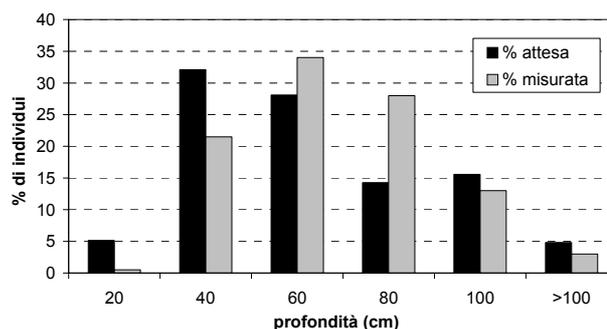


Fig. 2. Confronto fra le frequenze attese e quelle misurate per i sub-adulti del Fiume Toce nel caso della profondità e della velocità.

Tab. VI. Risultati dei test statistici (Coefficiente di correlazione, χ^2 , test di trasferibilità) calcolati per i sub-adulti sul Fiume Toce.

	P-value correlazione	P-value χ^2	ottimale-utilizzabile -non idoneo	non idoneo- utilizzabile	non idoneo -idoneo	utilizzabile -ottimale
Profondità	0,035	0,000	trasferibile	trasferibile	trasferibile	trasferibile
Velocità	0,000	0,000	trasferibile	non trasferibile	trasferibile	trasferibile

Tab. VII. Valutazione dell'ideoneità dei microhabitat abitati dai giovani della trota marmorata sul Fiume Adige, applicando le curve di preferenza del Sesia.

	Profondità	Velocità	Substrato
N° celle occupate ottimali	26	30	30
N° celle occupate utilizzabili	4	0	0
N° celle occupate non idonee	0	0	0

la velocità, mentre nel caso dei giovani la curva del Sesia può essere trasferita sull'Adige, la situazione degli adulti è differente: la maggior parte di essi occupava, al momento del campionamento, celle considerate utilizzabili secondo la curva del Sesia (velocità comprese fra i 40 e i 60 cm/s). Per il Sesia la situazione ottimale è invece spostata verso la corrente nulla o quasi, soprattutto perché tali zone sono associate a rifugi di buona qualità, estremamente importanti per la trota marmorata.

Proposte di modifica delle curve non trasferibili

Considerando che il giudizio di esperti viene comunemente utilizzato per modificare le curve risultanti dalle elaborazioni dei dati sperimentali (MODDE e HARDY, 1992), proprio al fine di fornire all'utilizzatore uno strumento non contraddittorio, sono state discusse le eventuali ed opportune modifiche da apportare. Nel caso degli adulti si è ritenuto opportuno modificare la curva del Sesia, allargando la preferenza massima (indice di idoneità pari a 1) anche a zone a corrente intermedia, fino cioè ai 40 cm/s, mantenendo comunque la stessa forma della curva di partenza (Fig. 3).

Va ricordato che nel Fiume Adige l'elemento morfologico, costituito dai rifugi, non è determinante in quanto praticamente assente, a differenza di quanto succedeva nel Sesia, dove diventava addirittura priori-

Tab. VIII. Valutazione dell'ideoneità dei microhabitat abitati dagli adulti della trota marmorata sul Fiume Adige, applicando le curve di preferenza del Sesia.

	Profondità	Velocità	Substrato
N° celle occupate ottimali	42	2	27
N° celle occupate utilizzabili			16
N° celle occupate non idonee	0	2	0

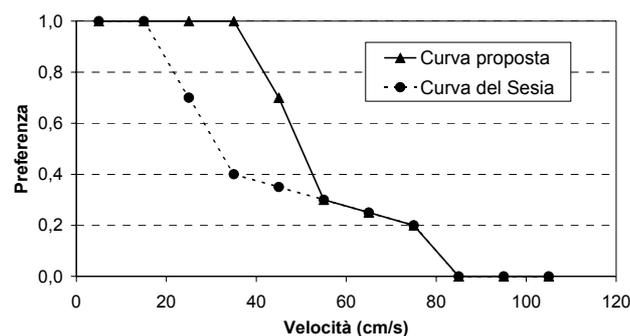


Fig. 3. Curva di preferenza degli adulti di trota marmorata per la velocità (Fiume Sesia): proposta di modifica per la trasferibilità sull'Adige.

tario rispetto soprattutto alla velocità di corrente. Alla luce di questa considerazione, la modifica apportata alla curva del Sesia assume un'importanza ancora più sostanziale.

Ringraziamenti

Il presente lavoro è stato condotto attraverso stanziamenti a carico del fondo per il finanziamento dell'attività di ricerca sul Sistema elettrico, come definito dal decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato 26 gennaio 2000, modificato il 17 aprile 2001, recante l'individuazione degli oneri generali afferenti al sistema elettrico.

BIBLIOGRAFIA

- BOVEE K., 1986. *Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the Instream Flow Incremental Methodology*. Instream Flow Information Paper 21. U.S. Fish and Wildlife Service, FWS/OBS-86/7, 235 pp.
- BOVEE K., 1996. *The complete IFIM: A Coursebook for IFIM*. 256 pp.
- GENTILI G., BOSI R., CAMBIAGHI M., 2001. Preferenze idraulico-morfologiche della Trota marmorata (*Salmo trutta marmoratus*) nel Fiume Sesia. *Atti del Convegno A.A.I.A.D., 2001*.
- GROSHENS T.P., ORTH D.J., 1994. Transferability of habitat Suitability Criteria for Smallmouth Bass, *Micropterus dolomieu*. *Rivers*, 4 (3): 194-212.
- HEGGENS J., BRABRAND A., SALTVEIT S.J., 1990. Comparison of

three methods for studies of stream habitat use by young brown trout and atlantic salmon. *Transaction of the American Fisheries Society*, 119: 101-111.

MILHOUS, R.T., WEGNER, D.L., WADDLE, T., 1984. *Users Guide to the Physical Habitat Simulation System (PHABSIM)*. Instream Flow Information Paper 11. Rep. FWS/OBS-81/43 (Revised). U.S. Fish Wildl. Serv., Washington, D.C.

MODDE T, HARDY T.B., 1992. Influence of different microhabitat criteria on salmonid habitat simulation. *Rivers*, 3 (1): 37-44.

THOMAS J.A., BOVEE K.D., 1993. Application and testing of a procedure to evaluate transferability of habitat suitability criteria. *Regulated Rivers: Research & Management*, 8: 285-294.

Passaggi per pesci: risultati sull'attività svolta nel biennio maggio 2000-maggio 2002

Enrico Pini Prato

*Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale, Via S.Bonaventura 13 - 50145 Firenze
fax 055 310224; enrico.pini@unifi.it*

Riassunto

La presente relazione vuol essere un resoconto sull'attività del Dipartimento di Ingegneria Agraria e Forestale in materia di studio e progettazione di passaggi artificiali per pesci dopo due anni dall'inizio del lavoro di ricerca. Vengono quindi ripercorse le fasi che hanno contraddistinto una attività scientifica da ritenersi innovativa per la quantità di aspetti e discipline coinvolte.

PAROLE CHIAVE: passaggi per pesci / divulgazione scientifica / progettazione / monitoraggi / fauna ittica / rimonta / ecoidraulica

Fish passages: results about research developed in biennium may 2000-may 2002

This work is a report of the research developed by the Department of Agricultural and Forest Engineering about studying and planning fish passages. The phases, that have marked the innovative activity, are covered for the amount of aspects and matters involved.

KEY WORDS: fish passages / scientific divulgation / planning / monitoring / ichthyofauna / upstream migration / ecohydraulics

INTRODUZIONE

Lo studio e la progettazione di passaggi per pesci sono materia multidisciplinare che attualmente si sta diffondendo in Italia con crescente interesse. Soltanto negli ultimi anni, in seguito ad una sempre maggiore coscienza ambientalista, è stato affrontato il tema dei passaggi artificiali per pesci ai fini ecologici, rivolgendo lo sguardo verso specie di scarso valore commerciale ma, comunque, di notevole interesse biologico (FERRI, 1984; PINI PRATO, 2001). Il sorgere di nuovi sbarramenti per approvvigionamento irriguo, idroelettrico, per la regimazione delle acque ed il consolidamento dei versanti ha causato una estrema frammentazione longitudinale dei corsi d'acqua, comportando evidenti problemi sull'ittiofauna, riscontrati ormai non soltanto dai tecnici (idrobiologi, ittiologi, ecc.), ma anche dai pescatori e da chi, comunque, vive il fiume (FAO, 1998). Da qui l'esigenza e la volontà del D.I.A.F. di operare tecnicamente in un settore dell'ecologia fluviale, conosciuto all'estero come "ecoidraulica", impegnando i propri sforzi verso una ricerca dai contenuti innovativi per la realtà italiana.

ATTIVITÀ DI RICERCA

Le azioni del D.I.A.F. sono state multidirezionali, non limitandosi solo alla stretta progettazione delle opere idrauliche, ma intessendo una rete di contatti e collegamenti con strutture avanzate nel settore, sia in paesi europei che extraeuropei e contemporaneamente sensibilizzando, contattando e soprattutto scambiando informazioni con le realtà locali.

Una prima fase ha comportato l'acquisizione di esperienze eseguite in Italia ed all'Estero: il contatto italiano per eccellenza è avvenuto con la Provincia di Modena, nella persona del dr Mauro Ferri, che ha fornito le basi per l'inizio dell'attività ed ha permesso il contatto con il C.E.M.A.G.R.E.F. (Tolouse, Francia), nella persona dell'ing. Michel Larinier, considerato il massimo esperto mondiale in materia di progettazione di scale di risalita, già ospite a Modena in svariate occasioni. Contemporaneamente è stato stabilito un contatto con la FAO (Fishery Resources Officer-Inland Water Resources and Aquaculture Service) nella persona del responsabile, il dr Gerd Marmulla, che ha permesso la possibilità di uno sguardo panora-

mico, a livello mondiale, sulle esperienze straniere ed i relativi risultati.

Una seconda fase ha comportato la *divulgazione e sensibilizzazione* verso l'importanza di queste opere per la tutela del patrimonio ittiofaunistico. L'opera di informazione è stata mirata a vari livelli operativi: a livello scientifico, con la realizzazione del convegno di Modena del 25 gennaio 2002 organizzato in collaborazione col dr M. Ferri; a livello del mondo della pesca è stata possibile la divulgazione tramite la stampa locale, su riviste specializzate di pesca e tramite una pubblicazione, realizzata per la Provincia di Firenze–Ufficio Pesca, dal titolo “*Le scale di risalita per la tutela del patrimonio ittico: progetto di intervento per i corsi d'acqua della Val di Sieve*”.

Tale pubblicazione, che è consistita in un progetto di fattibilità di circa 90 pagine, è stata distribuita gratuitamente nel numero di mille copie. Anche la realizzazione di un sito web, ancora in collaborazione con la Provincia di Modena e nominato, ovviamente, www.passaggiiperpesci.it ha contribuito alla divulgazione della materia: le statistiche elaborate dal server hanno fornito dati veramente incoraggianti relativi al numero di visite giornaliere. L'appoggio dato dalle associazioni di pescatori è stato sicuramente molto importante per la prosecuzione dell'attività, poiché è stato ben recepito il messaggio che si voleva comunicare: l'idea ha riscosso tanto successo che si è potuto osservare un brulichio di iniziative per la realizzazione di passaggi per pesci un po' ovunque.

L'eccessiva coscienza ecologista, che vorrebbe scale di risalita su tutti gli sbarramenti, potrebbe condurre al rischio di realizzare opere in aree in cui non sono necessarie, oppure ove la necessità biologica è scarsa. Per questo motivo sono stati messi a punto due indici, nominati “*Indici di priorità di intervento*” e presentati al convegno di Modena, con lo scopo di produrre un criterio matematico per valutare dove intervenire in caso di scelte alternative (PINI PRATO, 2002). Tali indici, sotto forma di numero puro, sono in grado di individuare, tra due sbarramenti, quello che maggiormente necessita di un'opera di risalita, basandosi sui dati relativi a: fauna ittica presente; altezza dello sbarramento da superare; lunghezza dei tratti di fiume che, attraverso questa opera, si vanno a “connettere”.

Infine è stata individuata ed utilizzata la legislazione in materia che, per quanto esigua, costituisce il fondamento a sostegno dell'attività, imponendo la realizzazione di opere in ben determinati contesti ecologici. Particolare riferimento è stato fatto alla Deliberazione Regionale Toscana n° 155 del 20/5/1997 ed alla Legge Regionale Toscana n° 56/2000.

Parallelamente alle prime due, è stata realizzata una terza fase, con lo scopo di focalizzare l'*iter metodolo-*

gico per una corretta progettazione. Il fine è stato indirizzare la progettazione di un'opera secondo punti di riferimento standard, evitando che l'affidarsi all'intuito del progettista, alla copia di opere esistenti o all'improvvisazione, potessero creare passaggi artificiali di dubbia o alcuna efficacia, a discapito della credibilità di questo tipo di opere. Seguendo un rigido iter metodologico, ogni impianto deve essere pensato *ad hoc*, cioè su misura per quella determinata stazione fluviale.

Ultimate queste fasi è stato possibile occuparsi di progettazione vera e propria, analizzando casi concreti dove era evidente la necessità o si presentava la possibilità di mettere in opera un passaggio per pesci. I progetti affrontati nel biennio 2000-2002 sono stati tre: il primo localizzato sul torrente Comano, in località Dicomano (FI); il secondo sul fiume Lima in località Bagni di Lucca (LU), l'altro sul fiume Serchio in località Ripafratta (PI).

Il passaggio sul torrente Comano è un'opera della classica tipologia a “bacini successivi” (LARINIER, 1992) finalizzato alla rimonta di Ciprinidi reofili (Fig. 1). L'opera è stata terminata nell'estate 2002 e recentemente collaudata, dando buon esito di funzionamento. Infatti, come fase consequenziale e necessaria alla realizzazione di un passaggio per pesci, debbono essere effettuati i lavori di collaudo tramite monitoraggio della fauna ittica in rimonta. Allo scopo è stata stabilita una collaborazione con la dr.ssa A. Nocita (ittiologa presso il museo “La Specola”, Firenze) che ha provveduto a controlli continui e catture per fornire dati significativi sulle migrazioni della fauna ittica; tali informazioni sono state preziose per individuare parametri tecnici finalizzati all'ottimizzazione dell'opera.

Il passaggio sul torrente Lima –indirizzato alla rimonta di Trota fario, *Salmo (trutta) trutta*, e ad altre



Fig. 1. Passaggio sul torrente Comano.



Fig. 2. Passaggio sul torrente Lima.

specie appartenenti ai Ciprinidi reofili- è dotato anche di uno scivolo per kayak. La tipologia è a “bacini successivi” con fenditura laterale ed apertura sul fondo (Fig. 2). L’intero sistema passaggio per pesci-kayak è stato realizzato in occasione del ripristino di un vecchio sbarramento per uso idroelettrico ed è progettato per funzionare con il D.M.V. (Deflusso Minimo Vitale) rilasciato, stabilito in circa 1,1 m³/sec. Purtroppo un’improvvisa piena autunnale con portata record, che ha causato ingenti danni in tutta la Val di Lima, lo ha danneggiato prima che i lavori fossero conclusi con l’apposizione dell’apposito grigliato protettivo; pertanto l’opera dovrà essere restaurata e collaudata non appena le condizioni del fiume permetteranno i lavori.

Il terzo progetto, pur ricadendo nel tratto pisano del Serchio, è stato caldeggiato sia dalla limitrofa Provincia di Lucca, sia dalle associazioni dei pescatori locali (Friends of Fly, UNPEM Toscana), nonché sostenuto dalla Regione Toscana. Effettivamente, presso lo sbarramento di Ripafratta, località notissima ai pescatori di alose da tempi immemorabili, si arresta la migrazione di molte specie ittiche che, un tempo, risalivano per molti chilometri il meraviglioso fiume toscano, almeno fino alla centrale idroelettrica di Borgo a Mozzano. Il problema è stato segnalato alle Autorità ormai da moltissimi anni, tanto che nella Carta Ittica Regionale Toscana, realizzata dal C.R.I.P. nel 1995, veniva evi-



Fig. 3. sopralluogo sul fiume Serchio a Ripafratta con l’ing. Larinier ed il dr. Marmulla.

denziato proprio al capitolo “libera circolazione negli ambienti fluviali”. Il progetto è in fase di elaborazione tecnica e consiste in un passaggio “a fenditure verticali” (LARINIER *et al.*, 1994) per Cheppia (*Alosa fallax*), Lampreda (*Petromyzon marinus* e *Lampetra fluviatilis*), Anguilla (*Anguilla anguilla*) in una zona di forte interesse per la rimonta di specie sia anadrome, catadrome, che eurialine. La portata media di funzionamento è stata stabilita in circa 1,4 m³/sec. Tale progetto ha avuto anche la supervisione dell’ing. Michel Larinier che ha visitato la zona fornendo alcuni preziosi suggerimenti progettuali (Fig. 3). I tempi di realizzazione dell’opera dipendono dall’erogazione di un finanziamento ripartito tra amministrazioni provinciali (Pisa e Lucca) e Regione Toscana, da assegnare tramite un piano economico biennale.

OBIETTIVI

Attualmente gli obiettivi del DIAF previsti per il prossimo anno sono i seguenti:

- 1) ottenere un rilevante numero di dati dai monitoraggi estivi ed invernali sulle opere realizzate;
- 2) realizzare nuove opere (tra cui il progetto sul fiume Serchio) al fine di possedere un panorama sufficientemente vasto per ottimizzare la sperimentazione ed ottenere parametri utili alla progettazione in contesti similari.

BIBLIOGRAFIA

- C.R.I.P., 1995. *Carta ittica Regionale*. vol. VII: 78-84. Regione Toscana.
- FAO, 1998. *Rehabilitation of rivers for fish*. Oxford, Great Britain, 260 pp.
- FERRI M., 1984. In: *Atti del convegno nazionale Progettazione*

di passaggi artificiali per la risalita dei pesci nei fiumi, Modena, 7 Dicembre 1984. Regione Emilia Romagna e Provincia di Modena.

- LARINIER M., 1992. Passes à bassins successifs, prebarrages et rivières artificielles. In: *Bulletin Français de Pêche et Piscicul-*

- ture*, Vol. **326-327**: 45-72.
- LARINIER M., PORCHER J.P., TRAVADE F., GOSSET C.. 1994. *Passe à poisson: expertise, conception des ouvrages de franchissement*. Collection "Mise au point". Conseil Supérieur de la Pêche, Paris, France.
- PINI PRATO E., 2001. *Le scale di risalita per la tutela del patrimonio ittico: progetto di intervento per i corsi d'acqua della Val di Sieve*. Provincia di Firenze, Assessorato Agricoltura, Caccia e Pesca-Ufficio Pesca, 96 pp.
- PINI PRATO E., 2002. Una proposta di valutazione indicizzata delle priorità di intervento nella realizzazione di passaggi per pesci. In: *Atti del Convegno di Modena, 25 Gennaio 2002*. Provincia di Modena, Servizio faunistico, Caccia e Pesca.

Modifiche delle popolazioni ittiche del fiume Mis a seguito dell'attuazione dei rilasci del deflusso minimo vitale

Marco Zanetti¹, Paolo Turin^{1*}, Maria Fabiana Bilò¹, Barbara Grava Vanin²

¹ Bioprogramm s.c.r.l., Via Jappelli 9 (c.p. 612) – 35131 Padova; www.bioprogramm.it

² Provincia di Belluno, Servizio Pesca, Via S. Andrea 5 – 32100 Belluno

* Referente per la corrispondenza: fax 049 8805544; bioprogramm@iol.it

Riassunto

Il fiume Mis, sito nel bacino del Piave in Provincia di Belluno, è un corso d'acqua soggetto a consistenti prelievi idrici a scopo di produzione idroelettrica. A partire dal 1997, nel suo tratto terminale, è stato attuato il rilascio di un adeguato Deflusso Minimo Vitale (D.M.V.) a valle della maggiore opera di presa, la diga del Mis. Contemporaneamente all'obbligo del rilascio del D.M.V. è stato attuato un piano di monitoraggio ittico ed ambientale per poter verificare oggettivamente i risultati ottenuti.

Lo studio permette di dimostrare come, sebbene il rilascio del D.M.V. non sia stato sempre quello concordato in sede di Autorità di Bacino, lo stato delle popolazioni ittiche –se confrontato alla situazione “ante” rilasci idrici– sia migliorato nettamente; in termini di biomassa salmonicola si passa da un valore da 3,49 g/m² (ante rilasci nel 1997) a valori decisamente superiori e variabili, nel corso del periodo di osservazione 1998-2002, da un minimo di 13,19 g/m² ad un massimo di 45,82 g/m².

La struttura della comunità salmonicola risulta migliorata in modo evidente e maggiormente supportata dalla presenza di *Salmo (trutta) marmoratus*, specie pregiata e vocazionale per questo tratto di fiume. Importante anche il dato relativo alla presenza del temolo *Thymallus thymallus* che, dopo i rilasci del D.M.V., ricostituisce buone popolazioni in questa area, peraltro utilizzata anche come zona di frega. Anche la qualità biologica delle acque evidenzia un netto miglioramento.

PAROLE CHIAVE: D.M.V. / fiume MIS / biomassa ittica / *Salmo (trutta) marmoratus* / *Thymallus thymallus*

Carring out of Minimum Flow Discharge and fish population modification in Mis river (Italy)

Considerable quantities of the Mis River, a tributary in the Piave River basin located in the Province of Belluno (Italy), are regularly tapped for hydroelectric applications. As of 1997, an adequate Minimum Flow Discharge (M.F.D.) has been released in the river's terminal section downstream from the most important intake construction, the Mis Dam. Simultaneous with an obligatory for the Minimum Flow Discharge, a fish population and environmental study program was commissioned for the monitoring of the results obtained.

Despite the fact that the M.F.D. release has not always coincided with the values agreed with the Upper Adriatic River Basin Authorities, the above-mentioned study demonstrates that the fish population has clearly improved in terms of quantity when compared with pre-release values. As regards salmonid biomass, the value of 3.49 g/m² recorded prior to release in 1997 rose during the 1998-2002 observation period to the decidedly higher variable values of a minimum 13.19 g/m² and a maximum 45.82 g/m². The structure of the salmonid community displayed a positive variation and is now supported by the presence of marble trout *Salmo (trutta) marmoratus*, a native highly esteemed and useful species for this section of the river. The measurements regarding the presence of the grayling *Thymallus thymallus* –which following the M.F.D. returned to good population levels in this area, also used for spawning– are also significant. The biological water quality still increase.

KEY WORDS: Minimum Flow / river Mis / fish biomass / *Salmo (trutta) marmoratus* / *Thymallus thymallus*

INTRODUZIONE

Il fiume Mis, sito nel bacino del Piave in Provincia di Belluno, è un corso d'acqua soggetto a consistenti prelievi idrici a scopo di produzione idroelettrica.

A partire dal 1997 nel suo tratto terminale è stato attuato, a valle della maggiore opera di presa, la diga del Mis, il rilascio di un adeguato deflusso minimo vitale (D.M.V.), a seguito di una decisa azione di

intervento posta in essere dall'Amministrazione Provinciale di Belluno per l'ottenimento, ai sensi di quanto disposto dalla L. 36/94 (legge Galli), di una serie di rilasci a valle di alcune fra le principali opere di captazione esistenti nel territorio provinciale.

Nel caso specifico del Mis, tale azione ha consentito di garantire portate significative al corso d'acqua per

un tratto di circa 2,5 km prima della sua confluenza nel fiume Cordevole, in uno dei suoi tratti di maggior valore dal punto di vista ittico ed ambientale (AA.VV., 1998).

Il valore di D.M.V. stabilito inizialmente in 1 m³/s è stato successivamente modificato su valori inferiori oscillanti, secondo l'annata, fra 0,5 e 0,7 m³/s in seguito a ripetute dichiarazioni di stato di siccità da parte dell'Autorità di Bacino competente.

Contemporaneamente all'obbligo del rilascio del D.M.V. è stato attuato un piano di monitoraggio ittico ed ambientale per verificare i risultati ottenuti da questa operazione di tutela provvedendo, nel contempo, a vietare ogni tipo di ripopolamento ittico nel tratto in questione. L'attuazione dei rilasci di adeguati deflussi idrici a valle delle opere di captazione idroelettrica è uno degli aspetti fondamentali nell'ambito della tutela e riqualificazione ittiofaunistica degli ambiti fluviali.

MATERIALI E METODI

Nel corso dello studio, sviluppatosi dal 1997 (campagna di rilievo ante rilasci) al 2002, sono stati eseguiti 8 campionamenti quantitativi nella stessa sezione di lunghezza di circa 70 m lineari, con cadenza generalmente biennale. La stazione di campionamento è localizzata a Gron in comune di Sospirolo, a 500 m circa di altezza s.l.m.

I saggi sono stati effettuati utilizzando costantemente la stessa metodologia di cattura: il campionamento è avvenuto mediante pesca elettrica con utilizzo di uno storditore a corrente continua pulsata e voltaggio modulabile (0,3-3 Ampere, 150-400 Volt). Per ogni individuo catturato sono stati rilevati la lunghezza totale (± 1 mm) e il peso (± 1 g). La stima della densità di individui è stata ottenuta tramite il metodo dei passaggi ripetuti (ZIPPIN, 1958; RICKER, 1978). La distribuzione degli individui nelle varie classi di età è stata ottenuta dall'analisi delle frequenze di lunghezza del campione in esame e confermata mediante analisi scalmetrica e/o di opercoli di individui prelevati in sezioni di fiume adiacenti all'area di studio (BAGENAL e TESCH, 1978). Il monitoraggio della qualità delle acque è stato condotto tramite il metodo I.B.E. (GHETTI, 1997) nel corso del periodo della sperimentazione; erano inoltre disponibili dati pregressi, ottenuti con il medesimo metodo, anche per i periodi antecedenti al rilascio del D.M.V. (ZANETTI *et al.*, 2000).

RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati raccolti nel corso dello studio evidenziano, se confrontati al 1997, anno precedente ai rilasci del D.M.V., come in un primo periodo temporale, sino all'estate 2000 (ZANETTI *et al.*, 2000; ZANETTI, 1999), la situazione ittologica migliori nettamente e continua-

mente, in particolare in termini di biomassa, passando da un valore, per il totale dei salmonidi rinvenuti, di 3,49 g/m² del 1997 ad un valore di addirittura 45,82 g/m² del 2000, peraltro decisamente eccessivo in considerazione delle caratteristiche ambientali del sito. In termini di densità dei salmonidi, si passa da un valore iniziale di 0,18 ind./m² ad un massimo di 0,56 ind./m². Si nota successivamente, a partire dal rilievo di agosto 2000, un discreto decremento dei valori di biomassa e densità che si riportano su valori più modesti, ma comunque in media con quanto rilevabile in altri ambiti alpini con analoghe caratteristiche ambientali. Sul dato relativo agli anni 2001 e 2002 potrebbe comunque avere inciso in modo negativo la riduzione del rilascio idrico che, dagli originari 1 m³/s, è calato a valori compresi fra 0,5 e 0,7 m³/s. I dati relativi alla biomassa ed alla densità dei salmonidi sono visualizzati nelle figure 1 e 2.

Si rileva inoltre come i valori di abbondanza dei salmonidi siano maggiormente supportati, dopo l'inizio

Fiume Mis

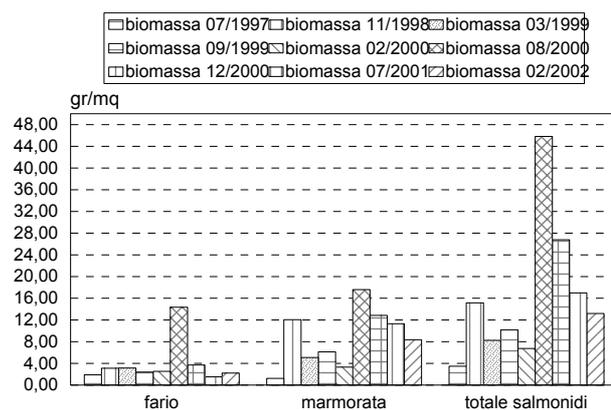


Fig. 1. Fiume Mis. Variazione dei valori di biomassa salmonicola.

Fiume Mis

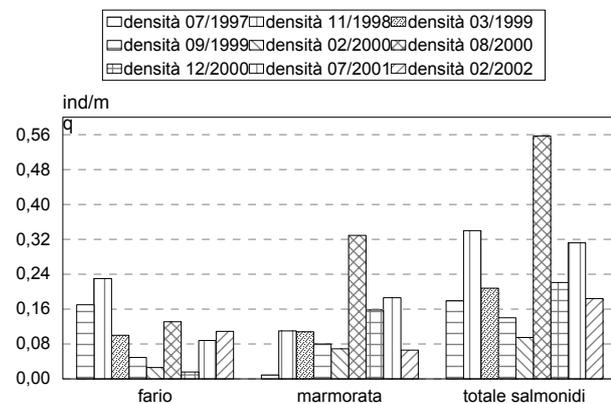


Fig. 2. Fiume Mis. Variazione dei valori di densità dei salmonidi.

dei rilasci del D.M.V., dalla maggiore presenza della specie più pregiata e vocazionale, la trota marmorata *Salmo (trutta) marmoratus*. Questo dato conferma come le mutate condizioni idrologiche del fiume Mis, peraltro associate ad una nuova gestione ittica del corso d'acqua che ha visto eliminati totalmente i ripopolamenti e vietata la pesca, siano tali da far risultare il settore di sperimentazione come particolarmente idoneo ad ospitare questa specie endemica e quindi ecologicamente assai importante.

Buono, rispetto al periodo ante rilasci, anche il dato relativo alla regolare presenza del temolo *Thymallus thymallus* che, con ogni probabilità, beneficia dei risultati derivanti dalla maggior portata e profondità dell'acqua e che sembra in grado di ricostituire buone popolazioni sfruttando appieno la valenza di questa zona come importante area di frega. Si passa, infatti, da una presenza iniziale minimale, nel 1997, ad una con valori di densità e biomassa decisamente elevati, che registrano una punta massima di biomassa di 16 g/m² nell'agosto 2000 (Fig. 3).

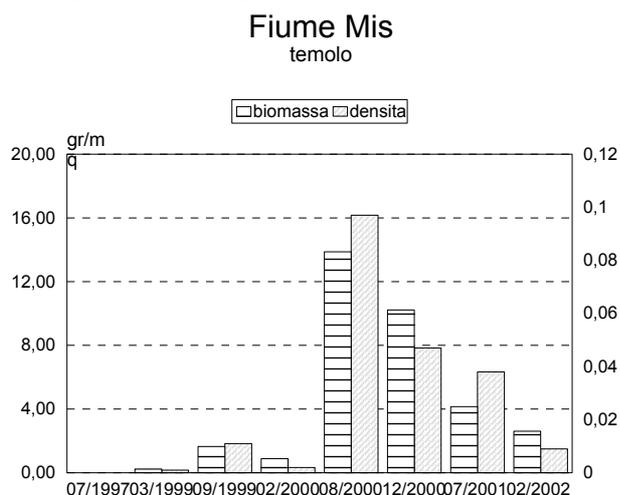


Fig. 3. Fiume Mis. Variazione dei valori di densità e biomassa del temolo.

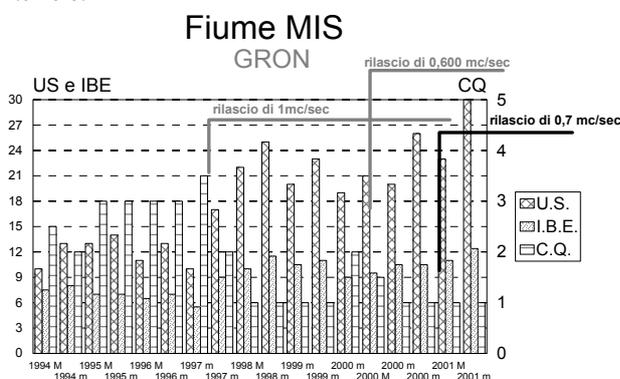


Fig. 4. Fiume MIS. Variazione della qualità biologica delle acque (M= morbida; m= magra).

A partire da tale data, purtroppo, si è registrata una tendenza alla diminuzione dei valori di abbondanza di questa specie ittica, analoga a quella già segnalata per i salmonidi. Anche in questo caso, la contrazione della presenza del temolo può essere ricondotta alla riduzione delle portate di rilascio del D.M.V., imposta dall'Autorità competente a seguito della dichiarazione dello stato di siccità. Anche i dati rilevati in merito alla qualità biologica delle acque indicano un evidente miglioramento della qualità dell'ecosistema fluviale (Fig. 4) in funzione dell'aumento delle portate di rilascio.

Sulla scorta di tutte le osservazioni sopra descritte si reputa fortemente auspicabile il reintegro degli originari e previsti valori di D.M.V., (pari a 1 m³/s), necessari per mantenere e migliorare i positivi risultati sinora ottenuti.

CONCLUSIONI

In sintesi, l'attuazione del rilascio di un significativo D.M.V., sia pur in modo variabile ed incostante, ha comportato per il fiume Mis i seguenti effetti:

- aumento di biomassa salmonicola, che passa da un valore da 3,49 g/m² nel 1997 a valori decisamente superiori e variabili, nel corso degli anni 1998-2002, compresi fra un minimo di 13,19 g/m² ed un massimo di 45,82 g/m²;
- maggiore presenza della specie salmonicola più pregiata e vocazionale, ovvero *Salmo (trutta) marmoratus*;
- regolare presenza del temolo *Thymallus thymallus*, che riesce a sfruttare la nuova valenza ambientale di questa zona come area di frega;
- incremento dell'alveo bagnato disponibile per l'ittiofauna, pari a circa il 40% in più rispetto a quello ante rilasci; questo significa, molto praticamente, la stima di presenza di circa 70-80 Kg di ittiofauna pregiata in più per ogni km lineare di fiume;
- netto miglioramento della qualità biologica delle acque.

Sulla base di tali semplici, ma oggettive, osservazioni è opportuno concludere richiamando tutti gli enti territorialmente competenti all'assoluta necessità di attivarsi per far rispettare uno degli obblighi principali di tutela degli ambienti fluviali, il rispetto del rilascio di un adeguato D.M.V. a valle delle opere di captazione idrica, previsto ed obbligatorio a sensi della L. 36/94, una legge che ormai ha quasi dieci anni di vita ma che, purtroppo, permane ancora largamente ed impunemente inapplicata.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori intendono ringraziare il Dirigente, dr Gian Maria Somavilla, e gli agenti del Corpo di Polizia Provinciale di Belluno per la fattiva collaborazione prestata per i campionamenti ittici e il sig. Craig Allen di Padova, per la cortese traduzione in inglese del riassunto di questo lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1998. *Piano Stralcio per la gestione delle risorse idriche del Bacino del fiume Piave*. Relazione tecnica, Autorità di Bacino dell'Alto Adriatico di Venezia.
- BAGENAL T., TESCH F.W., 1978. Age & growth. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*, III ed. Blackwell Scientific Publications.
- GHETTI P.F., 1997. *Indice Biotico Esteso (I.B.E.) - I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti. Manuale di applicazione*. Provincia Autonoma di Trento - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente, 222 pp.
- RICKER W. E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.*, **191**, 382 pp.
- ZANETTI M., 1999. L'applicazione della Carta Ittica di Belluno. In: *Atti del VI° Convegno Nazionale AIIAD: Le Carte Ittiche dieci anni dopo*. Varese Ligure 6, 7 e 8 giugno 1998: 409-423.
- ZANETTI M., TURIN P., GRAVA VANIN B., BILÒ M.F., ROSSI V., GUERRA D., LORO R., 2000. *Carta Ittica della Provincia di Belluno*. Amministrazione Provinciale di Belluno, 288 pp. + all.
- ZANETTI M., 2002. The management Marble trout *Salmo (trutta) marmoratus* Cuvier, 1817 in the province of Belluno (North - Eastern Italy). In: 1° colloquio italo-sloveno sulla trota marmorata. *Quaderni ETP/29/2000*: 71-74.
- ZIPPIN C., 1958. The removal method of population estimation. *Journal Wildl. Mgmt*, **22**: 82-90.

Studio degli accrescimenti e della dinamica di due popolazioni padane di lucioperca (*Stizostedion lucioperca*)

Federico Ielli^{1*}, Pierpaolo Gibertoni²

¹ Ittiologo consulente della Provincia di Reggio Emilia. Ufficio Caccia e Pesca, Via Gorizia, 49 - 42100 Reggio Emilia.

² Veterinario Ittiologo. Via Porali 1/a - 42037 Collagna (RE).

* Referente per la corrispondenza: iellifederico@libero.it

Riassunto

Si riferisce del secondo anno di studio relativo a due popolazioni padane di *Stizostedion lucioperca* in canali della bassa emiliana (Provincia di Reggio Emilia). È stata analizzata la dinamica delle due popolazioni per verificarne lo stato demografico e quindi sono stati studiati gli accrescimenti. In particolare, le due popolazioni sono apparse non strutturate, con predominanza delle classi d'età più giovani ed assenza di individui dell'anno (classe 0+) e di adulti di età superiore alla quarta classe (3+). Sono inoltre apparsi in incremento numerico gli individui della popolazione del Canale di Reggio ed in decremento quelli della popolazione del Canale C.I.P. Gli accrescimenti sono risultati simili nei due ambienti, comunque inferiori a quelli di una popolazione acclimatata nel bacino del Fiume Tevere. Non è stato possibile acquisire dati relativi alla riproduzione, a causa delle difficoltà di campionamento, se non quelli relativi alla taglia di prima maturazione. In aggiunta sono stati effettuati censimenti di tipo semiquantitativo sull'ittiofauna dei canali in esame. È risultato che quasi il 60% delle specie presenti è di origine alloctona, con prevalenza di specie invasive come la pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) ed il carassio dorato (*Carassius auratus*). Si raccomandano rigorosi controlli sullo stato dell'ambiente e sulle immissioni, onde evitare ulteriori indesiderate introduzioni di specie esotiche.

PAROLE CHIAVE: Lucioperca / accrescimenti / dinamica di popolazione / censimenti ittiofaunistici / alloctoni

Study on the growth and dynamics of two Po valley populations of pike perch (*Stizostedion lucioperca*)

Results of the second year of study relevant to two Po Valley populations of *Stizostedion Lucioperca* in canals of the Emilian lowland (province of Reggio Emilia). The dynamics of the two populations has been analysed in order to check the demographic state. Afterwards the population growth has been studied, too. In particular, the two populations seem to be unstructured, with a prevalence of young specimens and the total absence both of individuals born during the year (class 0+) and of adults belonging to the 4th class or over (3+). Moreover, there seems to be an increase in the number of individuals belonging to the population of Reggio Emilia Canal whereas the individuals belonging to the population of the C.I.P. Canal seem to be undergoing a decrease process. The individual growth is similar in both environments; however it is lower than the growth of pike perch belonging to a naturalized population in the Tevere basin. It has not been possible to acquire any data concerning reproduction –because of the sampling difficulties– except from the size at first maturity. In addition qualitative (phenotype) and quantitative census of the ichthyofauna of the examined canals have been taken. It has emerged that nearly 60% of the present species are allochthonous with a prevalence of invasive species such as *Pseudorasbora parva* and *Carassius auratus*. Strict controls of the environmental conditions and of new introductions are recommended in order to avoid further unwelcome introductions of exotic species.

KEY WORDS: pike perch / dynamic of population / fish community / allochthonous

INTRODUZIONE

Questo studio è parte integrante di una più estesa ricerca (inizialmente biennale) concepita per approfondire le conoscenze biologiche e la distribuzione sul territorio di due specie alloctone di recente acclimatazione nelle acque padane, il lucioperca (*Stizostedion lucioperca*), predatore ittiofago di origini Centro Est Europee e Baltiche, ed il Crostaceo Decapode *Procam-*

barus clarkii, originario delle paludi della Louisiana. Le indagini, iniziate nel corso del 1999 grazie a finanziamenti messi a disposizione dal Comitato Interassociativo per la Gestione dei Servizi Pesca di Reggio Emilia, sono poi proseguite negli anni successivi, con fondi affidati dalla Regione Emilia-Romagna alle Province per la realizzazione di progetti finalizzati. In questa

sede si riferisce della dinamica e degli accrescimenti di due popolazioni di lucioperca (*Stizostedion lucioperca*) in Canali ad uso irriguo della Provincia di Reggio Emilia: Canale di Reggio (Consorzio di Bonifica Parmigiana-Moglia-Secchia) e Canale Colatore Irriguo Principale "C.I.P." (Consorzio di Bonifica Agro Mantovano Reggiano), le cui caratteristiche erano già state descritte in occasione della prima parte della ricerca, relativa allo studio della biologia alimentare di *Stizostedion lucioperca* (IELLI e SANI, 2001a e b; IELLI, 2002).

I campionamenti sono stati effettuati nei pressi di Novellara e di Guastalla (RE) (Fig. 1). Le informazioni acquisite sono finalizzate alla verifica dello stato demografico delle popolazioni di lucioperca esaminate, mentre i contemporanei censimenti sull'ittiofauna permettono di verificare, da un anno a quello successivo, le modifiche qualitative e quantitative che si instaurano in seno alla comunità ittica, sia per effetto di fenomeni di competizione-predazione, che per cause antropiche.

MATERIALI E METODI

I campionamenti per le catture dei lucioperca ed i censimenti ittiofaunistici (semiquantitativi) sono stati

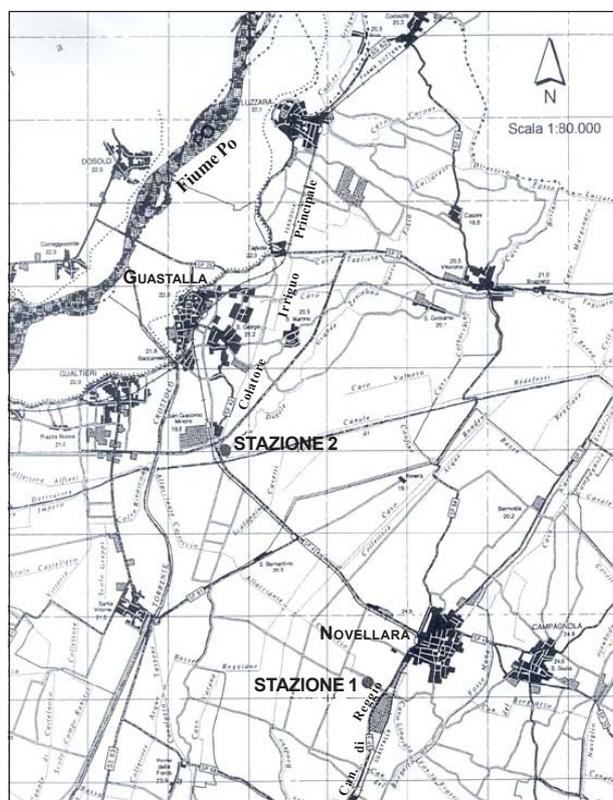


Fig. 1. Stazioni di campionamento (1 Canale di Reggio; 2 Canale C.I.P.) dell'ittiofauna e di *Stizostedion lucioperca* in Provincia di Reggio Emilia.

eseguiti in occasione degli svasi autunnali a cui sono soggetti i canali ad uso irriguo della Provincia di Reggio Emilia; più dettagliatamente, il 17.09.2000 nel Canale di Reggio e il 24.09.2000 nel Canale C.I.P. Le catture sono state effettuate dalle guardie volontarie delle Associazioni Alieutiche (F.I.P.S.A.S. e ARCI Pesca) nelle medesime zone dell'anno precedente (IELLI e SANI, 2001a e b; IELLI, 2002), avvalendosi dell'impiego di reti di circuizione con maglia di 5 mm dotata di piombi e lunga 24 m. Il 6.05.2000 è stata anche tentata nel Canale Allacciante Cartoccio (poi Canale di Reggio), in prossimità della sua origine dal Cavo Fiuma e nel Cavo Fiuma stesso, a pochi giorni di distanza dall'invasamento primaverile, una cattura di lucioperca, per verificare lo stato di maturazione delle gonadi.

La misurazione della lunghezza totale (mm) e del peso corporeo (g) di ciascun esemplare di lucioperca catturato nei due ambienti ha permesso di elaborare la struttura delle due popolazioni analizzate e di confrontarla con quella dell'anno precedente.

Si è quindi fatto ricorso al metodo scalimetrico (BOËT e LE LOUARN, 1985), mediante l'impiego di una Projectina, per valutare l'età dei pesci e per retrocalcolarne gli accrescimenti. Le scaglie degli animali sono state prelevate nella regione laterale sinistra di ciascun animale (119 lucioperca catturati e trattenuti per analisi di laboratorio nel corso del 1999: 51 del Canale di Reggio e 68 del Canale C.I.P.), al di sotto della pinna dorsale ed in prossimità della linea laterale. Infine la lettura per l'effettuazione dei retrocalcoli degli accrescimenti medi è stata effettuata nelle porzioni laterali delle scaglie (CASSELMAN, 1967).

RISULTATI

Censimenti sull'ittiofauna

Nel Canale di Reggio si è notato un calo generalizzato di tutte le specie ittiche, sia in densità che in biomassa. In dettaglio, sono state censite solo 12 specie ittiche (17 nel 1999), non essendo stata osservata la presenza di: anguilla, cheppia, persico trota, pesce gatto, pesce gatto punteggiato e rutilo. È stato invece rinvenuto il rodeo amaro, specie esotica non classificata nel 1999.

Ancora una volta, prevalgono le specie alloctone (7), pari al 58,3% del totale, mentre quelle autoctone (4) costituiscono solamente il 33,3% del totale. Infine una (carpa) è specie considerata acclimatata da diverso tempo (8,3%).

Predominano, sia numericamente che come biomassa, i ciprinidi carassio dorato e carpa, mentre sono risultate scarse le specie foraggio: alborella, pseudorasbora e rodeo amaro. Appaiono in contrazione anche le specie predatrici: lucioperca (104 individui contro 164

del 1999) e persico reale (12 individui contro 124 del 1999), rappresentate da esemplari giovani e di taglia modesta, benché le loro popolazioni siano soggette a fluttuazioni annuali dovute a situazioni contingenti come le variazioni di dinamica e di qualità delle acque dei canali di bonifica. Il siluro, anche se saranno indispensabili ulteriori conferme negli anni a venire, sembra attraversare una fase regressiva (33 individui di piccola taglia, contro 57 del 1999).

Nel Canale C.I.P. la comunità ittica è risultata più abbondante e variegata; essa è costituita da 17 specie ittiche (19 nel 1999). Rispetto all'anno precedente mancano all'appello rutilo e savetta. Anche in questo caso le specie alloctone sono largamente dominanti (10), costituendo il 58,8% del totale, mentre quelle autoctone (6) costituiscono solamente il 35,3% del totale. Tra quelle acclimatate da tempo vi è solo la

carpa (5,9%).

Le specie dominanti risultano carassio dorato e pseudorasbora in termini di densità e carassio dorato e carpa in termini di biomassa ittica. Discretamente rappresentata è pure l'alborella. Gli alloctoni lucioperca (73 individui) e siluro (109 individui) paiono in incremento, benché le taglie corporee siano assai inferiori rispetto a quelle registrate nel 1999. In regressione è invece il persico reale (Tab. I).

Lucioperca

In totale sono stati esaminati (misurati e pesati) 124 lucioperca di lunghezza totale compresa tra 140 e 270 mm (104 nel Canale di Reggio e 20 nel Canale C.I.P.). Nelle figure 2 e 3 è evidenziata la dinamica delle due popolazioni relativamente al periodo 1999-2000. Ancora una volta si nota l'assenza della prima classe d'età

Tab. I. Censimenti ittiofaunistici effettuati nell'anno 2000 nel Canale di Reggio e nel Canale C.I.P.

(I= specie indigena; A= specie acclimatata da tempo; R= specie alloctona di più o meno recente introduzione; R*= specie alloctona segnalata per la prima volta negli ambienti indagati)

Specie	Origine	Canale di Reggio (Cartoccio di Novellara) Osservazioni	Canale C.I.P. (S. Giacomo di Guastalla) Osservazioni
abramide (<i>Abramis brama</i>)	R	–	Presente, individui di piccola taglia
acerina (<i>Gymnocephalus cernuus</i>)	R*	presente	Presente, individui di piccola taglia
alborella (<i>Alburnus alburnus alborella</i>)	I	scarsa	Presenza discreta
anguilla (<i>Anguilla anguilla</i>)	I	–	–
barbo d'oltralpe (<i>Barbus barbus</i>)	R	–	Presente, individui di piccola taglia
carassio dorato (<i>Carassius auratus</i>)	R	Abbondante: predominante sia in termini numerici che di biomassa, individui di tutte le taglie	Molto abbondante, individui di tutte le taglie
carpa (<i>Ciprinus carpio</i>)	A	Abbondante: predominante sia in termini numerici che di biomassa, individui di tutte le taglie	Abbondante, individui di tutte le taglie
cavedano (<i>Leuciscus cephalus</i>)	I	Presente	Presente, individui di tutte le taglie
cheppia (<i>Alosa fallax</i>)	I	–	–
gambusia (<i>Gambusia holbrooki</i>)	R	–	Presente
gobione (<i>Gobio gobio</i>)	I	–	Scarsa
lucioperca (<i>Stizostedion lucioperca</i>)	R	In contrazione (104 soggetti), individui giovani	In incremento (73 soggetti), individui di piccola taglia
persico reale (<i>Perca fluviatilis</i>)	I	Scarsa (12 soggetti; 1 individuo di 18,5 cm)	Scarsa (5 soggetti, 1 individuo di 24cm)
persico sole (<i>Lepomis gibbosus</i>)	R	Scarsa	–
persico trota (<i>Micropterus salmoides</i>)	R	–	–
pesce gatto (<i>Ictalurus melas</i>)	R	–	Scarsa
pesce gatto punteggiato (<i>Ictalurus punctatus</i>)	R	–	-
pseudorasbora (<i>Pseudorasbora parva</i>)	R	Scarsa	Abbondante
rodeo amaro (<i>Rhodeus sericeus</i>)	R	Scarsa	Presente
rutilo (<i>Rutilus rutilus</i>)	R	–	–
savetta (<i>Chondrostoma soetta</i>)	I	–	–
scardola (<i>Scardinius erythrophthalmus</i>)	I	Presente	Abbondante, individui di tutte le taglie
siluro (<i>Silurus glanis</i>)	R	In diminuzione (33 soggetti), individui di piccola taglia (max 3 kg)	In incremento (109 soggetti), individui di media o piccola taglia
triotto (<i>Rutilus erythrophthalmus</i>)	I	–	Scarsa

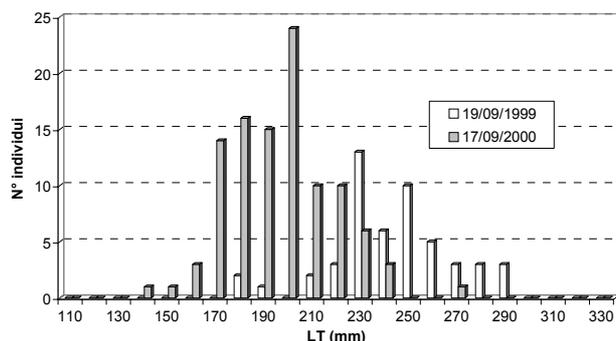


Fig. 2. Canale di Reggio: dinamica di popolazione (anni 1999/2000) relativa ai lucioperca campionati.

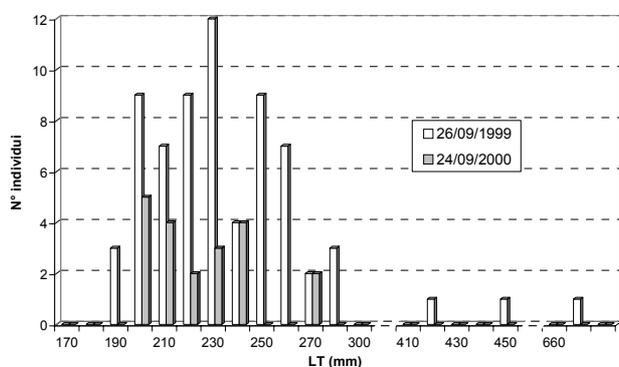


Fig. 3. Canale C.I.P.: dinamica di popolazione (anni 1999/2000) relativa ai lucioperca campionati.

(0+) e la preponderanza numerica delle due classi d'età immediatamente successive (1+ e 2+), mentre sono quasi del tutto mancanti gli individui d'età superiore.

Nella figura 4 sono osservabili gli accrescimenti (a sessi unificati), retrocalcolati, dei lucioperca dei due ambienti. Gli accrescimenti risultano del tutto equiparabili fino al terzo inverno; successivamente è stato possibile retrocalcolarli solo per i pesci del Canale C.I.P., data la presenza di alcuni soggetti di taglia più elevata. Il soggetto più grande (653 mm di lunghezza totale) ha fatto registrare un'età di 9+ inverni. Nella tabella II sono riportati, per confronto, i valori medi degli accrescimenti reali (a sessi separati) in lunghezza totale ed in peso corporeo dei lucioperca delle due popolazioni esaminate.

Per quanto concerne la biologia riproduttiva della specie, i tentativi effettuati nella primavera del 2000 nel Canale di Reggio e nel Cavo Fiuma per l'acquisizione di soggetti fecondi sono risultati infruttuosi a causa delle oggettive difficoltà di campionamento (acque alte e veloci, conseguenti alla piena del fiume Po). Gli unici soggetti, tra quelli analizzati, risultati sessualmente maturi sono stati tre lucioperca della popolazione del Canale C.I.P. (campionamento di settembre 1999) e 4

lucioperca del Canale Fissero-Tartaro (Ostiglia-MN) pescati con esca artificiale. Questi esemplari avevano tutti lunghezza totale uguale o superiore a 390 mm (Tab. III): secondo MUUS e DAHALSTROM (1979) i maschi della specie maturano sessualmente a 2-4 anni d'età, quando raggiungono la lunghezza di 33-37 cm, mentre le femmine lo divengono a 3-5 anni, ad una lunghezza di 40-45 cm.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Censimenti sull'ittiofauna

La situazione dei canali di bonifica emiliani rispecchia quella della realtà padana, dato che dal Po entra non solo l'acqua, ma anche la fauna ittica in esso presente. Quasi il 60% di quest'ultima è costituita da specie alloctone.

Analizzando singolarmente i due ambienti in esame si è potuta notare una contrazione generalizzata nel numero di specie presenti, in particolar modo nel Canale di Reggio, nel quale, oltre a mancare completamente le specie fitofile autoctone come il triotto e la tinca o quelle predatrici come il luccio, appare rilevante l'assenza del pesce gatto e del persico trota, che erano discretamente rappresentate l'anno precedente. Con-

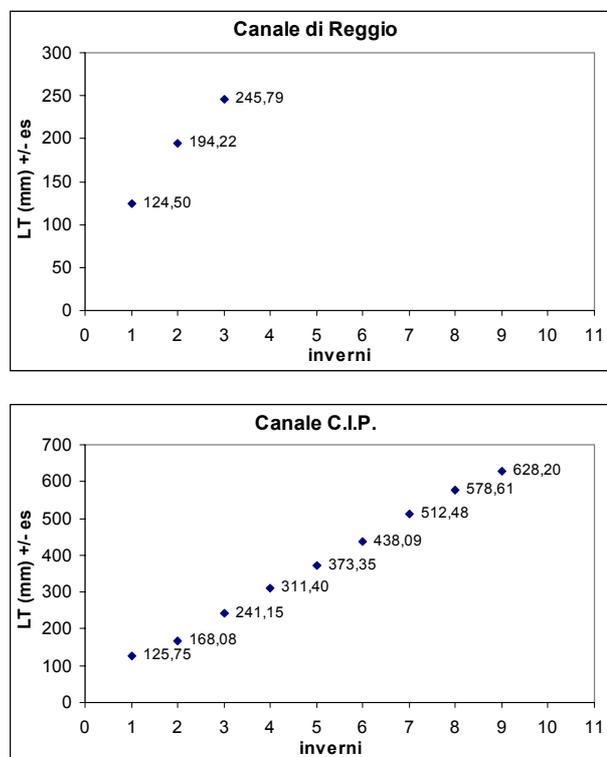


Fig. 4. Accrescimenti a sessi unificati retrocalcolati delle due popolazioni di lucioperca studiate.

Tab. 2. Valori medi con relativo errore standard (e.s.) degli accrescimenti reali (a sessi separati) in lunghezza totale (mm) ed in peso corporeo (g) del lucioperca dei due ambienti esaminati

CANALE DI REGGIO																					
		0+		1+		2+		3+		4+		5+		6+		7+		8+		9+	
		LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W
Femmine	Media	-	-	183,67	50,67	236,56	114,36	274,2	192,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	e.s.	-	-	12,17	9,684	2,609	4,443	3,165	8,913	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maschi	Media	-	-	195	62	231,33	104,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	e.s.	-	-	9	4	3,345	5,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CANALE C.I.P.																					
		0+		1+		2+		3+		4+		5+		6+		7+		8+		9+	
		LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W	LT	W
Femmine	Media	-	-	196,36	61,27	229,67	102,93	266	163	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	e.s.	-	-	2,297	2,431	3,762	5,897	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maschi	Media	-	-	194,8	62,8	230,67	105,48	266,2	162,8	-	-	417	567	-	-	-	-	-	-	653	2305
	e.s.	-	-	2,853	2,939	2,983	4,539	3,338	7,338	-	-	14	63	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab. 3. Dimensioni corporee del lucioperca risultati maturi sessualmente.

Sito di cattura	Data	Sesso	LT (mm)	W (g)	Osservazioni
Canale C.I.P.	26/09/1999	M	403	504	-
	26/09/1999	M	431	630	-
	26/09/1999	M	653	2305	-
Canale Fissero-Tartaro	06/04/2000	M	435	680	Sperma in emissione
	20/04/2000	M	390	400	-
	20/04/2000	M	430	600	-
	03/06/2000	F	380	370	Gonadi svuotate

temporaneamente si è constatata una regressione, sia nel numero che nelle dimensioni, dei soggetti di quasi tutte le specie ittiche: il fenomeno, come già accennato, potrebbe tuttavia dipendere da fluttuazioni annuali dovuti a modifiche dinamiche (velocità di corrente) e di qualità delle acque dei canali, per cui appaiono indispensabili ulteriori e più approfondite verifiche. In particolare appare evidente la contrazione del persico reale, ma in diminuzione risultano anche lucioperca e siluro. Per contro, la situazione del Canale C.I.P. appare più favorevole, benché anche in questo caso sia evidente l'assenza di alcune specie indigene tipiche degli ambienti padani (lucio e tinca) e la contrazione di altre (alborella, gobione, persico reale e triotto). Non sembrano, invece, risentire del degrado i ciprinidi carpa e carassio dorato che, insieme all'esotica pseudorasbora, costituiscono la parte preponderante della comunità ittica (carpa e carassio dorato anche come biomassa). In incremento risultano lucioperca e siluro, anche se sono stati catturati esemplari di taglia note-

volmente più ridotta rispetto al 1999.

Se per il Canale di Reggio è ipotizzabile una fluttuazione annuale della comunità ittica in relazione all'attività primaverile di pompaggio delle acque nel canale svasato da parte dell'Ente di Bonifica competente, per contro, il generale peggioramento della situazione ittologica potrebbe dipendere da altre cause, quali l'ulteriore compromissione delle condizioni ecologiche, da un lato, e la conseguente riduzione delle disponibilità trofiche, soprattutto per i predatori (carenza di specie foraggio), dall'altro. Lo scarso ricambio idrico, aggravato dalla forte siccità del Fiume Po, potrebbe aver contribuito a peggiorare lo stato di salute dei due canali, del quale avrebbero risentito soprattutto le specie ittiche più sensibili. Si tratta comunque di valutazioni che necessiteranno di ulteriori e più approfonditi monitoraggi annuali, anche sulla comunità vegetale.

Per una corretta ottica gestionale, benché una soluzione definitiva al problema sia alquanto improbabile, è indispensabile un rigoroso controllo sulle immissioni,

onde evitare ulteriori pericolose introduzioni di specie esotiche in grado di modificare ulteriormente i già precari equilibri; d'altra parte appare altrettanto inderogabile il risanamento dell'habitat, in particolar modo di quelle poche aree naturali dove condizioni ecologiche ancora accettabili (tratti di canale non soggetti a svaso, con canneto e fanerogame acquatiche, ecc.) sono in grado di favorire il recupero di certe specie ittiche autoctone a rischio (luccio, tinca, triotto, ecc.). S'impongono contemporaneamente idonee opere di risanamento dei canali da parte dei Consorzi Irrigui di Bonifica (mantenimento di livelli idrici invernali compatibili con la sopravvivenza dell'ittiofauna, azioni di diserbo meccanico poco impattanti sulle comunità acquatiche, ecc.).

Lucioperca: dinamica di popolazione, riproduzione ed accrescimenti

Entrambe le popolazioni di lucioperca esaminate appaiono non strutturate. La mancanza di individui di età superiore a 3+ inverni, peraltro scarsi anche l'anno precedente, potrebbe essere in parte dovuta al prelievo alieutico, selettivo soprattutto nei confronti dei soggetti di taglia più elevata. Inoltre gli individui più grandi e vecchi tendono a rimanere nei fondali del Fiume Po, dove sono maggiori le disponibilità trofiche.

La mancanza della prima classe d'età (0+) è invece meno facilmente motivabile. D'altra parte quest'ultima è risultata assente anche in una popolazione di lucioperca del medio corso del Fiume Tevere (GIOVINAZZO *et al.*, 1999). Nel nostro caso, poiché è il secondo anno consecutivo che si osserva l'assenza degli individui 0+, è probabile che il "deficit" sia in qualche modo collegato alla riproduzione. Secondo DEELDER e WILLEMSEM (1964) la sarda frega più tardivamente rispetto al persico reale, a temperature comprese tra 12 e 15 °C, in aprile, maggio e talvolta in giugno nei laghi più freddi, mentre anticipa alle latitudini più meridionali. La frega avviene di preferenza su fondali sabbiosi o ciottolosi, a profondità variabili tra 0,5 e 17 m, con la preparazione di un nido di detrito vegetale. Il maschio ossigena le uova: tale espediente permette alla specie di riprodursi in acque torbide e con mediocre ossigenazione. Viene anche effettuata attività di *fanning* durante l'incubazione. Nelle acque stagnanti i nidi di frega sono generalmente situati a profondità superiori a 3 m (GILLET, 1985). La percentuale di fecondazione delle uova è elevata e la mortalità embrionale piuttosto bassa.

È probabile che le popolazioni padane di *Stizostedion lucioperca* freghino precocemente ed in acque profonde: tale ipotesi è stata in parte suffragata dalla cattura in aprile di tre maschi sessualmente maturi (emettenti sperma) nel Canale Fissero-Tartaro (MN).

In quel periodo i canali di bonifica reggiani sono ancora svasati e, comunque, la profondità dell'acqua residua è assai modesta, forse insufficiente per il regolare espletamento dell'attività riproduttiva. I giovani della specie, probabilmente a causa di qualche fattore che limita la loro sopravvivenza (attività di pompaggio primaverile delle acque da parte degli Enti di bonifica all'interno dei canali?), non sono mai stati ritrovati all'atto dei campionamenti settembrini, quando la loro taglia avrebbe dovuto essere di 6-10 cm (MUUS e DAHLSTROM, 1979).

È presumibile che dopo la nascita i giovani lucioperca rimangano, almeno sino alla primavera successiva, nel Po e che entrino nei canali quando hanno già superato il primo inverno di età. Tali valutazioni necessiteranno di ulteriori verifiche, da effettuarsi durante e successivamente al periodo riproduttivo. Non sembra comunque probabile che l'assenza dei giovani lucioperca sia da attribuire a fenomeni di cannibalismo intraspecifico, frequenti in assenza di sufficienti disponibilità trofiche, ma mai riscontrati negli ambienti in esame (IELLI e SANI, 2001a e b).

A causa della non strutturazione delle due popolazioni, non è stato possibile calcolare l'accrescimento teorico in lunghezza totale secondo VON BERTALANFFY (1938). Tuttavia l'analisi scalimetrica ci ha consentito di valutare l'età degli animali e, successivamente, di retrocalcolarne gli accrescimenti ai vari inverni. In particolare si è evidenziato che i lucioperca dei canali emiliani, forse a causa delle meno favorevoli termie invernali, ovvero per una minore disponibilità di prede, crescono meno –sia in lunghezza totale che in peso corporeo– rispetto ai conspecifici del Fiume Tevere. Questi ultimi, infatti, sembrano aver trovato condizioni particolarmente vantaggiose per svilupparsi, con accrescimenti nettamente superiori a quelli di altre popolazioni europee.

La popolazione del Tevere risulta strutturata in 9 classi d'età, con assenza della prima (0+) e con la più vecchia (9+) rappresentata da un individuo di 86,3 cm di lunghezza totale e di 5.620 g di peso corporeo (GIOVINAZZO *et al.*, 1999). Anche nella popolazione del Canale C.I.P., peraltro non strutturata, la classe d'età più vecchia è rappresentata da un individuo di 9+ inverni, tuttavia le sue dimensioni risultano significativamente inferiori: 65,3 cm di lunghezza totale e 2.305 g di peso corporeo. Per DEELDER e WILLEMSEM (1964) i tassi di accrescimento sono assai variabili nell'ambito di distribuzione della specie e variano notevolmente in relazione alla latitudine (LAPPALAINEN *et al.*, 1997). Infine, non sono state rilevate disparità nell'accrescimento reale tra i due sessi nei canali reggiani, per lo meno fino al quarto inverno d'età. LEHTONEN (1983) sostiene infatti che non vi sono significative differenze nell'ac-

crescimento tra maschi e femmine di lucioperca.

Per ciò che concerne la gestione di queste popolazioni, si ribadisce quanto emerso dal primo anno di studio. Essendo il lucioperca specie predatrice ittiofaga assai vorace, appare indispensabile un continuo ed attento monitoraggio delle sue popolazioni. D'altra parte il lucioperca, benché vada ad incidere come predazio-

ne anche sull'autoctona alborella, specie tra le preferite alimentariamente dal persico reale (ALESSIO *et al.*, 1991), è probabilmente il predatore più selettivo e specializzato nel controllo di specie ittiche alloctone infestanti di piccole dimensioni come la pseudorasbora, particolarmente in ambienti eutrofizzati come quelli padani (IELLI e SANI, 2001a e b)

BIBLIOGRAFIA

- ALESSIO G., ALBINI C., CONFORTINI I., 1991. Biologia, struttura e dinamica di popolazione del pesce persico, *Perca fluviatilis* L., nel bacino padano (Nord Italia). *Soc. Ital. Sci. Nat. Museo Civ. Storia Nat., Milano*, **132**: 210-228.
- BOËT P., LE LOUARN H., 1985. La croissance du poisson. Technique d'étude. In: *Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles*, INRA, Paris 1985: 125-142.
- CASSELMAN J.M. 1967. *Age & growth of Northern pike, Esox lucius Linnaeus of the upper St. Lawrence River*. University of Guelph, 219 pp.
- DEELDER C. L., WILLEMSEM J., 1964. Synopsis of biological data on pike – perch., *Lucioperca lucioperca* (Linnaeus) 1758. *Fao, Fish. Synop.*, **28**: 52 pp.
- GILLET C., 1985. Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres. In: *Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles*. INRA, Paris, 1985: 167-185.
- GIOVINAZZO G., CAROSI A., DORR A.J.M., LORENZONI M., PETESSE L., MEARELLI M., 1999. Accrescimento di *Stizostedion lucioperca* (Linnaeus, 1758) nel medio corso del Fiume Tevere. In: Atti VII Convegno A.I.I.A.D. Stazione della Carnia (UD) 14-16 gennaio 1999. *Quaderni ETP* (**28**/1999): 169-173.
- IELLI F., SANI L., 2001a. Dati preliminari sulla distribuzione e sulla biologia alimentare di *Stizostedion lucioperca* nelle acque dei Consorzi Irrigui di Bonifica Parmigiana-Moglia-Secchia ed Agro Mantovano-Reggiano. In: Atti del VIII Convegno A.I.I.A.D. Codroipo (UD) 29-30 giugno 2000. *Quaderni ETP* (**30**/2001): 75-86.
- IELLI F., SANI L., 2001b. *Stizostedion lucioperca* e *Procambarus clarkii*: due ospiti indesiderati nelle acque padane? In: Il Quaderno di Rossena: alcune relazioni raccolte dal Ciclo di Seminari sulle Aree Protette. *Dar Voce* (Aprile-Maggio 2001): 57-63.
- IELLI F., 2002. Un Po di confusione: evoluzione dei popolamenti ittiofaunistici nel grande fiume. In: *Po Cultura di Fiume e di Terra. Guastalla Ambiente* (novembre 2002): 17-34.
- LEHETONEN H., 1983. Stoks of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L., and their management in the Archipelago Sea and the Gulf of Finland. *Finnish Fisheries Research*, **5**: 1-16.
- LAPPALAINEN J., LHETONEN H., ERM V., 1997. Possible effects of climate warming on the timing of spawning, juvenile abundance and catches of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* L. *Boreal Environment Research*, **2**: 85-91.
- MUUS B.J., DAHLSTROM P., 1979. *Guida dei pesci d'acqua dolce*. Edagricole, Bologna, 224 pp.
- VON BERTALANFFY L., 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human biology*, **10**: 181-243.

Caratterizzazione biologica di *Gambusia holbrooki* Girard nel Lago Trasimeno

Giuliano Luigi Gandolfi*, Emiliano Belletti, Gianluigi Alessio

Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale dell'Università, Parco Area delle Scienze 11/A - 43100 Parma

* Referente per la corrispondenza: Fax 0521 905657; alessio@biol.unipr.it

Riassunto

Nel contesto di più vasti studi sulla gambaia, *Gambusia holbrooki* Girard, sono state eseguite ricerche nell'ecosistema lacustre del Trasimeno. Il materiale ittico campionato, conservato in alcool 70°, è stato esaminato in laboratorio mediante subcampioni randomizzati di 50-60 individui. L'attività trofica della gambaia nel Lago Trasimeno inizia in primavera e progressivamente si intensifica. Nei mesi estivi (luglio-agosto), invece, essa tende a decrescere, per riprendere nei successivi mesi più freschi, rispecchiando l'andamento dello sviluppo stagionale dello zooplankton e del fitoplankton. Nel periodo di elevata attività alimentare, il Pecilide tende ad assumere la massima quantità di prede, la cui digestione non è tuttavia completata nel tratto gastrico e, spesso, neppure nel contiguo tubo intestinale, ove si rinvenivano elementi solo parzialmente digeriti. I componenti trofici sono costituiti soprattutto da Crostacei (Copepodi, Cladoceri ed Ostracodi) e da Insetti (prevalentemente Ditteri e, secondariamente, Eterotteri e Tricotteri). Occasionalmente la gambaia si ciba di invertebrati terricoli o di ambiente subaereo (Ditteri, Emitteri, Imenotteri, ecc.), accidentalmente caduti in acqua. Non infrequente è il cannibalismo. Benché nel Lago Trasimeno la gambaia manifesti una solerte e continua attività trofica dal crepuscolo mattutino fino al tramonto, i valori dell'indice di repletezza (IR) rivelano preferenzialmente condizioni di stomaco pieno per un quarto o addirittura vuoto. I fattori di condizione, globale (K) e al netto del peso delle gonadi (K'), risultano sempre più elevati nelle femmine rispetto ai maschi. Gli scostamenti più marcati fra i due fattori si osservano nel periodo riproduttivo.

L'attività riproduttiva della gambaia ha inizio a metà febbraio-principio di marzo e tende a decrescere nella tarda estate per poi cessare verso la fine di settembre. Nell'ecosistema del Trasimeno si è osservato che a svernare, come potenziali riproduttori futuri, sono soprattutto gli individui giovani. Durante tutta la stagione riproduttiva il numero di femmine è prevalente sui maschi. La taglia minima di riproduzione, salvo rare eccezioni, è di circa 24 mm di LT per le femmine e di 21 mm di LT per i maschi. Nelle femmine di gambaia il GSI risulta essere circa 3-4 volte superiore a quello dei maschi. Il potenziale di reclutamento (= produzione di uova) aumenta progressivamente a partire dalla primavera. Nella cavità celomatica della gambaia, specie ovovivipara, si ritrovano per lo più uova in diversa fase di maturazione, contemporaneamente ad embrioni a differente stadio di sviluppo. La maturazione delle uova è asincrona. Per gli embrioni sono state registrate LT comprese tra 7,45 mm e 8,20 mm, con una media di 7,83 mm. Il numero di embrioni prodotti è risultato esponenzialmente proporzionale alla LT delle femmine fertili. È stato repertato più frequentemente il II stadio embrionale.

La gambaia del Lago Trasimeno conferma l'ampio spettro trofico, in particolare opportunistico, caratteristico della specie. In quanto onnivoro e miratamente larvivoro, il Pecilide risulta dunque preferibile per scopi di lotta biologica ai Culicidi infestanti.

PAROLE CHIAVE: gambaia / spettro trofico / biologia riproduttiva / Lago Trasimeno

Biology of *Gambusia holbrooki* Girard in Trasimeno Lake (Umbria, Central Italy)

Investigations were made about gambaia, *Gambusia holbrooki* Girard in Trasimeno Lake. The fishing material, conserved in 70° alcohol, was tested in laboratory by examination of 50-70 specimens sub-samples. The results underline that the trophic activity of gambaia in Trasimeno Lake begins and progressively increases during Spring; it decreases in Summer (July-August) and resumes during cooler months. So it follows the stagional course of zoo and phytoplankton. During the period of maximum alimentary activity, the Poeciliid aims at swallow the maximum amount of preys, which are not totally digested within the stomach; so we often found partial-digested elements in the gut. Mosquito fish mainly eats Crustaceans (Copepoda, Cladocera, Ostracoda) and Insects (mainly Diptera, then Eteroptera and Tricottera) and occasionally land and/or subaerial organisms (Diptera, Hemiptera, Hymenoptera) accidentally fallen in the water. Cannibalism isn't infrequent. The replenishment index (RI) preferentially reveals conditions of ¼ filled or completely empty stomach, even though the trophic activity lasts from dawn to twilight.

The global condition factor (K) and the condition factor net of the gonadal weight (K') always are higher in females than in males. The more marked gaps between the two factors are observed in the breeding period. The reproductive activity in gambaia starts in half February-early March, decreases in summer and then stops towards the end of September. The juveniles above all, spend the winter in the ecosystem of Trasimeno, as future potential reproducers. During all the breeding period, the number of females prevails over the

number of males. The minimum reproduction size, with rare exceptions, is around 24 mm TL for females and 21 mm TL for males. In females the GSI is around 3-4 times higher than in males. The potential recruitment (= eggs production) increases progressively from spring. In the celomatic cavity of gambusia were found above all eggs in different phases of maturity together with that embryos at various stages of development. Eggs maturity is asynchronous. The embryos TL results between 7.45 mm and 8.20 mm, with an average of 7.83 mm. The number of embryos appears esponentially related to the brood female TL. Embryonic stage II is more frequently found. In Trasimeno Lake, gambusia confirms the wide trophic spectrum, in particular opportunist, characteristic of the species. Because of its omnivorous and preferentially larvivorous attitude, the Poeciliid is to prefer for biological fight to infestant Culicids.

KEY WORDS: Mosquito fish / trophic spectrum / breeding biology / Trasimeno Lake

INTRODUZIONE

Gambusia holbrooki Girard, 1859 (Cyprinodontiformes, Poeciliidae), è una specie ittica esotica il cui genere comprende numerose specie originarie della parte meridionale degli Stati Uniti, del Messico e di Cuba (GANDOLFI *et al.*, 1991). La sua introduzione in Italia risale al 1922 (TORTONESE, 1970). Recentemente la specie è stata oggetto di rinnovato interesse, poiché impiegata sempre più frequentemente nella lotta ai Culicidi molesti (BELLINI *et al.*, 1994; VERONESI *et al.*, 1995; COCCHI *et al.*, 1998; PENSATI, 1998; RONGONI *et al.*, 1999; SANI *et al.*, 2001).

La presente ricerca sulla gambusia intende chiarirne il profilo di accrescimento ponderale e lineare in funzione dell'andamento stagionale, l'attività trofica (alimentazione, componenti, ritmi, processi digestivi, ecc.), la biologia riproduttiva, con mirato riferimento alle variazioni sia del rapporto sessi nel corso della stagione, sia della fertilità reale e potenziale.

Il biotopo naturale preso in esame, il Lago Trasimeno, può essere considerato l'unico grande lago laminare italiano: infatti, con un fondale prevalentemente piatto, è il quarto dei laghi italiani per superficie, ma non per profondità (CAROLLO, 1969). Per questa sua conformazione, il lago non presenta mai una stratificazione termica e risulta naturalmente eutrofico (GIANNOTTI *et al.*, 1982).

Il Trasimeno costituisce dunque un habitat preferenziale per la gambusia, che predilige acque calde, stagnanti, a fondo fangoso e ricche di vegetazione (GANDOLFI *et al.*, 1991).

MATERIALI E METODI

La zona indagata è rappresentata da un tratto prospiciente l'abitato di S. Feliciano sulla sponda orientale del lago.

I campionamenti, eseguiti "a vista" mediante guadino a mano, sono stati effettuati nelle seguenti date: 01.08.2000; 20.09.2000; 20.02.2001; 17.05.2001. Gli esemplari catturati sono stati immediatamente fissati in alcool 70°, additivato con glicerolo (2%), al fine di bloccare i processi digestivi in atto. In laboratorio si è proceduto, separatamente per ciascuna stazione di rilevamento, all'esame di subcampioni randomizzati di

50-60 individui.

Per la classificazione sistematica dei soggetti, al fine dell'attribuzione certa alla specie *Gambusia holbrooki* si è proceduto all'esame anatomico-strutturale del gonopodio dei maschi (Fig. 1), che presenta il margine posteriore del 3° raggio finemente dentellato come precisato da TORTONESE (1970).

Di ogni individuo esaminato sono stati rilevati: il sesso; il peso corporeo (W); le lunghezze totale (LT) e standard (LS).

A seguito di laparotomia si è eseguita l'ablazione del tubo digerente e delle gonadi; si è poi proceduto al rilevamento del peso del contenuto stomacale (W_{st}) e delle gonadi stesse (W_{go}).

Relativamente al tratto gastrico asportato sono state eseguite le determinazioni del valore dell'indice di repletezza (IR), secondo il metodo di FERRARI *et al.* (1983-1984), più volte saggiato (ALESSIO *et al.*, 1990a; 1990b; 1992; 1997; RONGONI *et al.*, 1996; 1999; SANI *et al.*, 2001), attribuendo valori compresi tra 0 e 4 (0= stomaco vuoto; 1= stomaco pieno per 1/4; 2= stomaco pieno per metà; 4= stomaco completamente pieno).

Dopo separazione del sacco gastrico dal rimanente tratto intestinale, sono state espletate sia l'analisi quantitativa (rilevamento del peso e del numero di prede) sia l'indagine qualitativa (determinazione sistematica) dei relativi reperti alimentari, facendo riferimento ai trattati di BARNES (1985), SANSONI (1988), CAMPAGNOLI *et al.*

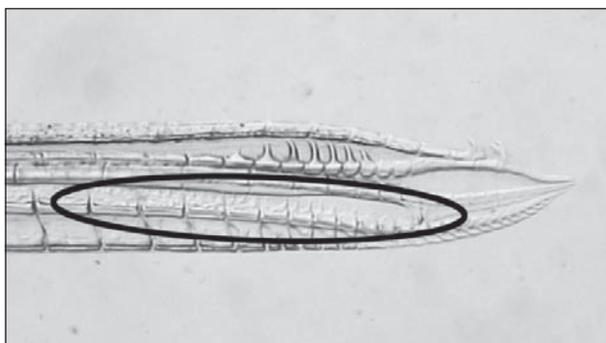


Fig. 1. Fotografia al microscopio ottico del gonopodio: in evidenza la dentellatura nel margine interno del 3° raggio.

(1994) e CHINERY (1987). L'esame separato e distinto dei contenuti alimentari, sia stomacali che intestinali, è risultato necessario per una migliore e più approfondita comprensione della singolare fisiologia digestiva della gambusia. Per le alghe e per i reperti vegetali si è proceduto solamente all'accertamento di presenza.

Con l'intento di valutare l'evoluzione stagionale (con relative variazioni) dell'attività trofica della gambusia nell'ecosistema considerato, è stato determinato l'indice di ingestione (II), che evidenzia la percentuale ponderale del contenuto stomacale (W_{st}) rispetto al valore del peso corporeo (W), al netto del peso delle gonadi (W_{go}). Esso è stato calcolato mediante la seguente formula:

$$II = (W_{st} / W - W_{go}) \cdot 100.$$

Per verificare lo stato di benessere (= corposità) della gambusia nel Lago Trasimeno, sono stati calcolati i fattori di condizione globale (K) ed al netto del peso delle gonadi (K'), separatamente per gli individui dei due sessi, utilizzando le seguenti formule (BECKMANN, 1948; DE GIROLAMO *et al.*, 1996):

$$K = W \cdot 10^5 / LT^3;$$

$$K' = (W - W_{go}) \cdot 10^5 / LT^3.$$

È stato infine calcolato l'indice gonadosomatico

Tab. I. Stadi di sviluppo embrionale di gambusia (da REZNICK, 1981, modificato).

Stadi embrionali	Caratteristiche morfologiche
I stadio	L'embrione si presenta come una striscia chiara sulla superficie dell'uovo
II stadio	Nell'embrione sono rilevabili pochi pigmenti retinici; la pigmentazione sul corpo è assente o appena accennata
III stadio	L'embrione appare pigmentato sul dorso; le pinne sono rudimentali; il sacco vitellino non presenta evidente riduzione
IV stadio	I melanofori sono presenti su tutto il corpo; sono individuabili i raggi delle pinne; il sacco vitellino appare in fase di riassorbimento
V stadio	Le pinne sono completamente formate; il sacco vitellino è pressoché completamente riassorbito

Tab. II. Valori percentuali dell'indice di repletezza (IR).

DATA	IR (%)			
	0	1	2	4
01.08.00	6,45	79,03	11,29	3,23
20.09.00	26,42	71,70	1,89	0,00
20.02.01	57,14	28,57	8,16	6,12
17.05.01	2,00	54,00	20,00	24,00

(GSI), utilizzando la seguente formula:

$$GSI = (W_{go} \cdot 100) / W.$$

Le gonadi femminili sono state ispezionate per valutare lo stadio di maturazione delle uova e/o degli embrioni. In particolare, per quanto riguarda le uova, è stato effettuato il conteggio solamente di quelle mature (al IV stadio), purché in assenza di embrioni in ovario; a questi ultimi è stato invece assegnato un preciso stadio di sviluppo in osservanza del metodo di REZNICK (1981), opportunamente modificato (Tab. I). Per gli embrioni completamente maturi (V stadio) si è altresì proceduto al rilevamento della lunghezza totale (LT).

RISULTATI

Nella tabella II sono compendiate i valori registrati dell'indice di repletezza (IR).

Nella figura 2 è evidenziata la variazione della lunghezza totale media della gambusia, sia complessivamente sia separatamente per maschi e femmine, nel corso del periodo di campionamento.

Nella figura 3 è illustrato l'andamento stagionale del valore medio dell'indice di ingestione (II) in parallelo con l'evoluzione annuale dello zooplankton e del fitoplankton nel Trasimeno, rilevata da TATICCHI (1971). Nella figura 4 sono evidenziate, rispettivamente per le femmine e per i maschi, le variazioni dei due distinti fattori di condizione medi, ovvero globale (K) ed al netto del peso delle gonadi (K'), nel corso del periodo di rilevamento.

I risultati dei rilevamenti qualitativi e quantitativi concernenti i reperti gastrici ed intestinali sono esposti nelle figure 5 e 6. Lo spettro trofico delle gambusie è posto in risalto, mediante "categorie" sistematiche, nella figura 5, ove è rappresentata la frequenza percentuale assoluta dei reperti complessivi entro il tubo digerente (congiuntamente contenuto gastrico e contenuto intestinale). Nella figura 6 è invece evidenziata la preferenza alimentare in relazione al tipico ecosiste-

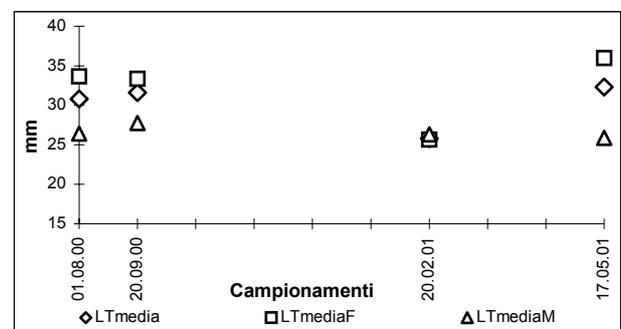


Fig. 2. Variazione della lunghezza totale media, sia complessivamente sia distintamente per femmine e per maschi nel corso del periodo di campionamento.

ma colonizzato, ossia la frequenza percentuale dei tubi digerenti contenenti le singole "categorie" sistematiche.

Con riferimento alle "categorie" sistematiche più abbondanti nell'alimentazione della gambusia, nelle figure 7 e 8 sono illustrate le frequenze percentuali dei diversi Crostacei ed Insetti repertati nei contenuti gastrici ed intestinali.

Le variazioni del rapporto fra i sessi nel periodo di indagine sono riferite nella figura 9. Nella Figure 10 è invece illustrata l'evoluzione temporale dell'indice gonadosomatico (GSI), rispettivamente per le femmine e per i maschi.

La fertilità potenziale (intesa come numero di uova mature destinate a fecondazione) massima, minima e media (con errore standard), risultante nel corso dei

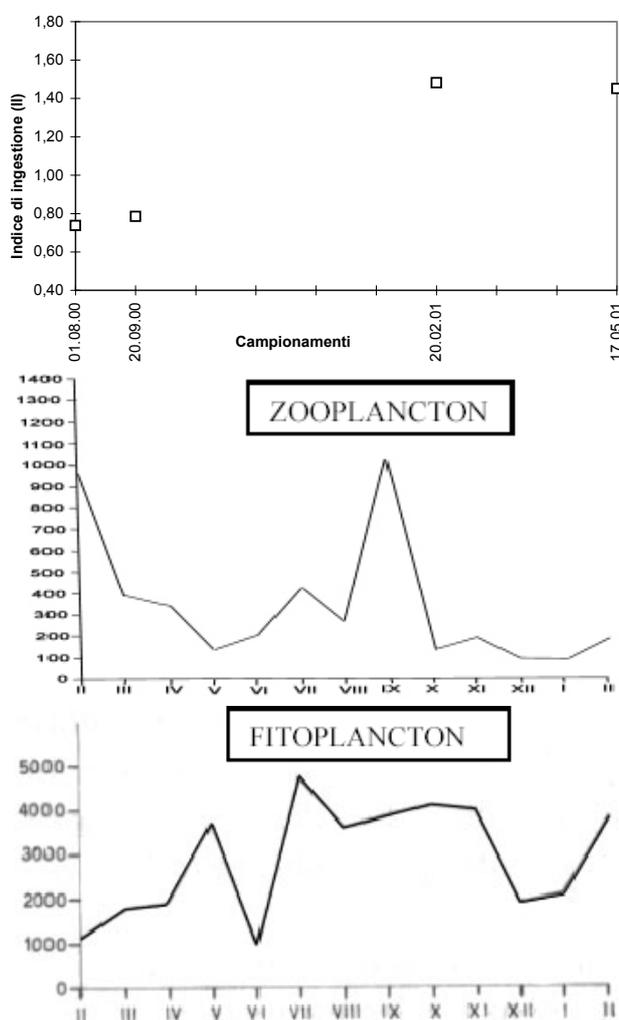


Fig. 3. Andamento stagionale del valore medio dell'indice di ingestione (II) posto in relazione con l'evoluzione annuale dello zooplankton (n° individui/l) e del fitoplancton (n° cellule x 10³/l) presenti nel lago Trasimeno (da TATICCHI, 1971, modificato).

campionamenti, è evidenziata nella tabella III. Parallelamente, la fertilità reale (intesa come numero di embrioni presenti nella cavità peritoneale) massima, minima e media (con errore standard) è riferita nella tabella IV. Dal computo totale degli embrioni repertati sono stati esclusi quelli con sacco vitellino completamente riassorbito (V stadio), per prevenire eventuali errori di

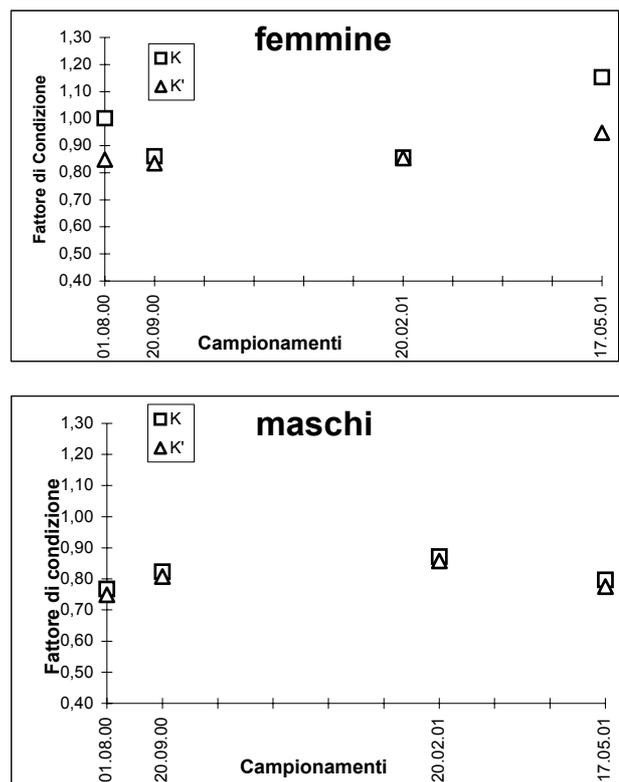


Fig. 4. Variazioni negli individui femmine (sopra) e maschi (sotto) dei due distinti fattori di condizione, globale (K) ed al netto del peso delle gonadi (K') nel corso del periodo di rilevamento.

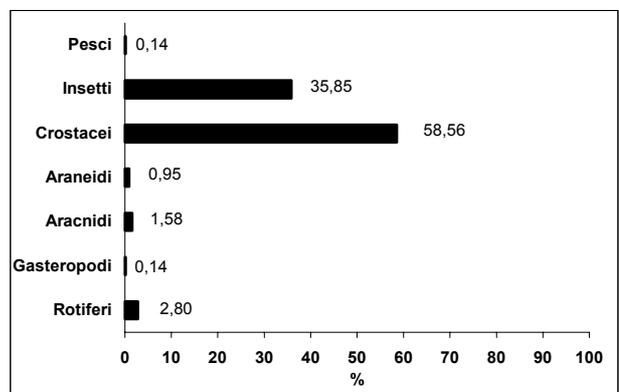


Fig. 5. Frequenze percentuali dei reperti entro il tubo digerente di gambusia (=spettro trofico).

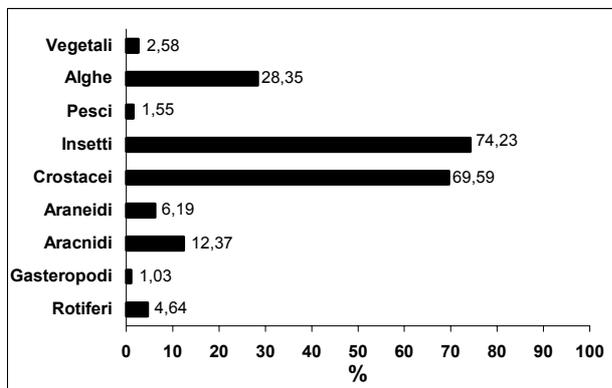


Fig. 6. Frequenze percentuali dei tubi digerenti contenenti le singole "categorie sistematiche" (=preferenze alimentari).

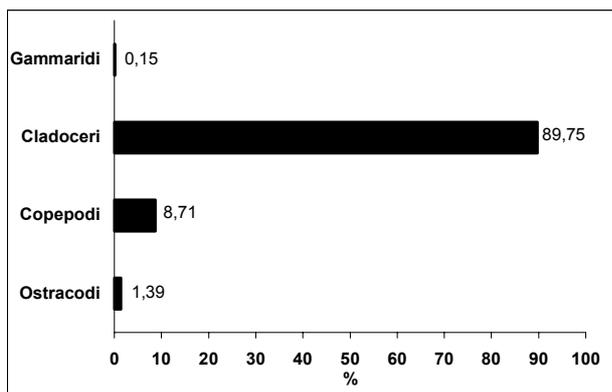


Fig. 7. Frequenze percentuali dei Crostacei repertati nei contenuti gastrici ed intestinali.

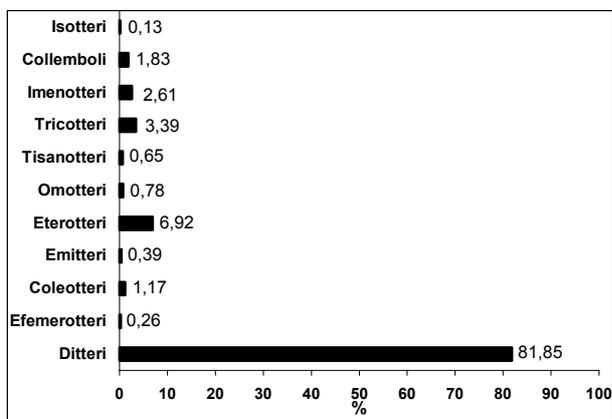


Fig. 8. Frequenze percentuali degli Insetti repertati nei contenuti gastrici ed intestinali.

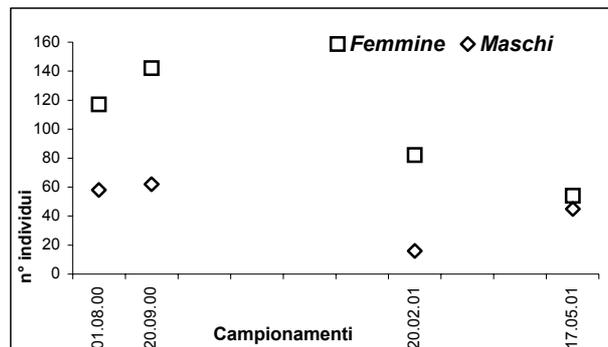


Fig. 9. Variazione del rapporto fra i sessi.

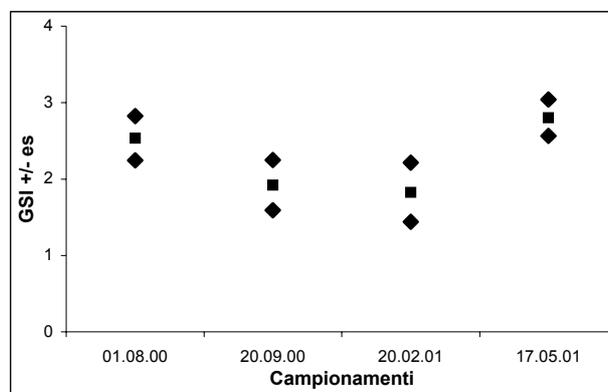
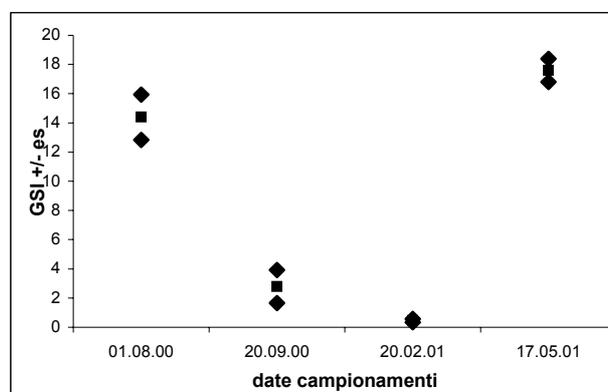


Fig. 10. Evoluzione temporale dell'indice gonadosomatico (GSI) nelle femmine (sopra) e nei maschi (sotto) di gambusia.

Tab. III. Fertilità potenziale.

DATA	Numero uova mature				
	max	media	min	ds	es
01.08.00	54	13	1	12,14	2,785
20.09.00	76	—	—	—	—
20.02.01	—	—	—	—	—
17.05.01	66	31,21	3	14,61	2,982
TOT	76	24,36	1	17,92	2,701

sottostima, nell'eventualità che parte di questi già fosse stata precedentemente partorita. Degli embrioni conteggiati viene riportata, nella tabella V, la lunghezza totale massima, minima e media (con errore standard).

Nella figura 11 viene posta in luce la correlazione fra il numero degli embrioni reperiti e la lunghezza totale delle femmine. Infine, per ciascun campionamento, è evidenziato nella figura 12 il numero di gambusie con presenza di embrioni ai vari stadi di sviluppo.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati acquisiti rivestono particolare interesse poiché consentono di arricchire di preziosi dettagli e di ulteriori informazioni le conoscenze tuttora disponibili sul Pecilide.

Inoltre, ma non secondariamente, risulta agevolata e più equilibrata, anche la stima di eventuali effetti della gambusia (certamente non devastanti e stravolgenti, come sottolineato da RONGONI *et al.*, 1999 e SANI *et al.*, 2001) a carico delle comunità ittiche conviventi e quantomeno di possibili interferenze sulle specie autoctone di antico insediamento.

Nel Lago Trasimeno è stato osservato che sono prevalentemente gli individui giovani a svernare, verosimilmente per una strategia di affermazione ed insediamento della specie, essendo gli esemplari giovani più resistenti alle avverse condizioni trofiche e di temperatura. Tale constatazione si discosta notevolmente da quanto segnalato da FERNÁNDEZ-DELGADO e ROSSOMANNO (1997) relativamente ad un ambiente iberico e da RONGONI *et al.* (2001) per il Delta Po e il fiume Mincio, dove ad inizio di stagione le femmine presentano taglie piuttosto elevate. Le ragioni di tale discrepanza andrebbero probabilmente ricercate nelle differenti ecologie degli ambienti analizzati.

La disamina degli indici di repletezza (IR) ribadisce e conferma quanto accertato in precedenti indagini, ossia che le gambusie analizzate presentano preferenzialmente condizioni di stomaco pieno per un quarto ($IR=1$) oppure, con minor frequenza, stomaco completamente vuoto ($IR=0$). Tale situazione, di stomaco vuoto o a repletezza contenuta, potrebbe in parte essere riferita a momenti particolari dei campionamenti, effettuati nel corso del periodo invernale (con condizioni sfavorevoli di temperatura e di disponibilità di supporti trofici adeguati). Alla luce ed a conferma di precedenti studi (RONGONI *et al.*, 1999; SANI *et al.*, 2001) risulterebbe invece più accreditabile e realistico riferire tale constatazione alla tipica e sorprendente fisiologia trofica e digestiva del Pecilide.

Infatti, in condizioni di abbondante nutrimento nell'ambiente colonizzato, la gambusia, che estrinseca una solerte e continua attività trofica a partire dal crepuscolo mattutino fino al tramonto, tende ad assu-

Tab. IV. Fertilità reale.

DATA	Numero embrioni (I-IV stadio)				
	max	media	min	ds	es
01.08.00	53	30,69	6	15,03	3,757
20.09.00	20	10,5	6	6,45	3,227
20.02.01	—	—	—	—	—
17.05.01	73	38,9	25	14,48	4,579
TOT	73	31,26	6	16,32	2,980

Tab. V. Lunghezza totale (LT) massima, minima e media, con errore standard (es), degli embrioni di gambusia.

max	LT embrioni V stadio (mm)			
	media	min	ds	es
8,20	7,83	7,45	0,32	0,070

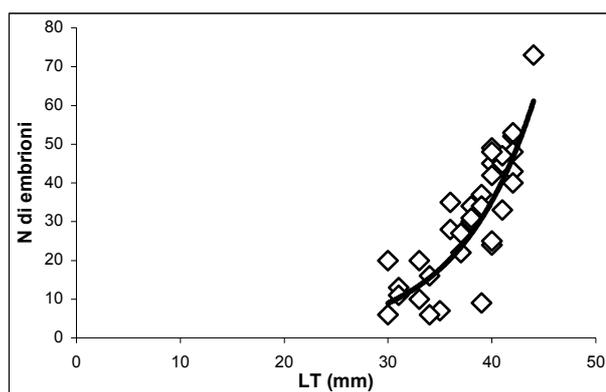


Fig. 11. Numero di embrioni, in relazione alla taglia della fattrice.

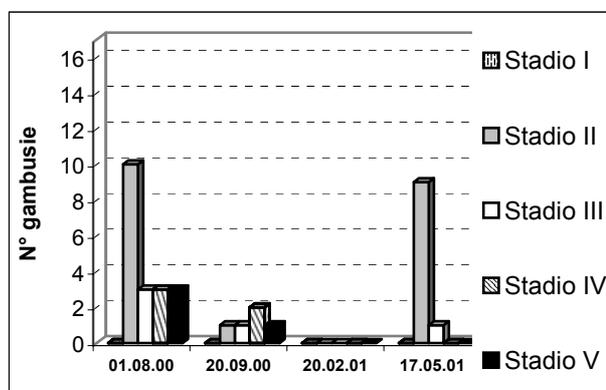


Fig. 12. Numero di gambusie fattrici con presenza di embrioni ai vari stadi di sviluppo.

mere ed ingerire la massima quantità possibile di prede.

Di conseguenza, nel tratto gastrico i processi digestivi, assai rapidi, non possono né vengono completati, ma costituiscono solamente un esordio iniziale dell'elaborazione del chimismo digerente, e vengono proseguiti e perfezionati nell'attiguo tratto intestinale successivo, e non sempre sino al completo disfaccimento e riassorbimento dei componenti energetici (strutture chitinose, ossee, vegetali, ecc., per lo più rimangono poco alterate e perfettamente riconoscibili all'esame microscopico). Tali rilievi sono d'altronde confermati da frequenti reperti, nell'ultimo tratto intestinale, di individui solo parzialmente o superficialmente aggrediti dai succhi digestivi (per lo più Insetti, Copepodi, Cladoceri, Gammaridi, ossia gruppi sistematici dotati di esoscheletro spesso e resistente).

L'indice di ingestione (II), consente di quantificare l'entità ponderale del cibo ingerito in rapporto all'ittiomassa di ogni singolo soggetto analizzato e di estrapolare l'andamento dell'attività trofica nel corso dell'anno. Siffatta attività risulta comunque fluttuante nel tempo, a causa sia di eventi atmosferici, climatici e locali o contingenti (inquinamenti e scariche occasionali, impatti antropici circoscritti e puntuali, ecc.), sia pure dell'evoluzione naturale delle componenti alimentari disponibili e dei fattori limitanti o facilitanti che esercitano la loro incidenza riduttiva o, al contrario, di amplificazione.

L'analisi critica dei risultati ottenuti evidenzia che l'intensificazione dell'attività alimentare si rileva nei periodi di tarda primavera ed inizio dell'estate, con andamento progressivamente crescente.

Tale fatto sembra sicuramente ascrivibile alle migliori e più ricche disponibilità ambientali conseguenti a situazioni climatiche viepiù favorevoli allo sviluppo ed esplosione di idrofauna appetibile. Al contrario, nei periodi di massima canicola (ossia nei mesi di luglio e metà agosto) per condizioni termiche coercitive sia della fisiologia del Pecilide sia della produttività endogena degli ambienti, si constata un declino più o meno marcato dell'attività alimentare. Questa riprende invece successivamente, ovvero nei mesi termicamente più freschi, così da consentire ai pesci il necessario accumulo energetico per il superamento del periodo invernale e per l'indispensabile funzione riproduttiva e di affermazione della specie nella successiva primavera. Questo andamento è evidenziato in parallelo dall'evoluzione stagionale dello zooplankton e del fitoplancton, le cui produzioni medie mensili incrementano nella tarda primavera per deprimersi nel mese di agosto e riprendere infine nel mese di settembre.

Il fattore di condizione evidenzia, in funzione dei rapporti dimensionali e ponderali di ciascun individuo, lo stato di benessere e corposità; tale situazione può

essere espressa, in generale, mediante il fattore di condizione globale (K) ed altresì, in parallelo, a mezzo del fattore di condizione al netto del peso delle gonadi (K'), che conseguentemente non viene influenzato o modificato ed alterato a seguito di più o meno considerevoli variazioni di peso determinate dalle esigenze riproduttive di sviluppo gonadico.

Le femmine, per struttura corporea ed a causa del dimorfismo sessuale della specie, di regola fanno rilevare valori di K e K' più elevati rispetto ai maschi.

Nelle femmine gli scostamenti fra i valori di K e K' sono più marcati nel periodo riproduttivo, a causa dell'influenza del peso crescente degli ovai in fase di progressiva attivazione; il peso dei testicoli maturi dei maschi rimane invece piuttosto contenuto.

Come già sottolineato da VARGAS e DE SISTOA (1996) in gambusie dell'Ebro, gli scostamenti tra i due fattori di condizione costituiscono inequivocabile segnale ed indicazione dell'inizio, della durata e del termine dell'attività riproduttiva.

Conseguentemente ai dati ottenuti è pertanto lecito stabilire che l'inizio dell'attività riproduttiva abbia luogo a metà febbraio-inizio marzo (divergenza fra K e K'); essa declina e si riduce, invece verso metà settembre (convergenza di K e K'), con il sopravvenire di condizioni termiche più miti e fresche, che rallentano tutti i processi metabolici, in generale, della gambusia.

L'attività alimentare del Pecilide è indirizzata prevalentemente su pochi e ben determinati componenti trofici: prevalentemente Insetti (ovvero Ditteri –presoché quasi esclusivamente rappresentati da larve e pupe di Chironomidi–, oltreché Tricotteri, Collemboli, Eterotteri e Coleotteri) ed altresì Crostacei (Cladoceri, Copepodi e Ostracodi). Nella dieta compaiono occasionalmente anche Rotiferi, Gasteropodi e perfino alcuni vegetali, per lo più Alghe.

Come rilevato anche da GARCIA-BERTHOU (1999) e SANI *et al.* (2001) la gambusia si ciba altresì di invertebrati, alati o atteri, eminentemente terricoli o di ambiente sub-aereo, soprattutto Ditteri, Emitteri, Imenotteri e, in minor quantità, Araneidi ed altri Aracnidi, caduti in acqua accidentalmente.

Non è risultata sorprendente e neppure rara la predazione intraspecifica, ovvero il cannibalismo ai danni di giovani nati o di individui di taglia ridotta. Questo comportamento riduttivo ai danni della discendenza della specie è da ricercarsi, secondo BISAZZA *et al.* (1990) in situazioni di alta densità demografica. Ciò risulta confermato dai reperti ottenuti, circoscritti in frangenti ed in periodi temporali di riduzione dello spazio vitale individuale e di contrazione delle normali distanze interindividuali di libera attività esente da interferenze.

Per quanto attiene alla biologia riproduttiva di gam-

busia, si è rilevato che nel lago Trasimeno il rapporto fra i sessi risulta solitamente a favore delle femmine durante l'intera stagione riproduttiva. La preponderanza numerica delle femmine rispetto ai maschi, evidente e macroscopica nella stagione estiva, potrebbe trovare la sua ragion d'essere in correlazione ad una specifica strategia riproduttiva di adattamento locale che, per assicurare un'adeguata e numerosa discendenza, tende a limitare al massimo il numero di maschi necessari alla riproduzione e di conseguenza la loro competizione trofica con i nuovi nati, giacché ogni singolo individuo maschio riesce ad attivarsi per la fecondazione di un ampio numero di femmine.

Dall'esame dell'indice gonadosomatico, GSI, risulta chiaramente che il ciclo riproduttivo di gambusia si interrompe nei periodi stagionali sfavorevoli dell'annata ossia in inverno, per riprendere con la primavera, non appena le condizioni termiche si fanno meno rigide e quelle trofiche più abbondanti.

Data la consistenza, il volume ed il peso degli ovari, preponderanti rispetto ai testicoli, il GSI delle femmine risulta essere 3-4 volte (e talora oltre) quello dei maschi.

Rispetto ai dati forniti da FERNÁNDEZ-DELGADO e ROSSOMANNO (1997) relativamente ad un ambiente iberico, le risultanze dei dati dell'indice gonadosomatico confermano che la gambusia nel Lago Trasimeno si riproduce ad una taglia minima di circa 24 mm di LT per le femmine ed ad una taglia intorno a 21 mm di LT per i maschi, così come già osservato da RONGONI *et al.* (2001) per gambusie del delta Po e del Mincio. Sono stati tuttavia repertati individui probabilmente fertili a lunghezza totale leggermente inferiore.

In quanto ovovivipara, a fecondazione interna, la gambusia pone in atto sicure cure parentali che garantiscono la sopravvivenza sia delle uova fecondate sia dei vari stadi embrionali in corso di sviluppo. La sua fertilità potenziale, ovvero il numero di uova mature prodotte (sinteticamente: potenziale di reclutamento), è piuttosto variabile nel tempo, ma presenta comunque un incremento progressivo a partire dalla primavera, inizio del periodo riproduttivo.

La capacità produttiva reale, parallelamente, risulta crescente in primavera e massimamente elevata in piena estate. La lunghezza totale degli embrioni è com-

presa fra valori minimi di 7,45 mm e valori massimi di 8,20 mm con una media di 7,83 mm. Il loro numero dipende, ovviamente, dalla taglia materna ed incrementa proporzionalmente a questa (RONGONI *et al.*, 2001).

Poiché la maturazione delle uova entro le gonadi femminili è asincrona, ogni singolo ovario può contenere, contemporaneamente, sia uova sia stadi embrionali in via di sviluppo e pertanto a differente stadiazione. Durante il periodo primaverile-estivo si reperta con massima frequenza il II stadio embrionale.

L'attività riproduttiva della gambusia non si protrae al di là del mese di settembre.

In conclusione, l'ampio spettro trofico della gambusia e, soprattutto, il suo caratteristico profilo opportunista per quanto concerne lo sfruttamento delle risorse ambientali, consentono di utilizzare questa specie particolarmente in un'ottica di impiego a scopi di lotta biologica ai Culicidi infestanti. Il Pecilide, infatti, che caccia lungo tutta la colonna d'acqua, risulta pressoché onnivoro e, soprattutto, nell'occasione miratamente larvivoro. Inoltre grazie al suo elevato potenziale riproduttivo, è in grado di colonizzare soddisfacentemente e in tempi brevi gli ambienti ove venga introdotto.

La specie, tuttavia, per le sue origini, manifesta disagio in acque a temperature ridotte; di conseguenza le sue possibilità di svernamento appaiono talora compromesse soprattutto in ambienti ed in condizioni termiche invernali decisamente ostili. Ma il caso del Lago Trasimeno è tuttavia emblematico, sia perché situato in un'area climaticamente mite, sia per la presenza di zone riparate e di rifugi che costituiscono l'habitat elettivo di svernamento, come rilevato per la darsena di prelievo (San Feliciano), ove la temperatura minima dell'acqua in febbraio risultava essere 12 °C.

Infine, in base ai dati ottenuti, si ribadisce nuovamente che non risulta sostenibile né giustificato alcun asserto di competizione limitativa o di paventato danno a carico della fauna ittica autoctona locale: l'attività trofica del Pecilide, mirata a plancton e benthos, non appare tagliare alcuna risorsa fondamentale, ma si configura entro gli ambiti di qualunque altra specie ittica in fase giovanile o a dieta affine, chiaramente non predatoria in senso stretto, così come già osservato da SANI *et al.* (2001).

BIBLIOGRAFIA

ALESSIO G., BALDACCINI G.N., BERNORI E., DUCHI A., 1990a. Ricerche biologiche sul latterino, *Atherina boyeri* Risso, nell'area viareggina. *Riv. Idrobiol.*, **29** (1): 19-34.
 ALESSIO G., MELOTTO S., OPPI E., 1990b. Indagini fondamentali

sulla biologia del carpione, *Salmo carpio* L., del Lago di Garda. *Riv. Idrobiol.*, **29** (1): 51-68.
 ALESSIO G., ALBINI C., CONFORTINI I., 1992. Biologia, struttura e dinamica di popolazione del pesce persico *Perca fluviatilis*

- L., nel bacino padano (Nord Italia). *Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Museo civ. Storia nat. Milano*, **132** (17): 202-228.
- ALESSIO G., DUCHI A., BERCELLI M., BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., 1997. Interrelazione tra ittiofauna ed eutrofizzazione nel Lago di Massaciuccoli (Toscana). In: Lago di Massaciuccoli – 13 Ricerche finalizzate al risanamento, Ente Parco Regionale Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli, *Doc. tec.* **13**: 347-378.
- BARNES R.D., 1985. *Zoologia: gli invertebrati*. Piccin Editore, Padova.
- BECKMANN W.C., 1948. The length-weight relationship factors for conversion between standard and total lengths and coefficients of conditions for seven Michigan fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **75**: 237-256.
- BELLINI R., VERONESI R., RIZZOLI M., 1994. Efficacy of various fish species (*Carassius auratus* [L.], *Cyprinus carpio* [L.], *Gambusia affinis* [Baird and Girard]) in the control of rice field mosquitoes in northern Italy. *Bull. Soc. Vector Ecol.*, **19** (2): 87-99.
- BISAZZA A., ZULIAN E., MERLIN E., 1990. Note sulla biologia riproduttiva di *Gambusia holbrooki* nell'Italia nord-orientale. *Rivista Idrobiologia*, **29** (1): 151-162.
- CAMPAIOLI S., GHETTI P.F., MINELLI A., RUFFO S., 1994. Manuale per il riconoscimento dei macroinvertebrati delle acque dolci italiane. Vol. I. *Provincia Autonoma di Trento*.
- CAROLLO A., 1969. Carta batimetrica e note geomorfologiche sul bacino del Lago Trasimeno. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, **25**: 141-159.
- CHINERY M., 1987. *Guida degli Insetti d'Europa*. Muzzio Editore, Padova.
- COCCHI M., TAMBURRO A., MENICETTI D., RAFFAELLI L., ROMI R., 1998. Sperimentazione di *Gambusia holbrooki* Girard, 1859, per il controllo integrato dei Culicidi nei comprensori risicoli del grossetano. *Parassitologia*, **40** (Suppl. 1): 34.
- DE GIROLAMO M., MAIO G., COLOMBO L., 1996. Biologia ed ecologia del gò, *Zosterisessor ophiocephalus* Pallas 1811 (Perciformes, Gobiidae), nella laguna di Venezia. In: *Atti VI Convegno Nazionale AIAD*, Varese Ligure, 6-8 giugno 1996: 91-103.
- FERNÁNDEZ-DELGADO C., ROSSOMANNO S., 1997. Reproductive biology of the mosquitofish in a permanent natural lagoon in south-west Spain: two tactics for one species. *J. Fish Biol.*, **51**: 80-92.
- FERRARI I., GANDOLFI G., TONGIORGI P., TORRICELLI P., TOSI L., 1983/84. Preferenze alimentari e ritmi di alimentazione del novellame di muggini a Bocca d'Arno. *Nova Thalassia*, **6**: 307-313.
- GANDOLFI G., MARCONATO A., TORRICELLI P., ZERUNIAN S., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- GARCÍA-BERTHOU E., 1999. Food of introduced mosquitofish: ontogenetic diet shift and prey selection. *J. Fish Biol.*, **55**: 135-147.
- GIANOTTI F. S., MANTILACCI L., MEARELLI M., TIBERI O., 1982. Physionomie physique et chimique du Lac Trasimene pendant la période 1969-1979. In: Pedrotti F. (Ed.), *Guide-Itinéraire de l'Excursion Internationale de Phytosociologie en Italie Centrale*. (2-11 Juillet 1982): 444-469.
- PENSATI F., 1998. Lotta biologica ai Culicidi: la sperimentazione in provincia di Vercelli. In: Esperienze di lotta biologica alle zanzare in Piemonte. *Atti Convegno, Casale Monferrato (AL)*, 24-25 novembre 1998: 14-17.
- REZNICK D., 1981. "Grandfather effects": the genetics of interpopulation differences in offspring size in the mosquito fish. *Evolution*, **35**: 941-953.
- RONGONI A., DUCHI A., BALDACCINI G.N., ALESSIO G., 1996. Il regime alimentare di alcune specie ittiche ed eventuali effetti di amplificazione dei livelli trofici nel Lago di Massaciuccoli (Toscana). *Atti VI Convegno Nazionale AIAD*, Varese Ligure, 6-8 giugno 1996: 329-341.
- RONGONI A., SANI L., ALESSIO G., FRUGIS S., 1999. Prime osservazioni, in ambiente di risaia, sull'attività trofica e riproduttiva di *Gambusia holbrooki* Girard a fini di lotta biologica ai Culicidi. *Quaderni ETP*, **28**: 185-190.
- RONGONI A., SANI L., ALESSIO G., GANDOLFI G.L., BELLETTI E., 2001. Biologia riproduttiva di *Gambusia holbrooki* in due diversi ambienti naturali: Parco del Mincio e Parco del Delta del Po. *Quaderni ETP*, **30**: 123-130.
- SANI L., RONGONI A., ALESSIO G., 2001. Attività trofica di *Gambusia holbrooki* Girard in due differenti ambienti naturali: Parco del Mincio e Parco del Delta del Po (Nord Italia). *Quaderni ETP*, **30**: 87-95.
- SANSONI G., 1988. Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani. *Prov. Aut. di Trento*, Trento.
- TATICCHI M. I., 1971. Popolamenti planctonologici. In: Raggiugli sulle condizioni fisiche, chimiche, planctonologiche e bentoniche del lago Trasimeno. *Rivista di Idrobiologia*, **10** (3): 93-134.
- TORTONESE E., 1970. *Osteichthyes*. Parte I. Fauna d'Italia, 10. Edizioni Calderini, Bologna.
- VARGAS M.J., DE SISTOA A., 1996. Life history of *Gambusia holbrooki* (Pisces, Poeciliidae) in the Ebro delta (NE Iberian peninsula). *Hydrobiologia*, **341**: 215-224.
- VERONESI R., DONATI L., BELLINI R., 1995. Studio sulle specie di zanzare nocive nell'area del Delta del Po e sul loro contenimento. *Quad. Staz. Ecol. civ. Mus. St. nat. Ferrara*, **9**: 261-273.

Aspetti di ecologia della pseudorasbora (*Pseudorasbora parva*) e rapporti trofici con l'alborella

Marco Angelo Riva^{1*}, Cesare Mario Puzzi², Stefania Trasforini²

¹ Via repubblica 5 - 26010 Sergnano (CR)

² Graia Srl, Via Repubblica 2 - 21020 Varano Borghi (VA)

* Referente per la corrispondenza: ciryva@hotmail.com

Riassunto

Dall'indagine sull'ecologia delle popolazioni di pseudorasbora della provincia di Mantova è emerso che l'età di tre anni (indicata spesso in letteratura come età massima) è frequentemente superata. Il motivo della longevità maggiore potrebbe essere la situazione climatica favorevole che, nella Pianura Padana, determina condizioni ambientali meno rigide dell'areale di origine. Dove questa specie è presente, molto spesso è anche abbondante e costituisce buona parte della biomassa. La sua abbondanza può essere determinata anche dalla fecondità relativa molto elevata, evidenziata con l'analisi degli ovari, e dalla maturità sessuale delle femmine che, di norma, viene raggiunta all'età 1+. Se si valuta l'accrescimento ponderale tramite la curva della relazione lunghezza-peso delle femmine e dei maschi, si nota come per questi ultimi l'accrescimento sia maggiore rispetto alle femmine. Probabilmente lo sforzo riproduttivo profuso dalle femmine per produrre un gran numero di uova va a discapito dell'accrescimento ponderale. Una particolarità dei maschi in periodo riproduttivo consiste nella presenza sul muso dei tubercoli nuziali di natura cornea, presenti anche nelle femmine, ma molto meno marcati, quasi invisibili.

PAROLE CHIAVE: pseudorasbora / competizione alimentare / specie ittiche alloctone

Aspects of the ecology of pseudorasbora and feeding habits compared to alborella

The Japanese minnow *Pseudorasbora parva* was found in Italy for the very first time in 1988-1989 in the Padana plan watershed. Since then its spreading has been fast and wide across the northern part of the country. Aim of this work is to analyse the ecology of this exotic species and to evaluate a possible trophic competition with some other species and in particular with *Alburnus alburnus alborella*, which is often found in the same habitats of pseudorasbora. We studied: biometry, diet, weight and linear growth, fecundity, age and sexual maturity. The pseudorasbora is omnivorous and its diet consists of periphyton and aquatic invertebrates, mainly insects. Comparatively to the dimension of the fish, the diet changes. The alborella living in the same habitats also has a similar diet, but while the former usually feeds on benthonic preys, the latter mainly feeds on sub-surface or surface preys. The growth of pseudorasbora is faster in males than in females and the maximum age found is 5+, much more than the age reported in other works. This fish has high fecundity (medium value: 736 egg/g) and the spawning period is separated into many depositions, from May to June. The sexual maturity is reached at the age of 1 year.

KEY WORDS: *Pseudorasbora* / food competition / allochthonous fishes

INTRODUZIONE

L'idea che la comparsa di specie esotiche di recente importazione (BIANCO, 1988) abbia in qualche modo influito sulla composizione delle popolazioni ittiche autoctone (DEL MASTRO, 1986), ha suggerito un'analisi delle caratteristiche ecologiche di tali nuove specie che pare stiano ampliando il proprio areale. In alcuni casi la loro espansione è stata concomitante con la regressione delle popolazioni di alcune specie autoctone. In particolare l'alborella è una specie che è stata rinvenuta spesso nelle stesse stazioni di campionamento della

pseudorasbora, con popolazioni in regressione rispetto al passato.

In Italia la prima segnalazione di *Pseudorasbora parva* risale agli anni 1988 e 1989 in provincia di Modena e Reggio Emilia e ne è stato rilevato un popolamento a volte consistente (SALA e SPAMPANATO, 1990). La pseudorasbora è un pesce ubiquitario (NICHOLS, 1943) che preferisce le zone con ostacoli sommersi e macrofite acquatiche, nelle quali trova rifugio, e substrato spesso molle e fangoso, dove trova buona

parte del cibo, costituito da piccoli invertebrati bentonici. È resistente a moderati gradi di inquinamento e ad elevate temperature. La tipologia delle prede indica che il foraggiamento avviene prevalentemente sul fondo. L'alimentazione della pseudorasbora subisce un cambiamento qualitativo al variare delle dimensioni: gli individui più piccoli hanno un'alimentazione più semplice, mentre i più grandi usufruiscono di un più ampio spettro di categorie alimentari.

L'occasione di avvicinarsi a questa specie, da pochi anni segnalata in alcune acque italiane, è stata la campagna di ricerca svolta per l'aggiornamento della Carta delle Vocazioni Ittiche della Provincia di Mantova. Le acque del reticolo idrografico provinciale sono spesso colonizzate dalla pseudorasbora.

MATERIALI E METODI

La cattura degli esemplari analizzati è avvenuta tramite elettropesca nel periodo compreso tra gennaio e maggio 2000 ed è stata condotta nei seguenti corsi d'acqua della provincia: Bonifica Parmigiana-Moglia, Secchia, Oglio, Mincio, Chiese, Fossola, Navarolo, Molinella, Osone, Trigolaro, Fossalta, Bonifica Mantovano-Reggiana, Allegrezza, Tartagliona, Gherardo.

I pesci campionati sono stati immersi in fissativo (formalina al 5%) e successivamente analizzati in laboratorio. Per la fecondità sono stati analizzati 19 ovari, per gli studi sull'alimentazione 128 intestini, per l'accrescimento 314 individui, per l'analisi scalimetrica 52 pesci. Sui pesci campionati sono state eseguite le seguenti operazioni: misura della lunghezza totale e del peso, prelievo di alcune scaglie per la determinazione dell'età, delle gonadi per determinare la fecondità e dell'apparato intestinale per l'esame dei contenuti alimentari.

Analisi scalimetrica

Questo metodo si basa sul fatto che la crescita dei pesci non è costante, ma presenta rallentamenti in corrispondenza di una scarsa disponibilità di cibo, di basse temperature che riducono l'attività metabolica e della stagione riproduttiva, durante la quale la maggior parte delle energie viene spesa nelle attività connesse. Di conseguenza l'accrescimento sarà maggiore nel periodo estivo, in presenza della massima disponibilità alimentare e delle temperature più elevate, mentre sarà minore nel periodo invernale. Questa variazione del ritmo di crescita viene registrata a livello delle strutture ossee scheletriche e delle scaglie, che si formano per apposizione di tessuto in zone circolari concentriche.

Contenuti alimentari

Per l'esame dei contenuti alimentari sono stati catturati e, previa anestesia, fissati in formalina al 5 % gli

esemplari interi. L'elaborazione dei risultati di questa specie è stata effettuata seguendo le metodiche standard (HYSLOP, 1980). Sono state valutate la frequenza di comparsa e la frequenza di dominanza dei contenuti alimentari. L'esame degli apparati digerenti per stimare il numero di ogni categoria alimentare è piuttosto difficile sia per la masticazione operata con i denti faringei sia per i processi digestivi stessi. Per il riconoscimento delle categorie alimentari e la classificazione in laboratorio sono stati utilizzati appositi manuali (TACHET *et al.*, 1987; SANSONI, 1992; STREBLE, 1984).

Fecondità

La determinazione della fecondità assoluta e relativa è stata effettuata dopo il prelievo delle gonadi femminili da individui adulti in periodo preriproduttivo (BANARESCU, 1990). Sono state contegiate tutte le uova contenute negli ovari: la fecondità relativa si riferisce al numero di uova per grammo di peso, mentre la fecondità assoluta è espressa come numero di uova per femmina considerata. Per descrivere la curva di accrescimento, è stato utilizzato il modello di VON BERTALANFFY (1938), così definito:

$$L_t = L_\infty (1 - \exp(-k(t - t_0)))$$

dove:

L_∞ = la lunghezza massima teorica calcolata come l'asintoto orizzontale cui tende la curva;

k = parametro di curvatura della curva;

t_0 = l'età che il pesce avrebbe a lunghezza zero.

Per l'elaborazione dei parametri della curva di accrescimento secondo il modello di von Bertalanffy è stato utilizzato il programma di statistica "Table curve" (JANDEL).

Nella relazione lunghezza-peso i valori di lunghezza (L) e peso (W) di un pesce sono legati da una relazione di potenza espressa dalla seguente formula (GIUSSANI, 1997):

$$W = a \cdot L^b$$

dove "a" è una costante e "b" un esponente che può variare tra 2,5 e 4,0. Sono stati elaborati i grafici con la distribuzione dei punti e la curva ed è stato calcolato il coefficiente di regressione.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Fecondità

La fecondità relativa è stata ricavata dall'analisi di 19 ovari di pseudorasbora adulte catturate nel Fiume Oglio (Acquanegra sul Chiese, Casalromano) il 24.05.2000. Il conteggio delle uova ha permesso di ricavare la fecondità assoluta, con risultati diversi anche tra esemplari di dimensioni simili. Ottenuto il numero delle uova per ogni femmina, è stata calcolata la fecondità relativa media (Tab. I), espressa in numero

Tab. I. Fecondità relativa della pseudorasbora.

Lunghezza (mm)	Peso (mg)	n° uova	Fecondità rel. (n°/g)
42	792	704	889
42	931	986	1059
44	1013	300	296
45	1183	1778	1503
46	1333	1368	1026
48	1417	1217	859
49	1357	670	494
51	1444	550	381
51	1697	1722	1015
51	1710	2372	1387
52	1623	1124	692
52	1528	724	474
52	2005	1972	983
52	1602	1138	710
58	2492	648	260
59	2756	1896	688
63	3002	1564	521
63	2995	2526	843
65	3409	1434	421
Media			763,2

di uova per grammo di peso, che è pari a 763 uova/g, con valori limite che variano da 260 a 1503 uova/g.

Alimentazione

I contenuti intestinali analizzati riguardano pesci catturati nei fiumi Oglio, Mincio e Secchia nel periodo compreso tra il 3.02.00 e il 24.05.00. I pesci analizzati sono stati suddivisi in categorie per classi di lunghezza: la categoria = 45 mm di lunghezza totale, corrispondente ai pesci di un anno di età (secondo la curva di accrescimento di von Bertalanffy definita in questo lavoro), la classe 46-72 mm di lunghezza totale comprendente i pesci fino al terzo anno, e quella degli esemplari di lunghezza totale superiore a 73 mm, di età maggiore.

Nel 57 % degli intestini esaminati è risultato dominante il periphyton (unito ad una piccola parte di detrito minerale), le larve di chironomidi nel 30 % dei casi, i tricoteri nell'8 %, mentre i simulidi e gli efemeroteri dominano rispettivamente nella misura del 3 e del 2 %.

La classe di lunghezza dei pesci più piccoli, di dimensione inferiore o uguale a 45 mm di lunghezza totale, comprende due sole categorie dominanti, rappresentate dal periphyton e detrito nel 77 % degli intestini (10 intestini) e da larve di chironomidi nel restante 23 % (3 intestini).

Diversamente, la classe intermedia di pseudorasbore, da 46 a 72 mm di lunghezza totale, presenta una

maggiore diversificazione della dominanza; il periphyton domina con una percentuale del 54 % (39 intestini). Le altre categorie alimentari sono costituite interamente da macroinvertebrati bentonici, con dominanze variabili dal 32 % (23 intestini) di larve di chironomidi, al 3% (2 intestini) di efemeroteri.

Diversa ancora è la categoria che comprende gli individui di dimensioni maggiori: come negli altri gruppi considerati, domina il periphyton frammisto ad una piccola quantità di detrito, mentre per quanto riguarda le altre categorie alimentari si hanno larve di chironomidi e tricoteri. Su un totale di 21 intestini analizzati la dominanza del periphyton è del 48 % (10 intestini), le larve di chironomidi dominano nel 33 % (7 intestini) dei casi, mentre si ha un sensibile aumento dei tricoteri, dominanti nel 19 % degli intestini. Scompaiono invece gli efemeroteri, che non dominano in alcuno degli apparati digerenti analizzati.

Dai dati ottenuti analizzando i contenuti alimentari delle categorie di lunghezza è possibile descrivere i cambiamenti della dieta in individui di dimensioni diverse confrontando le tre situazioni ottenute (Fig. 1). La frequenza di comparsa dà informazioni relative alla frequenza con cui una certa risorsa alimentare viene usata dalla pseudorasbora, a prescindere dalla sua abbondanza. In 119 intestini la frequenza di comparsa maggiore riguarda il periphyton con una percentuale dell'80 % (95 intestini), vengono poi larve di chironomidi con il 67 % (82 intestini), tricoteri con il 24 % (28 intestini), efemeroteri (13 %, 15 intestini), semi (13 %, 15 intestini), materiale vegetale (12 %, 14 intestini). Altre categorie alimentari meno frequenti sono: simulidi, adulti di chironomidi, cladoceri, pupe di chironomidi, gammaridi, copepodi, idracarini, limonidi, gasteropodi e irudinei. Anche per la frequenza di comparsa è stata applicata la suddivisione in classi di lunghezza totale delle pseudorasbore esaminate, in modo da evidenziare le differenze di scelta alimentare di

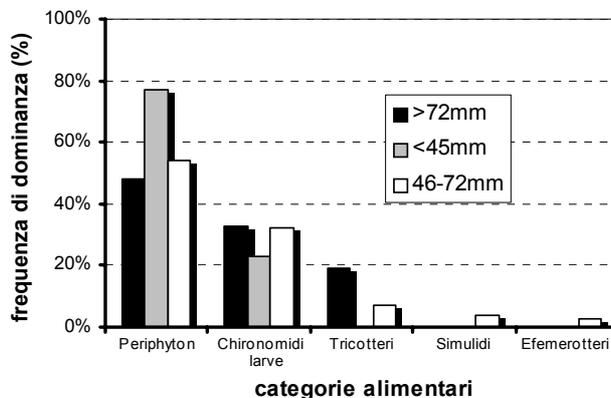


Fig. 1. Confronto del regime alimentare delle pseudorasbore appartenenti alle 3 categorie di lunghezza.

individui più o meno grandi.

Nella classe di lunghezza totale inferiore a 45 mm, relativamente ai 14 intestini analizzati, il periphyton compare nel 93 % dei casi (13), le larve di chironomidi nel 50 % (7 intestini), i semi nel 14 % (2 intestini) e gli efemeroteri nel 7 % dei casi (Fig. 2), nella fattispecie uno solo.

Il cambiamento più significativo nella dieta della pseudorasbora avviene nella classe di lunghezza compresa tra 46 e 72 mm, dove si assiste ad una diversificazione delle scelte e compaiono più prede rispetto ai pesci più piccoli. Sono stati analizzati 82 apparati intestinali ed i risultati hanno evidenziato la comparsa di periphyton e larve di chironomidi, rispettivamente nel 76 % (62 intestini) e nel 74 % (61 intestini) dei casi, rispetto alle altre categorie. I tricoteri sono presenti nel 24 % (20 intestini), seguiti dagli efemeroteri con il 16 % (13 intestini), semi 13 % (11 intestini), materiale vegetale 12 % (10 intestini), simuliidi 11 % (9 intestini), adulti di chironomidi 9 % (7 intestini), cladoceri 5 % (4 intestini). Le categorie alimentari meno frequenti sono: pupe di chironomidi, copepodi, idracarini con una percentuale del 2 % ed irudine e gammaridi con una sola comparsa.

Situazione molto simile è quella dei pesci di lunghezza totale superiore a 72 mm, per i quali si conferma un'ampia diversificazione nella frequenza di comparsa delle categorie alimentari. Il più grande degli esemplari analizzati raggiunge 107 mm per un peso di 13,5 g. Sono stati analizzati 23 apparati intestinali. In tutti gli intestini non vuoti si è rinvenuta la presenza di periphyton con detrito minerale (87 %), vengono poi le larve di chironomidi con il 61 % (14 intestini), tricoteri (31 %, 8 intestini), materiale vegetale (17 %, 4 intestini), cladoceri (17 %, 4 intestini), semi (9 %, 2 intestini), adulti di chironomidi (9 %, 2 intestini) e a seguire, con una sola comparsa, efemeroteri, simuliidi, pupe di chironomidi, gammaridi, limonidi e gasteropodi.

Da un'ulteriore analisi sull'importanza delle diverse categorie alimentari nella dieta della pseudorasbora si è potuta verificare l'effettiva prevalenza di determinate risorse rispetto ad altre. In particolare, l'abbondanza e la frequente comparsa delle larve di chironomidi e del periphyton negli intestini dei pesci è spiegata dal fatto che tali categorie alimentari si possono rinvenire frequentemente nelle località nelle quali è stato effettuato il campionamento. Il substrato è spesso molle e limoso e favorisce lo sviluppo di una folta popolazione di chironomidi nonché di un'intensa fioritura di alghe perifittiche.

Accrescimento

Lo studio dell'accrescimento della pseudorasbora si

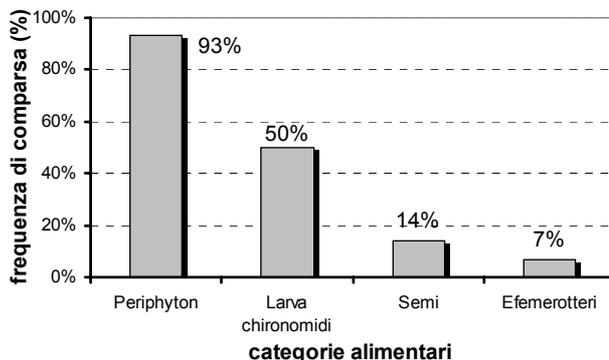


Fig. 2. Frequenza di comparsa delle categorie alimentari nella classe di lunghezza totale = 45 mm.

è articolato valutandone l'accrescimento ponderale con la curva della relazione lunghezza-peso, l'accrescimento lineare applicando il modello di von Bertalanffy e la distribuzione di frequenza delle classi di lunghezza. Dalla misurazione della lunghezza e del peso di ognuno degli individui catturati è stato possibile valutare l'accrescimento ponderale, costruendo l'andamento della curva che descrive la relazione lunghezza-peso. Sono stati misurati e pesati 314 individui, di lunghezza totale compresa tra 21 e 107 mm e di peso compreso tra 0,065 e 13,47 g.

L'equazione calcolata è la seguente:

$$y = 0,0044 x^{3,19} (R^2 = 0,95)$$

L'esponente di x è pari a 3,19, rappresentando un accrescimento ponderale leggermente maggiore della lunghezza.

Da un confronto tra le curve dei maschi e delle femmine (Fig. 3) si nota come l'accrescimento ponderale dei primi sia leggermente superiore alle seconde. L'analisi delle scaglie per la determinazione dell'età è stata condotta su un campione di pseudorasbore catturate in vari corsi d'acqua della provincia di Mantova (Fiume Oglio, Canale Fossola, Cavo Osone, Canale Molinella, Canale Allegrezza) nel periodo compreso tra il 26.01.2000 e il 3.02.2000. Per l'analisi scalimetrica sono stati scelti 52 pesci di lunghezza variabile, compresa tra 34 e 107 mm (Tab. II). Sono state osservate 5 classi di età e la percentuale di esemplari appartenenti a ciascuna è ripartita nel seguente modo: 15 % della classe 0+, 31 % della classe 1+, 27 % della classe 2+, 21 % della classe 3+, 4 % della classe 4+ e il 2 % (un solo esemplare) di quella 5+. La data di nascita è stata convenzionalmente fissata a fine giugno, quando buona parte delle uova deposte sono già schiuse. La curva di accrescimento secondo il modello di von Bertalanffy (Fig. 4) è stata elaborata con i dati ricavati dall'analisi scalimetrica di cui sopra.

La popolazione è strutturata in 6 classi di età: da 0+

a 5+. L'equazione della curva è la seguente:

$$L_t = 199,99 \cdot (1 - e^{-(0,097(t+1,62)}) \quad (R^2 = 0,931).$$

Valutazione di una possibile competizione alimentare con l'alborella (*Alburnus alburnus alborella*)

Durante i campionamenti si è notata la frequente presenza concomitante della pseudorasbora e dell'alborella negli ambienti studiati. In particolare, in alcuni casi, ad un'elevata abbondanza della pseudorasbora corrispondeva un popolamento ridotto dell'alborella. Le due specie si rinvenivano negli stessi ambienti e spesso individui di una si trovano in banchi dell'altra, come è stato evidenziato nei campionamenti effettuati.

La possibilità che in questo ambito (il reticolo idrografico della provincia di Mantova) le due specie possano in qualche modo interagire ha suggerito di effettuare un confronto tra l'alimentazione della pseudora-

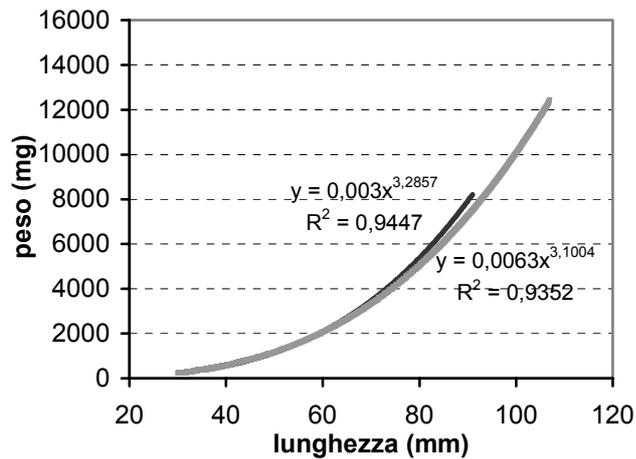


Fig. 3. Confronto delle curve di accrescimento dei maschi (nero) e delle femmine (grigio) di pseudorasbora.

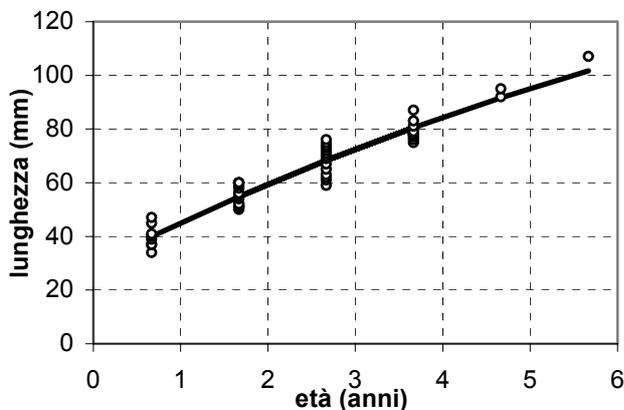


Fig. 4. Curva di accrescimento della pseudorasbora secondo il modello di von Bertalanffy.

Tab. II. Analisi scalimetrica per la determinazione dell'età.

Lungh. (mm)	Età (anni)	Lungh. (mm)	Età (anni)	Lungh. (mm)	Età (anni)
34	0.6	56	1.6	75	3.6
37	0.6	58	1.6	75	2.6
37	0.6	59	2.6	76	3.6
39	0.6	59	1.6	76	2.6
40	0.6	60	1.6	77	3.6
41	0.6	60	1.6	78	3.6
45	0.6	60	1.6	78	3.6
47	0.6	61	2.6	78	3.6
50	1.6	62	2.6	79	3.6
51	1.6	63	2.6	79	3.6
51	1.6	65	2.6	81	3.6
51	1.6	67	2.6	83	3.6
52	1.6	69	2.6	87	3.6
52	1.6	70	2.6	92	4.6
54	1.6	71	2.6	95	4.6
55	1.6	72	2.6	107	5.6
56	1.6	73	2.6		
56	1.6	74	2.6		

sborra e quella dell'alborella, in modo da permettere una valutazione oggettiva sull'eventuale competizione alimentare.

Sono stati analizzati 26 intestini di alborelle catturate il 24.05.2000 nel Fiume Oglio in comune di Casalromano e Acquanegra sul Chiese. La dominanza delle categorie alimentari dell'alborella ha evidenziato che negli stomaci analizzati vi è una grande quantità di materiale indistinto (73 %, 19 intestini), dovuto probabilmente alla triturazione del cibo ad opera degli efficienti denti faringei, che non ne permette l'identificazione. Le altre categorie alimentari dominano nei contenuti intestinali con il 27 % totale e sono costituite da: adulti e larve di chironomidi, tricoteri, efemerotteri, coleotteri e materiale vegetale costituito esclusivamente da *Lemna minor*. Per meglio evidenziarne l'effettiva dominanza, le categorie alimentari sono state considerate al netto del materiale indistinto come uniche categorie dominanti. La frequenza di comparsa delle categorie alimentari, invece, dà un'idea della misura in cui la specie in questione se ne ciba. In questo caso, la frequenza di comparsa degli adulti di chironomidi è pari all'81 % dei casi (21 intestini), mentre le larve degli stessi compaiono con una frequenza del 54 % (14 intestini). I terrestri compaiono nel 27 % dei casi e sono costituiti da coleotteri, imenotteri alati e non, ditteri brachiceri. Altre categorie alimentari che compaiono con una certa frequenza sono i tricoteri, la lemna e gli efemerotteri, rispettivamente con il 27 % le prime due e il 19 % gli ultimi. A completamento della frequenza di comparsa si riportano anche gli efemerot-

teri (15 %), i nematodi (8 %) e altro (8 %).

Alla luce dei risultati ottenuti dall'analisi degli intestini di alborella, è stato quindi effettuato il confronto con i contenuti alimentari di pseudorasbora catturate contestualmente alle alborelle. Nel grafico relativo alla frequenza di dominanza si nota che le categorie alimentari che prevalgono in entrambe le specie sono 3: larve di chironomidi, efemerotteri e tricoteri, mentre le altre non dominano contemporaneamente (Fig. 5). Nella valutazione del rapporto della frequenza di comparsa si vede che ci sono alcune categorie che compaiono nei contenuti alimentari di entrambe le specie: larve ed adulti di chironomidi, efemerotteri, tricoteri e semi. In particolare la parte vegetale è maggiore nella alborella rispetto alla pseudorasbora, ad eccezione del periphyton, abbondante nei contenuti intestinali della pseudorasbora. Gli adulti di chironomidi compaiono nella maggioranza degli intestini nell'alborella, mentre le altre categorie alimentari in comune non presentano differenze di rilievo.

CONCLUSIONI

La diffusione e l'abbondanza della pseudorasbora sono emerse subito dai campionamenti effettuati; dove questa specie è presente, allora molto spesso è anche numerosa e costituisce buona parte della biomassa. La fecondità relativa sembra essere molto elevata, come si è evidenziato con l'analisi degli ovai. La maturità sessuale delle femmine avviene all'età 1+, ma sono stati esaminati ovai in maturazione di alcuni esemplari nati nell'anno che al sopraggiungere della stagione di riproduzione sarebbero stati pronti per deporre le uova. Sono inoltre stati analizzati esemplari la cui età è pari a 5+.

La pseudorasbora può essere considerata un onnivoro opportunista poiché, negli intestini analizzati, è stato rinvenuto sia materiale vegetale (periphyton, semi e frammenti di macrofite), sia macrobenton (chirono-

midi, efemerotteri, tricoteri, simuliidi etc.) sia zooplankton (cladoceri e copepodi) e la sua alimentazione sembra essere determinata dalla risorsa più abbondante nell'ambiente in cui vive.

L'apparato boccale è in posizione leggermente superiore, ma la tipologia delle prede indica che l'alimentazione avviene prevalentemente sul fondo. L'alimentazione della pseudorasbora subisce un cambiamento qualitativo al variare delle dimensioni; gli individui più piccoli, della classe di lunghezza 46 mm, si nutrono esclusivamente di 4 categorie alimentari: periphyton, larve di chironomidi, efemerotteri e semi. In particolare le prime due compaiono molto di frequente.

Gli esemplari più grandi, a prescindere dalla classe di lunghezza, usufruiscono di una vasta gamma di alimenti e la loro dieta è più varia, comprendendo anche prede più grandi, come i tricoteri. Se si considera la frequenza di dominanza delle categorie alimentari, si nota la predominanza assoluta di alcune categorie sulle altre; queste sono le stesse che compaiono con frequenza maggiore. Nella classe di lunghezza maggiore si nota ancora una semplificazione della frequenza di dominanza e l'affermazione dei tricoteri. Se si valuta l'accrescimento ponderale espresso dalla relazione lunghezza-peso delle femmine e dei maschi si nota come per questi ultimi l'accrescimento sia maggiore che nelle femmine. Probabilmente lo sforzo riproduttivo profuso dalle femmine per produrre un gran numero di uova va a discapito dell'accrescimento ponderale.

Per quanto riguarda la competizione alimentare tra alborella e pseudorasbora, alcuni Autori ritengono che quest'ultima possa avere un impatto negativo nei confronti di altre specie di ciprinidi autoctoni. Ci si è chiesti perciò se anche nelle acque della provincia di Mantova potesse sussistere una interazione di questo tipo. Durante i campionamenti è stato osservato che la specie è spesso presente insieme all'alborella, della

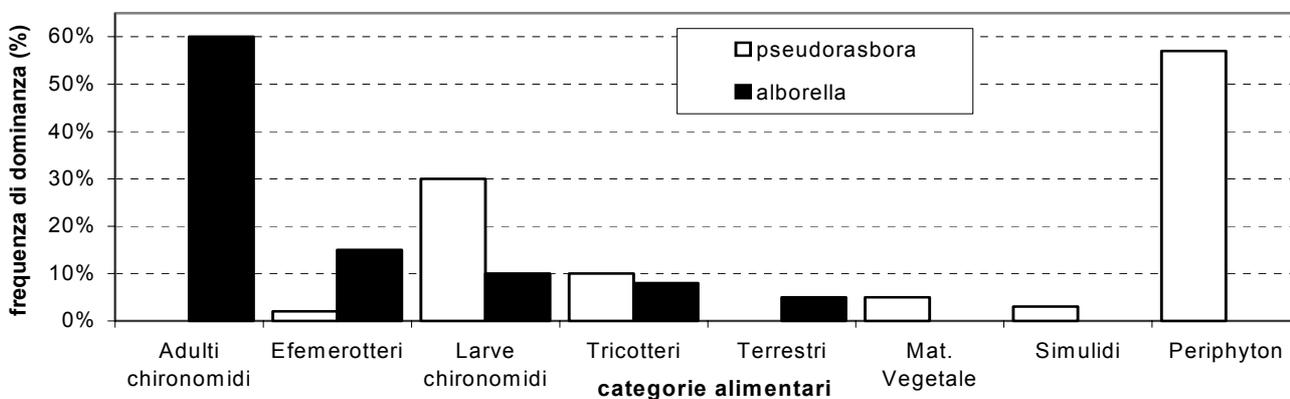


Fig. 5. Confronto della frequenza di dominanza della pseudorasbora e dell'alborella.

quale condivide gli habitat; sembra poi che ad un popolamento consistente di pseudorasbora corrisponda una quantità di alborelle piuttosto scarsa. Valutando l'alimentazione dell'alborella e della pseudorasbora, si è evidenziata la dominanza in entrambe le specie di chironomidi e tricoteri e la frequenza di comparsa ha confermato la similarità della dieta: su 11 categorie alimentari ben 7 sono presenti in entrambe. Si può così dire che popolazioni di pseudorasbora e l'alborella in

simpatria abbiano all'incirca la stessa alimentazione, ma non è possibile stabilire l'esistenza di una competizione alimentare tale da causare un declino della specie più sensibile. Certo è che, in condizioni oligotrofe, sarebbe avvantaggiata la specie capace di usufruire meglio delle risorse a disposizione. Si potrebbe inoltre ipotizzare una competizione per le preferenze ambientali o per i siti di riproduzione, ma al riguardo non è stato possibile raccogliere dati.

BIBLIOGRAFIA

- BANARESCU P. M., 1999. The freshwater fishes of Europe. *Ed. AULA-verlag, Wiesbaden*, **5**(1): 207-224.
- BIANCO P. G., 1988. Occurrence of the Asiatic gobionid *Pseudorasbora parva* (Temminck and Schlegel) in south-eastern Europe. *Journal of Fish Biology*, **32**: 973-974.
- DEL MASTRO G.B., 1986. Problemi relativi all'introduzione di specie esotiche di pesci nelle acque dolci italiane. *Quaderni E.T.P.*, **14**: 85-96.
- GIUSSANI G., 1997. Appunti sulla fauna ittica d'acqua dolce. *Documenta dell'istituto italiano di Idrobiologia*.
- HYSLOP E. J., 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, **17**: 411-422.
- NICHOLS J. T., 1943. *The freshwater fishes of China*. American Museum of Natural History, New York.
- SALA L., SPAMPANATO A., 1990. Prima segnalazione di *Pseudorasbora parva* (Schlegel, 1942) in acque interne italiane. *Rivista di Idrobiologia*, **29**(1): 461-467.
- SANSONI G., 1998. *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente, Provincia Autonoma di Trento.
- STREBLE H., KRAUTER D., 1984. *Atlante dei microrganismi acquatici. La vita in una goccia d'acqua*. Ed. F. Muzzio & C.
- TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX P., 1984. *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces*. Association Française de Limnologie, Université de Lyon.
- VON BERTALANFFY L., 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Bid.*, **10**: 181-213.

Alimentazione ed accrescimento del siluro (*Silurus glanis* L.) in provincia di Mantova

Marco Angelo Riva^{1*}, Cesare Mario Puzzi², Stefania Trasforini²

1 Via repubblica 5 - 26010 Sergnano (CR)

2 Graia Srl, Via Repubblica 2 - 21020 Varano Borghi (VA)

** Referente per la corrispondenza: ciryva@hotmail.com*

Riassunto

Il siluro può essere considerato tra i maggiori predatori delle acque dolci europee: è un onnivoro opportunista che non ha una dieta specializzata e si può adattare a molteplici fonti alimentari. Si nutre abitualmente delle specie maggiormente disponibili nell'ambiente in cui vive, ma è possibile che occasionalmente si cibi di uccelli, anfibi, rettili e piccoli mammiferi. È attivo soprattutto nelle ore notturne e, grazie ad un apparato sensoriale particolarmente sviluppato, riesce ad individuare le prede anche al buio, le cattura con scatti veloci permessi dalla potente coda e le ingerisce intere, senza masticarle.

Il siluro presenta una notevole variabilità di accrescimento legata alle diverse caratteristiche degli ambienti in cui vive. I dati relativi all'accrescimento sono molto variabili, influenzati dal fattore climatico e dalla temperatura; per questa ragione in diverse località europee si hanno popolazioni con accrescimenti differenziati. Il siluro ha un cambiamento significativo della dieta ai 50 cm di lunghezza totale, oltre la quale le prede sono quasi esclusivamente pesci; l'accrescimento ponderale è così più che isometrico negli esemplari di dimensioni maggiori di 70 cm. Obiettivo degli Autori è stato quello di approfondire le conoscenze sulla specie, con l'intento di fornire ulteriori strumenti per la salvaguardia delle comunità autoctone.

PAROLE CHIAVE: siluro / specie ittiche esotiche / accrescimento

Diet and growth of wels catfish in the Mantua province

The wels catfish is one of the main carnivorous fish in Europe and this work aims at analysing its ecology. While in its original area this species is endangered, in Italy it is very common and its impact on the autochthonous species is often "dramatic". In fact, since its introduction in Italy, its spreading has been very fast and wide across the northern part of the country. With the purpose of giving technical support and some elements in order to safeguard autochthonous fish community, we studied diet, fecundity, weight and linear growth, age.

Its main diet is based on fish and macroinvertebrates. Its feeding habits change during its growth: the small fish prefer aquatic invertebrates, while the big ones prefer prey-fish, independently of dimension and species.

The limit of relevant change is at the total length of 50 cm, although a change in the ponderal growth is shown from the total length of 70 cm. The big fish grow faster than the small ones and, comparing data collected in our research with some other European works, in general the "Italian" catfish grows faster than the Northern European ones.

On the other hand the remarkable fecundity (almost 18000 eggs/kg) is confirmed in this work, while the results on the sexual maturity (3rd year of life) accord with those concerning the whole southern part of Europe.

KEYWORDS: wels catfish, allochthonous fish, prey fish, growth, spreading.

INTRODUZIONE

In Italia la prima segnalazione della cattura di un siluro risale al 1957, nelle acque dell'Adda presso Lecco (MANFREDI, 1957); il primo esemplare pescato nel Fiume Po è del 1968 (GANDOLFI e GIANNINI, 1979), ma le catture si sono susseguite negli anni successivi con scarsa frequenza, fino ai primi anni ottanta, quando il siluro raggiunse una distribuzione e un'abbondanza

maggiori (SOREGAROLI, 1990). Nel corso degli ultimi anni si assiste ad un'ulteriore colonizzazione di nuovi ambienti e corsi d'acqua artificiali quali canali di bonifica ed irrigui. Il suo impatto sulle popolazioni ittiche autoctone ha cominciato così a crescere, inducendo gli ittiologi a studiarne la biologia nelle acque interne italiane, per le quali non esistevano dati. In Italia il

periodo riproduttivo va da maggio a settembre (ROSSI *et al.*, 1992). L'età della maturità sessuale varia anch'essa a seconda delle condizioni climatiche: in Europa settentrionale viene raggiunta a 4 anni dal maschio e a 5 dalla femmina (PICCININI e PATTINI, 1996); in Europa centrale e nelle acque italiane la maturità si ha già a partire dal terzo anno di età. La femmina è molto feconda, arrivando a deporre anche 20-30000 uova per kg di peso (RIVA, 2001). L'accrescimento del siluro sembra essere simile per i maschi e per le femmine, anche se in alcuni casi pare che i maschi siano più grandi (VALLOD, 1987); anche il rapporto tra i due sessi è simile. Questa specie sembra essere molto longeva, raggiungendo gli 80 anni di età (PICCININI e PATTINI, 1996).

Il siluro è tra i principali pesci predatori delle acque dolci europee (BERG, 1965); mentre nell'areale di origine questa specie è in forte regressione ed a volte considerata in pericolo, in Italia è ormai comune in molte acque del centro-nord ed il suo impatto sulle specie autoctone è spesso drammatico (DEL MASTRO, 1986). Sino dalla sua introduzione (F.A.O., 1981), la sua dispersione è stata rapida ed ha interessato buona parte del nord della penisola. L'ecologia del siluro nelle acque italiane è ancora poco conosciuta e fattori quali l'accrescimento, la fecondità e l'alimentazione nelle acque italiane sono diversi rispetto ai paesi d'origine. Nel presente lavoro saranno trattati questi ed altri aspetti dell'ecologia del siluro nelle acque della provincia di Mantova.

MATERIALI E METODI

La cattura dei siluri è avvenuta tramite pesca elettrica, nel periodo compreso dalla fine di gennaio all'inizio di marzo 2000 e ha riguardato numerose stazioni di campionamento distribuite in tutto il territorio della provincia di Mantova. È stata effettuata anche una pescata con reti nel Fiume Po, per catturare ulteriori campioni di siluro. La maggior parte dei pesci di piccola taglia, previa anestesia, è stata fissata in formalina al 5%; dagli esemplari catturati sono stati prelevati l'apparato digerente, le gonadi e le pinne pettorali, anch'essi fissati in formalina al 5%.

Analisi dei raggi ossei delle pinne pettorali

Dalla sezione trasversale del primo raggio della pinna pettorale è possibile riconoscere l'alternanza di bande chiare e scure corrispondenti rispettivamente a fasi di crescita intensa e a fasi di crescita rallentata (Fig. 1). Sono state prelevate le pinne pettorali dei siluri catturati, poste in sacchetti di plastica, etichettate e congelate. In laboratorio, il primo raggio osseo è stato isolato e sottoposto a prolungata bollitura per liberarlo dai tessuti molli. La pulizia finale è avvenuta con immersione in idrossido di potassio al 5% e sfregamento con spazzolino della superficie ossea. L'osso così preparato è stato

poi sezionato trasversalmente in posizione prossimale con l'ausilio di dischi diamantati montati su un micro-motore NOUVAG modello TCM 3000 e, previa asciugatura, incollato con resina ciano-acrilica (Pertex) sopra un vetrino portaoggetti. Da questo, con un ulteriore taglio, è stata ottenuta una sezione di circa 1 mm. Dopo molatura e levigatura effettuata con lo stesso disco, si è ricavata una sezione sottile di circa 2-300 μm , che è stata esaminata al binoculare da dissezione in luce trasmessa (MASTROGIUSEPPE, 1988).

Contenuti alimentari

Per l'esame dei contenuti alimentari è stato prelevato l'apparato digerente e fissato in formalina al 5%. L'elaborazione dei risultati di questa specie è stata effettuata seguendo le metodiche standard (HYSLOP, 1980). Sono state valutate la frequenza di comparsa e la frequenza di dominanza dei contenuti alimentari. È stata inoltre quantificata l'importanza relativa ponderale delle prede rinvenute nei campioni analizzati. Le categorie alimentari sono state definite in modi diversi secondo la specie considerata. Il siluro ha un'alimentazione varia comprendente anche invertebrati, la cui classificazione è giunta talora fino al rango di famiglia (SANSONI, 1998; TACHET *et al.*, 1984).

Fecondità

La determinazione della fecondità assoluta e relativa è stata realizzata dopo il prelievo delle gonadi femminili da individui adulti in periodo pre-riproduttivo. Le gonadi dei siluri sono state pesate con l'ausilio di una bilancia Sartorius BA 110 0-100g \pm 0,0001g e dalle stesse è stato prelevato un subcampione rappresentativo pesato, del quale sono state conteggiate le uova allo stereomicroscopio. La fecondità relativa è espressa in numero di uova per kg di peso, mentre la fecondità assoluta è il numero di uova per femmina.

Elaborazioni

La rappresentazione grafica dei dati è stata effettuata

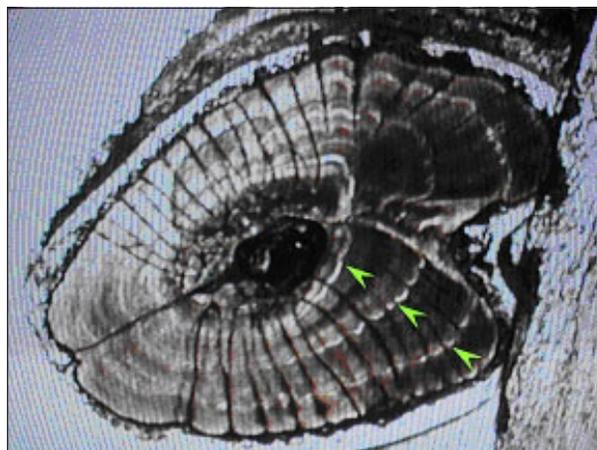


Fig. 1. Sezione di raggio osseo di pinna pettorale di siluro.

con il programma di calcolo Microsoft Excel. Per descrivere la curva di accrescimento, è stato utilizzato il modello di VON BERTALANFFY (1938), così definito:

$$L_t = L_\infty (1 - \exp(-k(t - t_0)))$$

dove:

L_∞ = lunghezza massima teorica, calcolata come l'asintoto orizzontale cui tende la curva;

k = parametro di curvatura della curva;

t_0 = età che il pesce avrebbe a lunghezza zero.

Per l'elaborazione dei parametri della curva di accrescimento secondo il modello di von Bertalanffy è stato utilizzato il programma di statistica "Table curve" (JANDEL).

Nella relazione lunghezza-peso i valori di lunghezza (L) e peso (P) di un pesce sono legati da una relazione di potenza espressa dalla seguente formula (GIUSSANI, 1997):

$$W = a \cdot L^b$$

dove "a" è una costante e "b" un esponente che può variare tra 2,5 e 4,0. Sono stati elaborati i grafici con la distribuzione dei punti e la curva e calcolato il coefficiente di regressione.

È stato infine calcolato per i siluri il coefficiente di condizione relativo K_n , che indica lo stato di "benessere" dei pesci ed è definito dall'equazione:

$$K_n = P/aL^b$$

Si è fatto uso di questo indice al fine di comparare le diversità di accrescimento di siluri di differenti classi di lunghezza.

RISULTATI

I dati ottenuti in questo lavoro sono il risultato dell'analisi di un numero significativo di esemplari raccolti durante la fase di campionamento. Dal campione totale sono stati scelti alcuni subcampioni rappresentativi secondo il parametro investigato: degli 83 siluri catturati è stato determinato il sesso di 73, sono stati analizzati 71 stomaci, è stata determinata l'età di 32 ed è stato effettuato il conteggio delle uova in 12 esemplari.

Alimentazione

Gli esemplari di siluro sono stati suddivisi in due classi di lunghezza aventi come limite 50 cm di lunghezza.

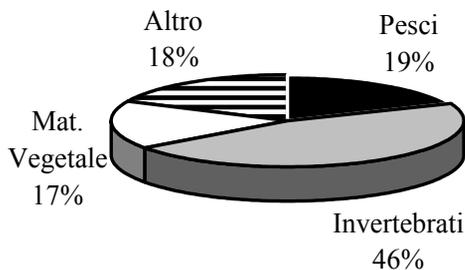


Fig. 3. Importanza relativa delle categorie alimentari dei siluri della classe di lunghezza ≤ 50 cm.

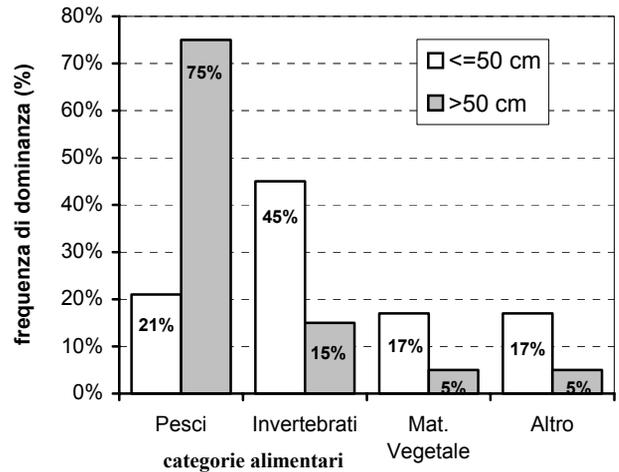


Fig. 2. Comparazione delle diete per siluri appartenenti alle due classi di lunghezza (≤ 50 cm; > 50 cm).

za totale, in quanto si è visto che negli ambienti indagati è nell'intorno di questa misura che si ha un sensibile cambiamento della dieta.

Sul totale degli stomaci analizzati la dominanza dei pesci è del 47 %, rappresentati da varie specie. Una parte consistente (23 %) della dominanza delle specie ittiche è costituita da pesce indistinto, non riconoscibile a causa dell'avanzato stato di digestione. Oltre ai pesci, un'altra categoria importante del regime alimentare del siluro è rappresentata dai macroinvertebrati acquatici, con una prevalenza di crostacei (Asellidi e Gammaridi), mentre il materiale vegetale o di altra natura è presente, ma quasi mai dominante.

Dividendo invece i siluri per classi di lunghezza, si riesce ad evidenziare una differenziazione della dieta dagli esemplari più piccoli a quelli più grandi, ad esempio con una dominanza maggiore di macroinvertebrati per i primi rispetto ai secondi oppure una netta maggioranza di fauna ittica dei secondi rispetto ai primi. Nella figura 2 sono rappresentati i rapporti di dominanza delle categorie alimentari per le due classi di lunghezza. Per effettuare uno studio sull'accrescimento del siluro, oltre alla frequenza di dominanza delle categorie alimentari, è molto utile poter determinare l'importanza ponderale

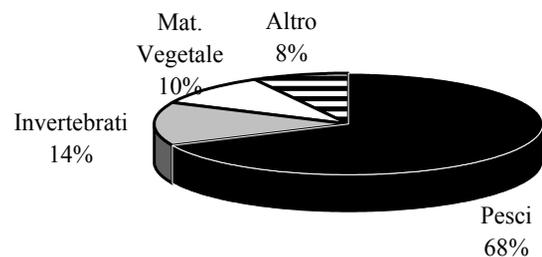


Fig. 4. Importanza relativa delle categorie alimentari di siluri della classe di lunghezza > 50 cm.

relativa, che evidenzia in che misura la quantità e la qualità di biomassa ingerita influenzano l'accrescimento ponderale. I contenuti stomacali sono stati pesati in modo da poter calcolare l'importanza ponderale relativa delle categorie alimentari del siluro.

Se si considera la classe di lunghezza ≤ 50 cm, le importanze relative subiscono sensibili variazioni; in questo caso i macroinvertebrati hanno un'importanza del 46 %, mentre i pesci solo del 19 %. Appena superiore alla media è la quantità di materiale vegetale (17 %), mentre le rimanenti categorie alimentari (scaglie, materiale indistinto etc.) si dividono il restante 18 % di importanza ponderale relativa (Fig. 3). Situazione diametralmente opposta è quella relativa alla classe di lunghezza >50 cm, dove l'importanza relativa delle specie ittiche predate è del 68 %, mentre quella dei macroinvertebrati scende al 14 %. L'importanza del materiale vegetale è del 10 % e altre categorie meno frequenti chiudono con l'8 % (Fig. 4).

Accrescimento

Dalla misura del peso e delle lunghezze di 74 siluri si è valutato l'accrescimento ponderale costruendo la curva che descrive la relazione lunghezza-peso (Fig. 5). L'intervallo delle lunghezze varia da 12,1 a 103 cm, mentre i pesi misurati vanno da 15 a 8000 g.

L'equazione della curva di accrescimento ponderale è espressa dalla seguente formula:

$$y = 0,0134 x^{2,8139} \quad (R^2 = 0,994)$$

L'esponente della x , pari a 2,8139, indica un accrescimento ponderale meno che isometrico.

La curva elaborata per tutti i soggetti analizzati descrive adeguatamente l'accrescimento ponderale degli esemplari di lunghezza totale inferiore a 70 cm (il 90% dei dati), mentre si discosta nettamente dai dati relativi agli individui di taglia superiore (il 10% dei dati). Ciò significa che le due classi di lunghezza hanno differenti velocità di accrescimento. Si è ipotizzato allora che la diversa velocità di accrescimento sia dovuta al cambiamento nella dieta sopra descritto.

Si è calcolato il coefficiente di condizione relativo per i due gruppi e si sono determinate le due curve di accrescimento ponderale. All'accrescimento più rapido dei pesci di taglia maggiore di 70 cm corrisponde un

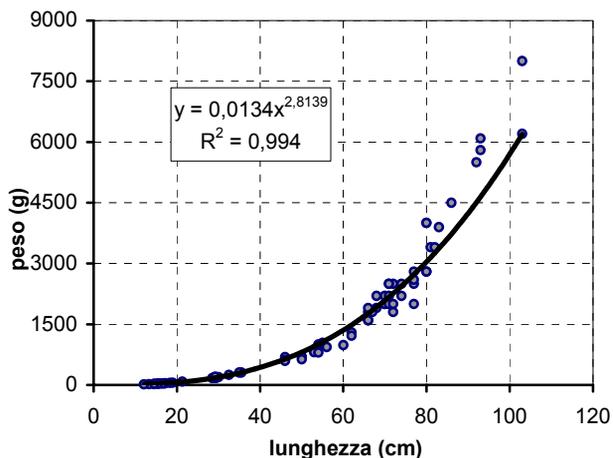


Fig. 5. Relazione lunghezza-peso del siluro.

coefficiente di condizione più elevato (Fig. 6) ed una dieta essenzialmente ittiofaga, mentre ad un accrescimento meno elevato dei pesci di taglia inferiore corrisponde un coefficiente di condizione meno che isometrico ed una dieta prevalentemente non ittiofaga (Fig. 7).

L'accrescimento lineare viene invece valutato con l'applicazione del modello di von Bertalanffy. Attraverso l'analisi delle sezioni del raggio osseo della pinna pettorale sono stati osservati 32 siluri, di lunghezza compresa tra 15,5 cm e 103,0 cm. I campioni di pinna sono stati prelevati da siluri catturati in vari corsi d'acqua durante campionamenti effettuati tra il 26.01.2000 e il 2.03.2000. Le sezioni analizzate sono relative a pesci di età massima 4+; in particolare si sono definiti 6 individui di età 0+ aventi lunghezza totale massima di 29,2 cm, 12 di età 1+ e 45 cm di lunghezza, 8 di età 2+ e 67 cm, 5 di età 3+ e 81 cm ed infine 2 individui di età 4+ e lunghezza totale di 103 cm (Tab. I).

L'equazione derivata dalle elaborazioni dei dati dà una curva ad andamento esponenziale (Fig. 8) ed è così definita:

$$L_t = 2999,9 \cdot (1 - \exp^{-0,0807 \cdot (t-0,1350)}) \quad (R^2 = 0,917).$$

Per il calcolo della fecondità relativa del siluro è stato eseguito il conteggio delle uova di 12 ovari appartenenti ad individui catturati in periodo pre-riproduttivo (Tab. II).



Fig. 6. Coefficiente di condizione dei siluri di lunghezza >70 cm.



Fig. 7. Coefficiente di condizione dei siluri di lunghezza ≤ 70 cm.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Le prime segnalazioni della presenza del siluro nelle acque italiane sono giunte dal tratto mantovano ed emiliano del Fiume Po, che verosimilmente è stata la prima zona in cui è stato immesso. Si è già scritto molto sul siluro; le sue notevoli dimensioni e la sua fama di predatore insaziabile sono ormai note a tutti. In effetti il siluro adulto si ciba prevalentemente di pesci ed è molto probabilmente causa di una netta diminuzione di altre specie nei corsi d'acqua che colonizza. Durante un campionamento sul Mincio, in località Formigosa, stupiva la quasi totale assenza di pesci; l'unica specie presente con una certa abbondanza era il siluro. Questo esempio introduce l'ipotesi secondo cui le popolazioni di siluro nelle acque italiane siano in una situazione di non-equilibrio e che, probabilmente, a questa espansione fuori scala seguirà una regressione fino al raggiungimento dell'equilibrio attraverso fluttuazioni (Rossi *et al.*, 1992).

Ad oggi però il siluro rappresenta un problema di non poco conto, per l'impatto che sta avendo sulle popolazioni degli altri pesci. Per questa specie la fecondità relativa è molto elevata ed i risultati di questo studio riportano circa 20.000 uova/kg. Nei paesi di origine il siluro matura sessualmente tra quattro (maschio) e cinque anni (femmina) (PIOTR e KRZYSTOF, 1989), mentre in Europa centro-meridionale la maturità per la femmina sopraggiunge al compimento del terzo anno. Quest'ultimo dato è confermato dai risultati di questo lavoro. L'accrescimento del siluro nelle acque della provincia di Mantova è elevato e supera ampiamente quello di altre località europee. Lo studio effettuato sulla popolazione di siluri del Fiume Po (Rossi *et al.*, 1992) concorda invece con quanto evidenziato nel presente lavoro. L'equazione che descrive la curva della relazione lunghezza peso può essere spezzata in due parti. Per i siluri di lunghezza inferiore a 70 cm l'accrescimento risulta più lento, mentre se si considerano gli individui più grandi il loro accrescimento è molto più rapido, indicando una differenza di accrescimento per taglia. Nell'introdurre lo studio dell'alimentazione del siluro, si è osservato che la taglia di 65-70 cm può rappresentare il limite oltre il quale l'alimentazione diviene esclusivamente ittiofaga. L'elevato contenuto proteico delle prede permette un accrescimento più veloce e, in ambienti particolarmente ricchi di pesci come le acque della Bassa Padana, questo si traduce anche in un coefficiente di condizione più elevato.

Dall'analisi della frequenza di dominanza delle categorie alimentari si nota come la dieta vari all'aumentare delle dimensioni. In relazione alle taglie molto diverse dei siluri, ed in particolare all'abbondanza dei soggetti più giovani, si è deciso di suddividere il campione in due categorie per classi di lunghezza. È stato scelto il limite

Tab. I. Età e lunghezza totale dei siluri osservati.

Età (anni)	Lunghezza (cm)	Età (anni)	Lunghezza (cm)
0.7	155	1.7	400
0.7	170	2.7	460
0.7	211	2.7	500
0.7	213	2.7	530
0.7	232	2.7	530
1.7	275	2.7	550
1.7	285	2.7	590
1.7	292	3.7	620
1.7	292	2.7	660
1.7	294	2.7	670
1.7	299	3.7	700
1.7	300	3.7	710
1.7	325	3.7	800
1.7	355	3.7	810
1.7	355	4.7	1030
1.7	390	4.7	1030

Tab. II. Fecondità relativa e fecondità relativa media del siluro nei corsi d'acqua della provincia di Mantova.

Lunghezza (cm)	Peso kg	n° uova	Fecondità relativa (n°/kg)
460	0.595	6925	11639
560	0.935	12488	13356
600	0.985	5799	5887
660	1.6	49864	31165
710	2.5	57002	22801
710	2.2	23885	10857
720	2	61044	30522
770	2.8	62321	22258
830	3.9	68104	17463
860	4.5	70012	15558
930	6.09	99602	16355
1030	6.2	100127	16150

Media 17834

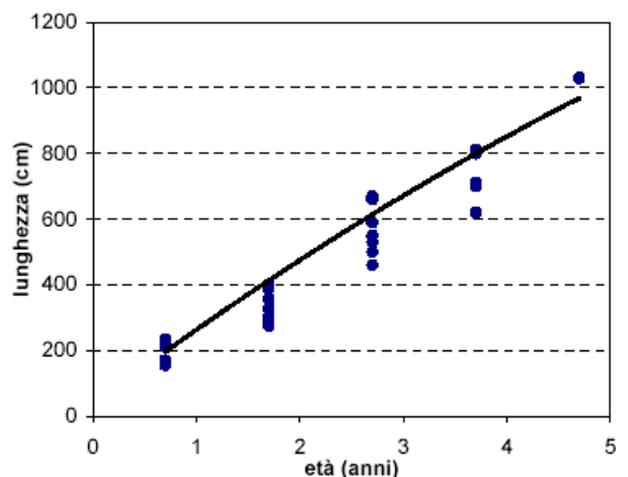


Fig. 8. Curva di accrescimento del siluro secondo il modello di von Bertalanffy.

di 50 cm perché questa misura nella popolazione investigata rappresenta un passaggio relativamente netto tra l'alimentazione giovanile, prevalentemente macrobentonica, e quella adulta, essenzialmente ittiofaga. In altri lavori relativi all'accrescimento del siluro (ROSSI *et al.*, 1992) il limite per il passaggio da una dieta macrobentonica ad una ittiofaga veniva indicato a 32 cm di lunghezza, misura determinata nella popolazione oggetto di quello studio dalle condizioni ambientali differenti.

Le categorie alimentari che fanno parte dell'alimentazione del siluro sono rappresentate dalle fonti alimentari più comuni nell'ambiente e non sembra esserci selettività per alcune prede rispetto ad altre. Nello studio effettuato si sono rinvenute 10 specie ittiche predate, senza particolare abbondanza di alcune rispetto alle altre; la maggiore quantità di alcune categorie alimentari come le alborelle o di invertebrati come gli Asellidi è presumibilmente dovuta all'abbondanza con cui le si

rinviene in queste acque ed alla tendenza di alcune di queste specie ad aggregarsi in grandi banchi, soprattutto nella stagione invernale. Anche le dimensioni delle prede sembra non siano stabilite dalle dimensioni del predatore: ad esempio si sono trovate grandi quantità di piccoli pesci (125 alborelle) in siluri anche abbastanza grossi (80 cm) ed una sola grande preda (tinca del peso di 200 g) in siluri relativamente piccoli (83 cm).

Il grado di ripienezza degli stomaci dei siluri analizzati è quasi sempre basso; ciò può essere dovuto all'alimentazione prevalentemente notturna ed al fatto che le catture sono state effettuate durante la giornata, con il materiale alimentare in buona parte digerito; il rigurgito, inoltre, può rivestire una certa importanza dal momento in cui alla cattura alcuni individui hanno rigettato le prede. Non è marginale inoltre il periodo di cattura, l'inverno, stagione in cui i siluri si alimentano in misura minore rimanendo solo moderatamente attivi.

BIBLIOGRAFIA

- BERG L. S., 1965. Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. *Israel Prog. Sci. Transl. Jerusalem*, **3**: 1-496.
- BERG L. S., 1949. Freshwater fishes of U.S.S.R. and neighbouring countries. *Izd. AN SSSR*, **2**, Moscow/Leningrad.
- DEL MASTRO G.B., 1986. Problemi relativi all'introduzione di specie esotiche di pesci nelle acque dolci italiane. *Quaderni E.T.P.*, **14**: 85-96.
- F.A.O., 1981. Register of international transfers of inland fish species. *F.A.O. fisheries technical paper*, **213**: 1-102.
- GANDOLFI G., GIANNINI M., 1979. La presenza di *Silurus glanis* nel Fiume Po. *Natura*, **70**: 3-6.
- GIUSSANI G., 1997. Appunti sulla fauna ittica d'acqua dolce. *Documenta dell'istituto italiano di Idrobiologia*.
- HYSLOP E. J., 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, **17**: 411-422.
- MANFREDI P., 1957. Cattura di un *Silurus glanis* nell'Adda presso Lecco. *Natura*, **48**: 28-30.
- MASTROGIUSEPPE L., 1988. *Distribuzione del siluro (Silurus glanis L.) nel tratto pavese del Fiume Po*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Pavia.
- PICCINI A., PATTINI L., 1996. *Il siluro, la biologia della specie, le tecniche di pesca e la storia*. EDAL.
- PIOTR E., KRZYSZTOF B., 1989. Gonad maturation and hormonal stimulation of spawning in wels (*Silurus glanis* L.). *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, **36**: 417-429.
- RIVA M., 2001. *Specie esotiche diffuse nella Provincia di Mantova: pseudorasbora (Pseudorasbora parva), rodeo amaro (Rodeus amarus), siluro (Silurus glanis)*. *Ecologia e distribuzione*. Tesi di laurea. Università degli studi di Milano
- ROSSI R., TRISOLINI R., RIZZO M. G., DEZFULI B. S., FRANZOI P., GRANDI G., 1992. Biologia ed ecologia di una specie alloctona, il siluro (*Silurus glanis* L.) (Osteichthyes, Siluridae), nella parte terminale del Fiume Po. *Atti della Soc. Italiana di Sci. Nat. e del Museo Civico di Storia Nat. Di Milano*, **132** (7): 69-87.
- SANSONI G., 1998. *Atlante per il riconoscimento dei macroinvertebrati dei corsi d'acqua italiani*. Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente, Provincia Autonoma di Trento.
- SOREGAROLI D., 1990. *Osservazioni sulla popolazione di Silurus glanis insediata nel Fiume Po*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Parma.
- TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX P., 1984. *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces*. Association Française de Limnologie, Université de Lyon.
- VALLOD D., 1987. Le silure (*Silurus glanis* L.). *Publication de l'Association pour le développement de l'Aquaculture*, **16**: 1-70.
- VON BERTALANFFY L., 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Bid.*, **10**: 181-213.
- WIESNIEWSKI W., 1988. Fecundity of catfish (*Silurus glanis* L.) from the rivers Vistula and Bug. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, **18** (1).

Metazoi parassiti di *Abramis brama* (L.) del lago Mondsee (Austria): indagine istopatologica, immunoistochimica ed ultrastrutturale

Edi Simoni¹, Luisa Giari¹, Robert Konecny², Maurizio Manera³, Bahram Sayyaf Dezfuli^{1*}

¹ Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Ferrara, via Borsari, 46 - 44100 Ferrara

² Dipartimento di Zoologia, Università di Vienna, Althanstrabe 14, 1090 Vienna, Austria

³ Dipartimento di Scienze degli Alimenti, Università degli Studi di Teramo, P.zza A. Moro 45, 64100 Teramo

* Referente per la corrispondenza: fax 0532 249761; dzb@unife.it

Riassunto

Su esemplari di *Abramis brama* (L.) del lago Mondsee (Austria) infestati da parassiti metazoi, sono state svolte indagini immunoistochimiche, istopatologiche ed ultrastrutturali, con particolare riguardo alla presenza delle rodlet cells (RCs), un tipo di cellule dei pesci legate a processi infiammatori.

Nell'agosto del 2001 sono stati catturati 14 esemplari di *A. brama*, di cui 7 (50%) erano parassitati nelle branchie dal copepode *Ergasilus sieboldi* (Nordmann, 1832), con un'intensità d'infestazione che variava da 1 a 23 crostacei per ospite, mentre 3 (21%) erano infestati nell'intestino dal cestode *Caryophyllaeus laticeps* (Pallas, 1781), con l'intensità da 1 a 5 parassiti per pesce. Per quanto riguarda i danni causati da *C. laticeps*, è stato evidenziato che esso penetrava tra i villi intestinali sino allo strato sottomucoso, distruggendo l'epitelio intestinale. Nel sito di ancoraggio del parassita sono state osservate molte RCs nonché altri tipi di cellule immunitarie. Nelle branchie parassitate da *E. sieboldi* i danni erano causati sia dall'azione dell'apparato boccale del crostaceo, sia dalle modalità di aggancio del parassita alla lamella branchiale. La reazione tissutale dell'ospite consisteva in una proliferazione delle cellule granulari eosinofile (ECGs), delle RCs e delle cellule mucose, a livello delle lamelle primarie e secondarie, principalmente in prossimità del sito di attacco del parassita. Le cellule mucose sono risultate positive alla reazione immunoistochimica con l'anticorpo anti-NOS (Nitric Oxide Synthase). I due parassiti inducono quindi un'intensa risposta cellulare nell'ospite.

PAROLE CHIAVE: Rodlet cell / *Ergasilus sieboldi* / *Caryophyllaeus laticeps* / *Abramis brama* / immunoistochimica / ultrastruttura / risposta cellulare

Metazoan parasites of *Abramis brama* (L.) from lake Mondsee (Austria): pathology, immunohistochemistry and ultrastructure

Immunohistochemical, ultrastructural and pathological studies were carried out on *Abramis brama* of Lake Mondsee (Austria) naturally infected with metazoan parasites. A total of 14 specimens of *A. brama* were obtained and gill of 7 (50%) were parasitized with *E. sieboldi* (Copepoda), and the intensity of infection ranged from 1 to 23 crustaceans per host. Three fish (21%) were infected in the intestine with *C. laticeps* (Cestoda) with the intensity from 1 to 5 parasites per fish. In this group of host, the main damage caused by *C. laticeps* was due to the tapeworm penetration within the intestinal fold. Moreover, beside the cestode body the occurrence of rodlet cells (RCs) and other inflammatory cells were noticed. Histopathological investigations of infected gill showed extensive tissue damage due to attachment and feeding of the crustacean. In parasitized primary and secondary lamellae a high number of eosinophilic granular cells and RCs was noticed. Rodlet cells represent an intense inflammatory cell type closely linked to other piscine inflammatory cells. Mucus cells displayed an intense immunohistochemical reactivity with the Anti Nitric Oxide Synthase antibody. Presence of a high number of inflammatory cells at the site of *E. sieboldi* attachment is related to intense host cellular reaction.

KEY WORDS: rodlet cell / *Ergasilus sieboldi* / *Caryophyllaeus laticeps* / *Abramis brama* / immunohistochemistry / ultrastructure / cellular response

INTRODUZIONE

Il tratto digerente e le branchie dei pesci sono spesso soggette a infestazioni da parte di parassiti metazoi che vanno ad alterare la morfologia del tessuto e creano scompensi a livello fisiologico. Il cestode appartenente alla specie *Caryophyllaeus laticeps* è co-

munemente presente nell'intestino dei pesci ciprinidi dell'Europa, tra i quali *Abramis brama* (KENNEDY e FITZMAURICE, 1968). I Cestodi danneggiano l'intestino dell'ospite con lo scolice secondo due modalità di attacco alla mucosa intestinale; le lesioni provocate

espongono l'ospite a infezioni secondarie da parte di altri patogeni (EIRAS *et al.*, 1986).

I crostacei ectoparassiti dei pesci mostrano un'ampia diversità di adattamento morfofunzionale secondo i diversi ordini di appartenenza –Copepoda, Isopoda, Amphipoda e Ostracoda– e possono essere estremamente dannosi ai loro ospiti (KABATA, 1984). I copepodi appartenenti al genere *Ergasilus* infestano molti pesci; si conoscono 21 specie parassite di diversi ospiti in varie zone del Brasile (MOTTA AMADO e ROCHA, 1995); in Europa, *Ergasilus sieboldi* è stato ritrovato in 14 specie di pesci delle acque dolci della Gran Bretagna (ALSTON e LEWIS, 1994). EPINSZPORN-ORECKA (1973) documenta i danni tissutali causati da *E. sieboldi* alle branchie di *Tinca tinca*, riscontrando emorragia e infiammazione, accompagnate da granulocitosi ed emopoiesi intensificata. I danni tissutali sono dovuti principalmente all'azione dell'apparato boccale e delle strutture di ancoraggio tipiche di questo crostaceo (ABDELAHIM, 1990). Inoltre, le lesioni causate dall'apparato boccale di *Ergasilus* possono essere secondariamente invase da funghi, batteri e virus (NIGRELLI, 1950; DOGIEL *et al.*, 1958).

In questo studio sono esaminati due tipi di parassitosi in esemplari di *Abramis brama*, una a livello intestinale ad opera del cestode *C. laticeps* e l'altra nelle branchie, dovuta al crostaceo *E. sieboldi*. In entrambi i casi è documentata la presenza di cellule mucose, di un elevato numero di cellule granulari eosinofile (ECGs) nonché di rodlet cells (RCs). Per quanto riguarda le RCs ritrovate in altre specie ittiche si ipotizza che esse facciano parte del network reattivo difensivo del pesce e che quindi siano strettamente legate ad altri tipi di cellule infiammatorie (DEZFULI *et al.*, 2000; MANERA *et al.*, 2001).

Le indagini svolte per questo lavoro comprendono analisi immunoistochimiche e osservazioni al microscopio ottico ed elettronico; inoltre, questa è la prima volta in cui viene riportata la presenza e la reazione delle RCs nelle branchie di pesci infestati con ectoparassiti.

MATERIALI E METODI

Nell'ambito di una collaborazione con il Dipartimento di Zoologia dell'Università di Vienna, nell'agosto del 2001 è stato svolto un campionamento sul lago di Mondsee nei pressi di Salisburgo (Austria). Quattordici esemplari di *Abramis brama* di lunghezza totale variabile tra 32 e 46 cm ($38,23 \pm 4,11$), e di peso compreso tra 345,30 e 970,20 g ($599,29 \pm 172,47$) sono stati catturati con una rete branchiale e successivamente trasportati vivi in laboratorio; in seguito sono stati dissezionati entro 6 ore dalla loro cattura. Ogni esemplare è stato esaminato per valutare la presenza di parassiti.

Per ogni pesce sono state prelevate porzioni di branchie e intestino sia da pesci sani sia da pesci parassitati ed entrambi i tessuti sono stati trattati con le metodiche di routine per l'inclusione di preparati in resina (miscela Epon-Araldite) e in paraffina riportate in DEZFULI *et al.* (2003). Anche le indagini immunoistochimiche svolte sulle branchie di *A. brama* con *Ergasilus sieboldi*, sono state effettuate su sezioni in resina seguendo le procedure riportate in dettaglio in DEZFULI *et al.* (2003).

Per il conteggio delle RCs sono stati esaminati in media 2642 ± 461 micron lineari di lamelle branchiali da 10 pesci (5 sani e 5 parassitati), divisi in tre gruppi di sezioni: 5 di pesci sani, 5 di lamelle parassitate in cui il parassita è presente, 5 di lamelle parassitate ma lontane dal sito di attacco di *Ergasilus*. La media del numero di RCs per micron lineari è stata calcolata per ogni gruppo ed è stata applicata l'analisi della varianza a 1 fattore (ANOVA).

RISULTATI

Osservazioni istopatologiche ed ultrastrutturali nell'intestino infestato dal cestode

Tre esemplari su 14 hanno l'intestino parassitato dal cestode *Caryophyllaeus laticeps*; l'intensità di infestazione varia da 1 a 5 parassiti per pesce. Le osservazioni al microscopio ottico documentano che il cestode penetra con lo scolice tra i villi intestinali, fino a giungere a contatto con la sottomucosa e, durante la penetrazione, distrugge i villi circostanti. In prossimità del sito di attacco dello scolice del parassita sono presenti diverse RCs (Fig. 1a). Molto importante è l'interazione tra lo scolice del cestode e la sottomucosa: indagini al ME evidenziano che il corpo del cestode ha ghiandole che producono una sostanza, di materiale amorfo, probabilmente lisogeno. Questo prodotto circonda le cellule dell'ospite, causandone la degenerazione (Fig. 1b). Quindi *C. laticeps* danneggia l'intestino del pesce sia attraverso l'azione meccanica dello scolice sia secernendo questa sostanza; inoltre, il parassita stimola l'accumulo di cellule immunitarie nell'epitelio in prossimità del sito di attacco.

Osservazioni istopatologiche, ultrastrutturali ed immunoistochimiche sulle branchie parassitate dal copepode

Le branchie di 7 pesci su 14 risultano infestate da *Ergasilus sieboldi*, con intensità variabile da 1 a 23 parassiti per ospite. Le femmine adulte sono attaccate principalmente alla lamella primaria del filamento branchiale con il loro secondo paio di antenne modificate in organo di ancoraggio simile ad una tenaglia (Fig. 2a). Il corpo del parassita si localizza tra le emibranchie con

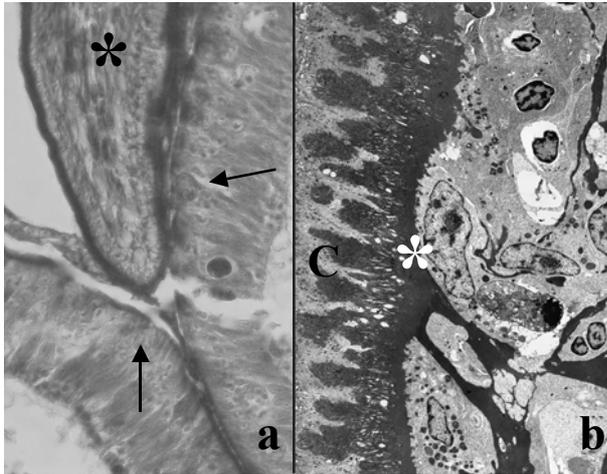


Fig. 1. (a) Intestino di *Abramis brama* parassitato dal cestode *Caryophyllaeus laticeps*. Scolice (*), rodlet cells (→). (b) Particolare al microscopio elettronico del materiale amorfo (*) secreto dal corpo del cestode (C).

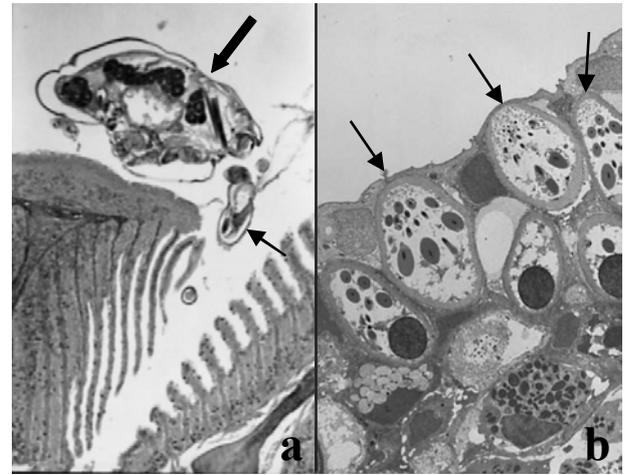


Fig. 2. (a) Branchie di *Abramis brama* infestate dal crostaceo *Ergasilus sieboldi* (➔). Secondo paio di antenne modificato in organo di ancoraggio (→). (b) Immagine al microscopio elettronico delle rodlet cells (→) nella lamella primaria.

l'asse parallelo all'asse della lamella primaria e l'estremità cefalica orientata verso l'arcata branchiale. *E. sieboldi* si ancora saldamente all'arcata branchiale alla base del filamento (Fig. 2a). Nei pesci parassitati si osserva un aumento della secrezione mucosa, congestione, emorragie e erosione della lamella primaria.

I danni meccanici, molto estesi, sono dovuti sia all'azione dell'apparato boccale del crostaceo, sia alle modalità di aggancio del parassita alla lamella branchiale. Nel primo caso le mandibole e le mascelle del crostaceo strappano il tessuto branchiale e provocano l'erosione della lamella primaria esponendo i vasi sanguigni che sono così soggetti ad emorragie. Il secondo paio di antenne, modificato in organo di ancoraggio, crea profonde ferite fino ad interrompere la lamella primaria nella cui parte distale si fondono le lamelle secondarie per iperplasia tissutale; in pratica si ha proliferazione delle cellule intralamellari. Nelle lamelle secondarie in prossimità del parassita si osserva erosione, desquamazione e necrosi. Inoltre, si ha una proliferazione delle cellule mucose oltre che delle ECGs e RCs, quest'ultime in modo particolare nella lamella secondaria. Nelle branchie infestate, il citoplasma delle cellule mucose risulta positivo all'anticorpo anti-NOS.

Per quanto riguarda le RCs, è significativa la differenza del numero di RCs/100 micron lineari (Anova: $p < 0,01$) tra i pesci sani ($0,29 \pm 0,07$) e quelli parassitati ($2,43 \pm 0,33$); inoltre, c'è una differenza significativa tra sezioni vicine al parassita ($3,05 \pm 0,25$) e quelle lontane da esso ($1,50 \pm 0,24$) (Anova: $p < 0,01$).

Indagini al microscopio elettronico documentano che la lamella primaria delle branchie parassitate pre-

senta un elevato numero di ECGs che appaiono voluminose e con il citoplasma contenente granuli ovoidali. Le RCs sono numerose nella lamella primaria ma anche nell'epitelio della lamella secondaria e presentano le loro normali caratteristiche strutturali, come la capsula fibrillare subplasmalemmale, il nucleo eccentrico e basale, e i rodlets orientati con la parte appuntita verso l'apice cellulare (Fig. 2b).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I parassiti dei pesci provocano alterazioni a livello dell'organo infestato che si ripercuotono anche su vari processi fisiologici. I cestodi sono parassiti intestinali dei pesci con un ciclo di vita indiretto, cioè necessitano di almeno un ospite intermedio. EIRAS *et al.* (1986) hanno descritto per due specie di cestodi, *Megathylus brooksi* e *Jauela glandicephalus*, due diverse modalità di attacco dello scolice alla mucosa intestinale; ciò comporta danni meccanici differenti. Il parassita *Caryophyllaeus laticeps*, come *Megathylus brooksi* si attacca all'intestino aspirando l'epitelio con le ventose presenti nello scolice (EIRAS *et al.*, 1986). Nel punto in cui si inserisce il cestode si osserva desquamazione dell'epitelio intestinale (BAUER *et al.*, 1969). Nei casi di infestazione elevata i danni all'epitelio possono essere tali da interferire con l'assorbimento dei nutrienti e, inoltre, possono favorire infestazioni secondarie da parte di altri patogeni (EIRAS *et al.*, 1986).

In questo lavoro sono documentati i danni istopatologici a carico della mucosa intestinale dovuti sia all'azione di penetrazione dello scolice di *C. laticeps* tra i villi, sia al materiale, probabilmente di natura lisogena

secreto dalle ghiandole presenti sul corpo del cestode. In *Salmo trutta* parassitata da *Cyathocephalus truncatus*, in contemporanea al danno, è descritta la reazione di difesa dell'ospite, consistente nell'accumulo di cellule mucose, RCs e altre cellule infiammatorie in vicinanza del sito d'infestazione (DEZFULI *et al.*, 2000); in questa indagine è riportato un quadro analogo per l'intestino di *Abramis brama* parassitato da *Caryophyllaeus laticeps*.

Sia *Ergasilus briani* sia *Ergasilus sieboldi* possono essere presenti sullo stesso ospite. Apparentemente, *E. briani* preferisce i pesci di piccola taglia o giovani (BAUER *et al.*, 1969; ALSTON e LEWIS, 1994), mentre l'intensità e la prevalenza dell'infestazione di *E. sieboldi* aumenta col rapporto peso/età dell'ospite (ABDELHALIM, 1990). Nel presente studio, gli esemplari di *A. brama* di 40 cm di lunghezza totale hanno non più di 2 copepodi, mentre quelli di lunghezza superiore ai 41 cm sono altamente infestati.

Alcuni copepodi (es. *Alella macrotrachelus*) si alimentano attraverso erosione dell'epitelio delle branchie (KABATA e COUSEN, 1977; ROUBAL, 1989) assumendo il sangue da rotture dei vasi sanguigni (MURAGA *et al.*, 1981). Il parassita *E. sieboldi* ha un ciclo diretto, conduce vita libera e solamente la femmina, raggiunta la forma adulta diventa parassita delle branchie del pesce in quanto su questo organo trova l'alimento necessario.

Per diventare parassita la femmina subisce adattamenti morfologici: il secondo paio di antenne si accresce formando una sorta di tenaglia che le permette di attaccarsi sulla superficie delle emibranchie dell'ospite causando profonde ferite, e le appendici boccali vengono usate per strappare e poi ingerire il tessuto branchiale (ABDELHALIM *et al.*, 1991).

I danni provocati dall'ectoparassita possono favorire una seconda infezione da parte di altri organismi patogeni (batteri e funghi) (NIGRELLI, 1950; REICHENBACH-KLINKE e ELKAN, 1965). Alcuni dati sui danni alle branchie causati dai copepodi vengono riportati da KABATA e COUSEN (1977), SOUTHERLAND e WITTRICK (1985) e BENNET e BENNET (2001).

L'entità delle patologie dovute all'infestazione da ergasilidi è proporzionale al numero di copepodi pre-

senti sulle branchie (ABDELHALIM, 1990). Meno di 20 esemplari di *E. sieboldi* hanno pochi effetti ma, quando l'intensità supera i 100, i danni alle branchie sono seri (KABATA, 1970). Alcuni effetti patologici degli ergasilidi sono: decremento nel rapporto peso/fattore di condizione, riduzione della funzione respiratoria e della osmoregolazione delle branchie, decremento del tasso di crescita, sterilità femminile, modificazioni a carico degli eritrociti e infine la morte (ALSTON e LEWIS, 1994).

In questa indagine si sono osservate numerose RCs specialmente in prossimità del sito di attacco del parassita. Pubblicazioni in merito alla presenza di queste cellule in pesci infestati da ectoparassiti sono molto rare, le informazioni disponibili si riferiscono ai protozoi (LEINO, 1996). Secondo Leino, le RCs reagiscono alla presenza di Mixosporean (Protozoa), e la loro secrezione è di natura antibiotica. Questo autore sostiene che, nel rene e nelle branchie dei pesci, il parassita induce una proliferazione delle RCs (LEINO 1979, 1996). Una situazione simile è presente nell'intestino di *Anguilla anguilla* e nel fegato di *Phoxinus phoxinus* infestati da elminti endoparassiti (DEZFULI *et al.*, 1998, 2000 rispettivamente). Questo lavoro riporta per la prima volta che il numero delle rodlet cells aumenta nei siti di attacco di un ectoparassita e ciò conferma il ruolo di queste cellule nei processi infiammatori contro i parassiti (DEZFULI *et al.*, 2000, 2002).

Per quanto riguarda le cellule mucose, la loro positività all'anti-NOS (Nitric Oxide Synthase) è stata precedentemente documentata nelle branchie di *Oncorhynchus mykiss* (CAMPOS-PEREZ *et al.*, 2000). La NOS è strettamente legata ai meccanismi di difesa dell'ospite ed è importante in quanto è una molecola tossica per gli organismi infestanti. In accordo con CAMPOS-PEREZ *et al.* (2000) le branchie, come l'intestino dei mammiferi, essendo un sito di espressione della NOS, sono un tessuto in grado di partecipare attivamente alla risposta immunitaria contro gli ectoparassiti.

In conclusione possiamo affermare che sia il cestode sia il copepode causano notevoli danni strutturali e fisiologici ad *A. brama*; inoltre, inducono nell'ospite una risposta immunitaria specifica nei tessuti interessati dall'infestazione.

BIBLIOGRAFIA

- ABDELAHIM A.I., 1990. *Morphology and epidemiology of some parasitic copepods (Poeciliostomatoidea: Ergasilidae) from British freshwater fish*. Phd Thesis, University of London.
- ABDELHALIM A.I., LEWIS J.W., BOXSHALL G.A., 1991. The life cycle of *Ergasilus sieboldi* Nordmann (Copepoda: Poeciliostomatoidea), parasitic on British freshwater fish. *Journal of Natural History*, **25**: 559-582.
- ALSTON S., LEWIS J.W., 1994. The ergasilid parasite (Copepoda: Poeciliostomatoidea) of British freshwater fish. In: Pike A.W., Lewis J.W. (eds.), *Parasitic Diseases of Fish*: 171-188.
- BAUER O.N., MUSSELIUS V.A., STRELKOV Yu.A. 1969. *Diseases of pond fishes*. Izdatel'stvo Kolos Moskva. (In Russian; English translation available).

- glish translation: Israel Program for Scientific Translation, Jerusalem, 1973: 220).
- BENNET S.M., BENNET M.B., 2001. Gill pathology caused by infestation of adult and preadult *Dissonus manteri* Kabata, 1966 (Copepoda: Dissonidae) on coral trout, *Plectropomus leopardus* (Lacépède) (Serranidae). *Journal of Fish Disease*, **24**: 523-533.
- CAMPOS-PEREZ J.J., WARD M., GRABOWSKI P.S., ELLIS A.E., SECOMBES C.J., 2000. The gills are an important site of iNOS expression in rainbow trout *Onchorhynchus mykiss* after challenge with gram-positive pathogen *Renibacter salmoninarum*. *Immunology*, **99**: 153-161.
- DEZFULI B.S., CAPUANO S., MANERA M., 1998. A description of rodlet cell from the alimentary canal of *Anguilla anguilla* and their relationship with parasitic helminths. *Journal of Fish Biology*, **53**: 1084-1095.
- DEZFULI B.S., SIMONI E., REMIGIO R., MANERA M., 2000. Rodlet cells and other inflammatory cells of *Phoxinus phoxinus* infected with *Raphidascaris acus* (Nematoda). *Disease of Aquatic Organism*, **43**: 61-69.
- DEZFULI B.S., GIARI L., SIMONI E., BOSI G., MANERA M., 2002. Histopathology, immunohistochemistry and ultrastructure of the intestine of *Leuciscus cephalus* naturally infected with *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala). *Journal of Fish Diseases*, **25**: 7-14.
- DEZFULI B.S., GIARI L., KONECNY R., JAEGER P., MANERA M., 2003. Immunohistochemistry, ultrastructure and pathology of gills of *Abramis brama* from lake Mondsee, Austria, infected with *Ergasilus sieboldi* (Copepoda). *Disease of Aquatic Organism* **53**: 257-262.
- DOGIEL V.A., PETRUSHEVSKII G.K., POLYANSKI Y.I., 1958. *Parasitology of fishes*. Leningrad University Press. (in Russian: English translation: Oliver & Boyd Ltd, London, 1961: 384).
- EINSZPORN-ORECKA T., 1973. Changes in the picture of peripheral blood of tench, *Tinca* (L.) under the influence of *Ergasilus sieboldi* Nordmann, II. Changes in the leucocytic system. *Acta Parasitologica Polonia*, **21**: 485-499.
- EIRAS J.C., REGO A.A., PAVANELLI G.C., 1986. Histopathology in *Paulicea lutkeni* (Pisces: Pimelodidae) resulting from infection with *Megathylacus brooksi* and *Jauela glandicephalus* (Cestoda: Proteocephalidae). *Journal of Fish Biology*, **28**: 359-365.
- KABATA Z., 1970. Crustacea as enemies of fishes. In: Snieszko S.F., Axelrod H.R. (ed), *Diseases of fishes*. Bock 1. TFH Publishers, Jersey City, PA.
- KABATA Z., 1984. Diseases caused by metazoans: crustaceans. In: Kinne O. (ed). *Diseases of marine animals*. Vol IV, Part 1. Introduction, Pisces. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg: 321-399.
- KABATA Z., COUSENS B., 1977. Host-parasite relationship between sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka* and *Salmincola californiensis* (Copepoda: Lernaepodidae). *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, **34**: 191-202.
- KENNEDY M., FITZMAURICE P.C., 1968. The biology of the bream *Abramis brama* L. in Irish waters. *Proceedings of the Royal Irish Academy*, **67B**, No. 5: 157.
- LEINO R.L., 1979. The effects of periodic acid-silver methenamine staining and protease digestion on the secretory granules of rodlet cells. In: Bailey G.W. (ed), *Thirtyseventh Annual Meeting of the Electron Microscopy Society of America*. Baton Rouge, Louisiana: 310-311.
- LEINO R.L., 1996. Reaction of rodlet cells to a myxosporean infection in kidney of the bluegill, *Lepomis macrochirus*. *Canadian Journal of Zoology*, **74**: 217-225.
- MANERA M., SIMONI E., DEZFULI B.S., 2001. The effect of dexametazone on the occurrence and ultrastructure of rodlet cells in goldfish. *Journal of Fish Biology*, **59**: 1239-1248.
- MOTTA AMADO M.A.P., ROCHA C.E.F., 1995. Três novas espécies de copepodas parasitas do gênero *Ergasilus* (Poecilostomatoida, Ergasilidae), copepodas em filamentos branquiais de peixe mugilideos do Brasil. *Nauplius*, **3**: 33-48.
- MURAGA K., KAWATOW K., ICHIZONO H., 1981. Infestation by *Allela macrotrachelus* (Copepoda) of cultured black seabream. *Fish Pathology*, **16**: 139-144.
- NIGRELLI R.F., 1950. Lymphocystis disease and ergasilid parasites in fishes. *Journal Parasitology*, **36**: 36.
- REICHENBACH-KLINKE H., ELKAN E., 1965. Part I. Fish. In: Reichenbach-Klinke H., Elkan E. (eds.), *The Principal Diseases of Lower Vertebrate*. Academic press, London and New York: 108-109.
- ROUBAL F.R., 1989. Comparative pathology of some monogenean and copepod ectoparasite on the gills of *Acanthopagrus australis* (family Sparidae). *Journal of Fish Biology*, **34**: 503-514.
- SUTHERLAND D.R., WITTRICK D.D., 1985. The effects of *Salmincola californiensis* (Copepoda: Lernaepodidae) on the gills of farm-raised rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Canadian Journal of Zoology*, **63**: 2893-2901.

Osservazioni istologiche ed ultrastrutturali in cavedani, *Leuciscus cephalus*, trattati con un erbicida

Luisa Giari¹, Edi Simoni¹, Cecilia Alessandri¹, Elisa Carta¹,
Donatella Palazzi², Maurizio Manera³, Bahram Sayyaf Dezfuli^{1*}

¹ Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Ferrara, V. L. Borsari 46 - 44100 Ferrara

² A. R. P. A. (Agenzia Regionale per la Prevenzione e l'Ambiente) sezione di Ferrara, C.so Giovecca 169 - 44100 Ferrara

³ Dipartimento di Scienze degli Alimenti dell'Università degli Studi di Teramo, P.zza A. Moro 45 - 64100 Teramo

* Referente per la corrispondenza: fax 0532 249761; dzb@unife.it

Riassunto

Per valutare gli effetti dell'erbicida Propanil (3-4 dicloropropionanilide) sui tessuti e sulle cellule dei pesci, è stato condotto un esperimento tossicologico su 36 esemplari di *Leuciscus cephalus* (L.). I cavedani sono stati esposti a diverse concentrazioni del tossico (0 mg/L; 3,16 mg/L; 6,31 mg/L; 12,6 mg/L; 25,1 mg/L) e sacrificati a vari intervalli di tempo (t_{0h} , t_{24h} , t_{48h}). Da ciascun pesce sono stati prelevati frammenti dei principali organi (cuore, branchie, rene, fegato, intestino) e trattati per lo studio istologico al microscopio ottico e per quello ultrastrutturale al microscopio elettronico. L'indagine si è focalizzata soprattutto sulle rodlet cells (RCs), una particolare linea cellulare presente solo nei pesci. Dal confronto fra le RCs nei cavedani trattati e quelle negli esemplari di controllo (cioè non esposti all'erbicida) è emerso che l'abbondanza, la distribuzione e la morfologia di queste cellule è influenzata dal Propanil: all'aumentare della concentrazione dell'erbicida, il numero delle RCs cala nel bulbo arterioso del cuore, mentre cresce nelle branchie. Inoltre, in diversi organi dei soli pesci esposti, le RCs presentano anomalie ultrastrutturali e sintomi di degenerazione. Come confermano i risultati ottenuti con questo esperimento, le RCs rispondono in modo sensibile a fattori di stress e potrebbero quindi essere prese in considerazione come bioindicatori.

PAROLE CHIAVE: Propanil / cavedani / rodlet cells / ittiotossicità / bioindicatori

A histological and ultrastructural study on chubs, *Leuciscus cephalus* exposed to a herbicide

A toxicity test was realized to assess the effects of the herbicide Propanil (3-4 dicloropropionanilide) on tissues and cells of chub. Thirty-six specimens of *Leuciscus cephalus* (L.) were exposed to different concentrations of Propanil (0 mg/L; 3.16 mg/L; 6.31 mg/L; 12.6 mg/L; 25.1 mg/L) and dissected at 0, 24 or 48 hours after exposure. Pieces of the main organs (heart, gills, liver, kidney and intestine) from each fish were fixed and processed for light and electron microscopy. The present study was focused on rodlet cells (RCs). The occurrence and distribution of these cells were affected by Propanil: increasing concentrations of the herbicide were associated with a linear augmentation of RCs in the gills and with an exponential depletion of the same cells in the arteriosus bulbus. Moreover, in different organs of the exposed chub were found rodlet cells with ultrastructural changes and signs of degeneration. Finally, these results confirm that RCs are very sensitive to stress and so could be used as bioindicator of water quality.

KEY WORDS: Propanil / chub / rodlet cells / ichthyotoxicity / bioindicator

INTRODUZIONE

Il Propanil è il più noto ed utilizzato erbicida a livello mondiale per il controllo delle infestanti nelle risaie (MOORE e FARRIS, 1997). La sua tossicità e la sua modalità d'azione sono state ampiamente valutate per i mammiferi (CHOW e MURPHY, 1975); per quanto riguarda gli effetti sui pesci, invece, sono disponibili poche segnalazioni incentrate sulla letalità acuta (DAVEY *et al.*, 1976; McCROKLE *et al.*, 1977; CALL *et al.*,

1983). Secondo quanto rilevato da CALL e collaboratori (1983) su esemplari di *Pimephales promelas*, il Propanil risulta molto tossico per i pesci.

L'erbicida in questione viene comunemente usato anche nel territorio ferrarese, che conta circa 8000 ettari coltivati a riso (dati forniti dall'Ente Nazionale Riso), e finisce inevitabilmente nelle acque dei canali d'irrigazione. Si è quindi ritenuto interessante condur-

re alcune prove in laboratorio per documentare gli effetti a livello cellulare dell'esposizione al Propanil sulla specie ittica, *Leuciscus cephalus* (L.), valutando in particolare la risposta delle rodlet cells (RCs). Tali cellule esclusive dei pesci, descritte per la prima volta da Thélohan nel 1892, sono state riscontrate in diversi organi esterni ed interni (soprattutto a livello epiteliale) e nel circolo sanguigno, in varie specie di teleostei, sia marini sia d'acqua dolce (DEZFULI *et al.*, 1998; MANERA *et al.*, 2001). Da un punto di vista morfologico si caratterizzano per un nucleo basale, una capsula di aspetto fibrillare, posta al di sotto della membrana plasmatica, ed inclusioni elettrondense a forma di bastoncino, chiamate "rodlets", a cui devono il nome (LEINO, 1974). Le RCs fanno parte del sistema di difesa dei pesci e sembrano giocare un importante ruolo nella risposta infiammatoria aspecifica cellulomediata, contro organismi patogeni (LEINO, 1996; DEZFULI *et al.*, 1998, 2000) e altri fattori di stress ambientale (LEINO, 1974; IGER e ABRAHAM, 1997). Per la prima volta, con questo esperimento, viene valutata la relazione fra RCs ed esposizione ad un erbicida, in particolare l'influenza esercitata dal Propanil sulla distribuzione e sull'ultrastruttura di tali cellule.

MATERIALI E METODI

Trentasei cavedani (di lunghezza totale variabile fra i 105 e i 137 mm e di peso compreso tra i 7 e i 21 g), provenienti da un allevamento di Cento (FE), sono stati stabulati per una settimana in acquario. I pesci sono stati tenuti a digiuno per cinque giorni prima dell'inizio dell'esperimento e durante tutto il tempo del test, come suggerito da LENNON e WALKER (1964), al fine di evitare interferenze connesse alla permanenza di cibo nell'intestino ed al fine di standardizzare il saggio di ittiotossicità, in considerazione del fatto che lo stato nutrizionale, con particolare riguardo al tenore proteico della dieta, è in grado di influenzare la resistenza degli animali ai tossici (MURTY, 1986; SPRAGUE, 1990).

Gli esemplari sono stati divisi in 6 gruppi, ciascuno composto da 6 esemplari. Il primo è rimasto nell'acquario di stabulazione (gruppo di controllo), il secondo è stato trasferito in una vasca con acqua pulita soggetto solo allo stress da manipolazione (bianco), mentre i restanti 4 sono stati sottoposti a crescenti concentrazioni dell'erbicida (3,16 mg/L; 6,31 mg/L; 12,6 mg/L; 25,1 mg/L) allestite secondo una serie ad intervalli logaritmici uguali (BLUNDO *et al.*, 1994). Tali concentrazioni sono state individuate estrapolando i dati di tossicità acuta relativi ad altre specie ittiche (dati forniti da A.R.P.A sezione di Ferrara), in mancanza di specifici riferimenti bibliografici circa la tossicità del Propanil in *L. cephalus*, con l'intento di saggiare concentrazioni che esercitassero certamente un'azione tossica

cl clinicamente rilevabile (iporiflessia, ariflessia) e che permettessero l'individuazione della LC_{50} (concentrazione letale del 50%).

All'inizio del test, dopo 24 e dopo 48 ore di esposizione, sono stati sacrificati e dissezionati 2 cavedani per gruppo, seguendo i protocolli di sperimentazione animale in uso all'ARPA. Da ogni esemplare sono stati quindi prelevati frammenti dei principali organi (cuore, branchie, rene, fegato e intestino). I campioni di tessuti destinati allo studio istologico sono stati fissati in liquido di Bouin per 7-8 ore, disidratati nella serie degli alcool etilici ed inclusi in paraffina e le sezioni (dello spessore di 5-7 micron) colorate con la metodica tricromica di Azan-Mallory. Per effettuare l'analisi biometrica (ANOVA, regressione lineare ed esponenziale), le RCs sono state conteggiate in 10 aree di dimensioni pari a $636172 \mu m^2$ scelte a caso nelle sezioni istologiche dei diversi organi. I dati numerici così ottenuti sono stati preventivamente sottoposti a trasformazione quadratica prima dell'applicazione dell'analisi dei test statistici. I frammenti di tessuti per l'indagine ultrastrutturale, della grandezza di circa 7 mm, sono stati fissati in glutaraldeide (2%), lavati in tampone cacodilato (0,1 M, pH 7,2), post-fissati in tetrossido di osmio (1%), lavati nello stesso tampone, disidratati in soluzioni alcooliche crescenti (50-70-80-90-95-100% etanolo) e quindi inclusi in una miscela di resine Epon-Araldite. Sezioni semifini dei tessuti inclusi in resina sono state tagliate utilizzando un ultramicrotomo Reichert Om2 a lame di vetro, colorate con blu di metilene e osservate al microscopio ottico. Sezioni ultrafini sono state tagliate con un ultramicrotomo Reichert Ultracut, colorate con acetato di uranile e citrato di piombo e osservate con un microscopio elettronico a trasmissione, Hitachi, presso il Centro di Microscopia Elettronica dell'Università di Ferrara.

RISULTATI

Non tutti i 36 cavedani sono sopravvissuti fino alla fine dell'esperimento. I pesci della vasca 5 (con la massima concentrazione di Propanil usata, superiore alla ${}_{24-48h}LC_{50} = 17,75 \text{ mg/L}$) sono morti tutti entro 6 ore dall'esposizione all'erbicida e, non potendone garantire un pronto trattamento, finalizzato ad evitare i fenomeni autolitici postmortalì, non sono stati considerati ai fini della presente sperimentazione. Le RCs sono state osservate in tutti gli organi campionati, con abbondanza variabile secondo il tessuto. Sono state rinvenute numerose RCs nel bulbo arterioso del cuore, sotto l'endotelio o libere nel lume, e nelle branchie, soprattutto nella lamella primaria e, talvolta, anche in quella secondaria. Un modesto numero delle suddette cellule è stato riscontrato entro i sinusoidi epatici del fegato e nei dotti biliari, nell'epitelio dei dotti collettori

dei reni e nell'epitelio intestinale.

Valutazioni biometriche

Da un punto di vista statistico, il cuore e le branchie sono apparsi gli organi più interessanti. Il bulbo arterioso ha manifestato una differenza significativa (ANOVA; $P < 0,01$) nel numero delle RCs ai diversi tempi di campionamento (t_0 vs t_{24} vs t_{48}): si verificava un calo esponenziale del numero totale di queste cellule all'aumentare del tempo di esposizione al tossico ($y = 40,878e^{-0,0598x}$; $R^2 = 0,8584$; $P < 0,01$). Per quanto riguarda la variazione nel numero delle RCs in funzione della concentrazione del Propanil, si è registrata una tendenza opposta fra cuore e branchie. All'aumentare della dose dell'erbicida (0 mg/L vs 3,16 mg/L vs 6,31 mg/L vs 12,6 mg/L) il numero delle RCs nel bulbo arterioso decresceva in maniera lineare ($y = -0,133x + 3,049$; $R^2 = 0,9132$; $P < 0,01$) mentre nelle branchie aumentava ($y = 0,0626x + 1,5096$; $R^2 = 0,9506$; $P < 0,01$) (Fig. 1).

Negli altri organi esaminati (fegato, rene e intestino) non si sono osservate differenze significative del numero delle RCs nei pesci esposti al Propanil e in quelli di controllo, ai diversi campionamenti, né tra gli esposti ed i controlli.

Osservazioni al M.E.

Alterazioni ultrastrutturali sono state osservate nelle RCs di tutti i pesci esposti al tossico, principalmente nelle branchie (Fig. 2a) e nell'intestino e, seppur non sia stata condotta una specifica valutazione statistica in tal senso, l'impressione, all'osservazione ultrastrutturale, è stata a favore di una tendenza alla progressione del danno all'aumentare della concentrazione e del tempo di esposizione. Dentro il citoplasma di queste cellule si è osservata la comparsa di corpi lamellari e

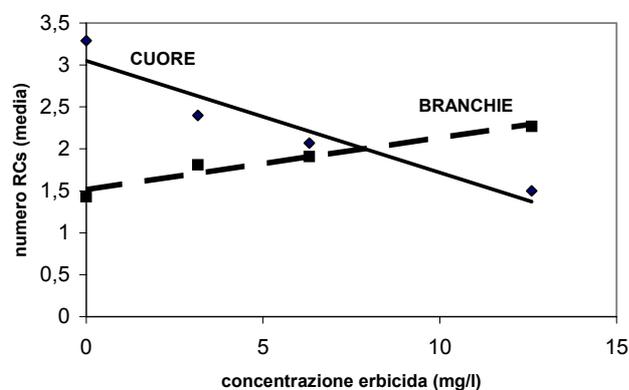


Fig. 1. Decremento e aumento lineare delle RCs rispettivamente nel bulbo arterioso (linea continua) e nelle branchie (linea spezzata), entrambi in funzione della concentrazione dell'erbicida.

membranosi, che si trovavano liberi o contenuti in autofagosomi; tali strutture possono essere considerate figure o corpi mielinici.

Nell'epitelio intestinale e in quello branchiale di cavedani trattati con l'erbicida, le RCs presentavano spesso la capsula deformata, con un'insolita ondulazione. Spesso nei rodlets si notava una separazione nella matrice granulare periferica, ovvero una granulazione grossolana verso la zona apicale e una granulazione più fine nella restante porzione; tali inclusioni, inoltre, assumevano un aspetto contratto e forma tondeggiante.

Oltre a queste anomalie, sono stati osservati diversi gradi di degenerazione delle rodlet cells: coagulazione, alta vacuolizzazione (Fig. 2b), dissoluzione della membrana che avvolge i rodlets e della loro matrice, rarefazione del citoplasma attorno alle inclusioni.

Un altro risultato interessante è emerso dall'osservazione della struttura dei mitocondri: quelli delle RCs di cavedani esposti per 24 e 48 ore ad elevate concentrazioni del tossico appaiono in fase degenerativa, a differenza di quanto osservato nelle cellule tessutali adiacenti (Fig. 2c). Questi organuli, invece, risultano normali nei pesci esposti a basse concentrazioni dell'erbicida (3,16 mg/L) e in quelli di controllo.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Gli agenti inquinanti immessi in ambiente acquatico, intenzionalmente o accidentalmente, costituiscono una minaccia per la salute e la sopravvivenza dei pesci e di altri organismi acquatici. È noto che molti composti chimici risultano immunotossici per i mammiferi, mentre relativamente poche informazioni sono disponibili sulle risposte della fauna ittica a tali contaminanti (O'HALLORAN *et al.*, 1998). In diversi paesi europei mancano dati sugli effetti tossici del Propanil, prodotto largamente utilizzato in risicoltura per il controllo delle infestanti (EUROPEAN DIRECTORY OF AGROCHEMICAL PRODUCTS, 1989) e non esistono in letteratura segnalazioni sul rapporto fra erbicidi e RCs.

Diverse forme di stress, fra cui il contatto con sostanze chimiche estranee e l'infestazione parassitaria, sono in grado di determinare un incremento numerico delle RCs (IGER e ABRAHAM, 1997; DEZFULI *et al.*, 1998). ABRAHAM *et al.* (2001) hanno descritto la presenza di RCs e cambiamenti a livello del rene di carpa in risposta a variazioni nella salinità, supponendo il coinvolgimento di un meccanismo di controllo endocrino. In particolare i due ricercatori israeliani, sottoponendo carpe e trote iridee a vari tipi di insulti (basso pH, metalli pesanti, ferimento della cute, acqua distillata, elevato carico organico), hanno rilevato la comparsa di RCs nella pelle dei pesci trattati e l'assenza delle stesse nell'epitelio degli esemplari di controllo, eviden-

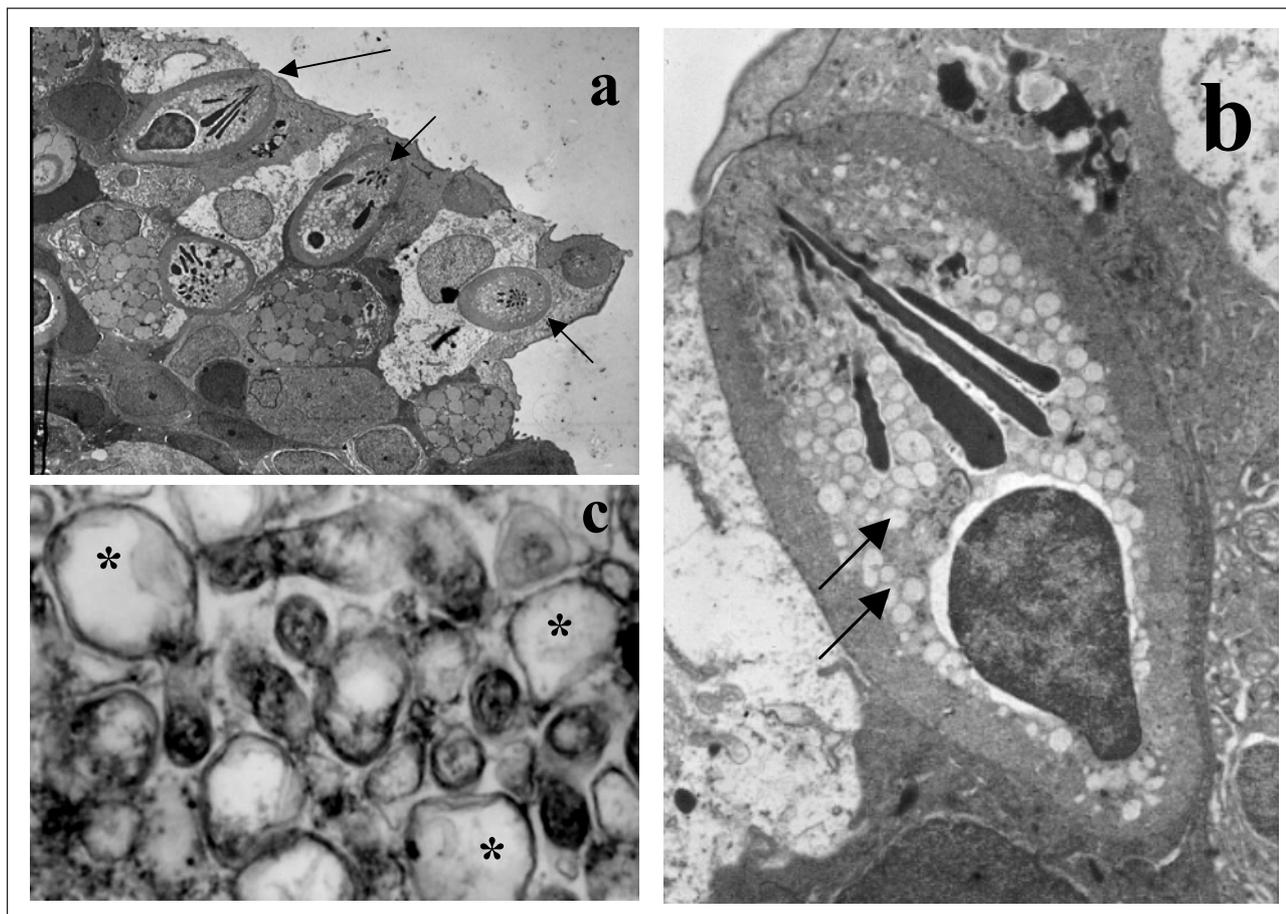


Fig 2. RCs di cavedani trattati con Propanil 12,6 mg/L: **a)** alcune RCs nella lamella branchiale primaria (→); **b)** maggiore ingrandimento dell'immagine precedente: mostra una RC con numerosi vacuoli nel citoplasma (→); **c)** mitocondri in degenerazione (*).

ziando in tal modo che la presenza di queste cellule è stress-dipendente (IGER e ABRAHAM, 1997).

Dai dati sull'esposizione dei cavedani al Propanil emerge che l'unica differenza significativa riscontrata nel numero delle RCs si verifica in due organi (bulbo arterioso del cuore e branchie) i quali sono strettamente correlati dal punto di vista sia anatomico che funzionale. In accordo con l'emodinamica, il bulbo arterioso e le branchie possono essere considerati rispettivamente come un depulsatore, a bassa capacità di isteresi, e come un resistore (BUSHNELL e JONES, 1992). Questo implica l'intervento di entrambe le strutture nella regolazione della pressione ematica, diastolica e sistolica (BUSHNELL e JONES, 1992). Le branchie, inoltre, possiedono un seno venoso centrale, rientrante nel così detto sistema vascolare secondario, il quale drena parte del sangue proveniente dalle arterie branchiali efferenti al cuore, causando un parziale ricircolo del sangue branchiale (PAYAN e GIRARD, 1984). Il calo esponenziale delle RCs entro il bulbo arterioso all'au-

mentare della concentrazione del Propanil, osservato nell'esperimento, in accordo con considerazioni di ordine modellistico (ODUM e ODUM, 2000), porta a supporre una funzione di stoccaggio del cuore che fungerebbe quindi da organo di deposito e di pronta espulsione dei rodlets nel torrente ematico (circolo sistemico) da parte di tali cellule, le quali, invece, aumentano nelle branchie, distretto che per primo e più direttamente viene a contatto con il tossico.

L'insieme dei risultati ottenuti permette di avanzare la seguente ipotesi. Gli ormoni (catecolamine e glucocorticoidi), secreti a causa dello stress dovuto alla presenza dell'erbicida, inducono un'intensa diminuzione delle RCs nel bulbo arterioso a seguito di un aumento della attività di espulsione. Il prodotto rilasciato dalle RCs attraverso il torrente sanguigno giungerebbe alle branchie, dove sarebbe in grado di indurre l'aumento locale delle RCs, mediante il reclutamento di stadi immaturi e/o mitosi di precursori *in situ* o per provenienza da tessuti ed organi non ancora individuati. La

presenza di un ricircolo e quindi di un sistema “auto-rinforzante” formato dalle branchie e dal cuore può spiegare perché gli altri organi (es. rene, intestino e fegato) non manifestino questa dinamica. Per quanto attiene alla sensibilità delle RCs allo stress, in generale, ed ai glicocorticoidi, in particolare, i nostri dati concordano con quanto precedentemente riportato da IGER e ABRAHAM (1997) e da MANERA *et al.* (2001). Capacità chemiotattiche espresse dalle RCs sono state precedentemente proposte da SMITH *et al.* (1995) ed indirettamente documentate da SFACTERIA *et al.* (2001), a seguito dell’identificazione immunostochimica di TNF (tumour necrosis factor) –citochina pro-infiammatoria– in RCs.

In riferimento alle anomalie ultrastrutturali delle RCs, i corpi lamellari osservati sono considerati alla stregua di arrangiamenti laminari di organuli cellulari membranosi che si formano per degenerazione o a causa di un danno cellulare (CHEVILLE, 1994). I corpi membranosi e le anomalie riscontrate a livello dei rodlets (separazione della matrice granulare e dissoluzione della membrana) sono stati osservati anche in cavedani esposti a metalli pesanti (DEZFULI, osserv. pers.). Per quanto

concerne le alterazioni delle inclusioni, POTTER e KRAMER (2001) hanno evidenziato, in esemplari di *Xiphophorus maculatus*, rodlets con il “core” prolungato nella parte posteriore in RCs in fase degenerativa. Vacuolizzazione, dissoluzione dei granuli e condensazione dei rodlets in degenerazione sono fenomeni descritti anche in granuli secretori e lisosomi di molti altri tipi cellulari durante varie condizioni patologiche (GHADIALLY, 1997a, b).

L’assenza di anomalie e di fenomeni degenerativi nei pesci di controllo (acquario e bianco) è indice dell’effetto imputabile al Propanil piuttosto che di una risposta aspecifica allo stress (DEZFULI *et al.*, 2001).

Concludendo, l’esperimento condotto mette in relazione la distribuzione e la struttura delle RCs con l’azione tossica dell’erbicida. I cambiamenti ultrastrutturali di queste cellule, rilevati dall’indagine al TEM, unitamente ai dati biometrici sulla loro presenza/abbondanza nei vari organi, indicano chiaramente l’influenza esercitata dal Propanil e suggeriscono la possibilità di utilizzare le RCs come sensibili biomarcatori di situazioni di stress e/o di esposizione a sostanze xenobiotiche.

BIBLIOGRAFIA

- ABRAHAM M., IGER Y., ZHANG L., 2001. Fine structure of the skin cells of a stenohaline freshwater fish *Cyprinus carpio* exposed to diluted seawater. *Tissue & Cell*, **33**: 46-54.
- BLUNDO C.M., CAMPANELLA L., CAPRI S., LA NOCE T., LIBERATORI A., PAGNOTTA R., PETTINE M., 1994. *Metodi analitici per le acque*. IRSA-CNR (eds.). Istituto poligrafico e Zecca dello Stato, Roma: 332-336.
- BUSHNELL P.G., JONES D.R., 1992. The arterial system. In: Hoar W.S., Randall D.J., Farrel A.P. (eds.), *Fish physiology*. Academic Press, San Diego: XII part A: 89-139.
- CALL D.J., BROOKE L.T., RAYMOND J.K., KNUTH M.L., ANDERSON C., MORIARITY C., 1983. Toxicity, bioconcentration, and metabolism of the herbicide Propanil (3', 4'-Dichloropropionanilide) in freshwater fish. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **12**: 175-182.
- CHEVILLE N.F., 1994. Interpretation of acute cell injury: degeneration. In: Cheville N.F. (ed.), *Ultrastructural pathology*. Iowa State University Press, Ames, 51-xx.
- CHOW A. Y.K., MURPHY S.D., 1975. Propanil (3, 4-Dichloropropionanilide)-induced methemoglobin formation in relation to its metabolism in vitro. *Toxicology and Applied Pharmacology*, **33**: 14-20.
- DAVEY R.B., MEISCH M.V., CARTER F.L., 1976. Toxicity of five rice-field pesticides to the mosquitofish, *Gambusia affinis*, and green sunfish, *Lepomis cyanellus*, under laboratory and field conditions in Arkansas. *Environmental Entomology*, **5**: 1053.
- DEZFULI B.S., CAPUANO S., MANERA, M., 1998. A description of rodlet cells from alimentary canal of *Anguilla anguilla* and their relationship with parasitic helminths. *Journal of Fish Biology*, **53**: 1084-1095.
- DEZFULI B. S., SIMONI E., ROSSI R., MANERA M., 2000. Rodlet cells and other inflammatory cells of *Phoxinus phoxinus* infected with *Raphidascaris acus* (Nematoda). *Diseases of Aquatic Organisms*, **43**: 61-69.
- DEZFULI B.S., GIARI L., SIMONI E., PALAZZI D., BOLDRINI P., MANERA M., 2001. Alteration of rodlet cells of the fish *Leuciscus cephalus* as response to herbicide-contaminated water: laboratory exposures. In: *First International Rodlet Cell Workshop*, Ferrara, Italy, 14-16 giugno 2001. Abstract 4.
- EUROPEAN DIRECTORY OF AGROCHEMICAL PRODUCTS, 1989. *Herbicides*. Hamish K., Hartely D., Kennedy J. M., James D. R., (eds) 2: 692-695.
- GHADIALLY F.N., 1997a. Lysosomes. In: Ghadially F. N. (ed.), *Ultrastructural pathology of the cell and matrix*. Butterworths, London, I: 619-802.
- GHADIALLY F.N., 1997b. Golgi complex and secretory granules. In: Ghadially F. N. (ed.), *Ultrastructural pathology of the cell and matrix*. Butterworths, London, I: 343-432.
- IGER Y., ABRAHAM M., 1997. Rodlet cells in the epidermis of fish exposed to stressors. *Tissue & Cell*, **29**: 431-438.
- LEINO R.L., 1974. Ultrastructure of immature, developing, and

- secretory rodlet cells in fish. *Cell Tissue Research*, **155**: 367-381.
- LEINO R. L., 1996. Reaction of rodlet cells to a myxosporean infection in kidney of the bluegill, *Lepomis macrochirus*. *Canadian Journal of Zoology*, **74**: 217-225.
- LENNON R.E., WALKER C.R., 1964. Laboratories and methods for screening fish-control chemicals. In: *Investigations in fish control 1*. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife Service Circular 185. Washington D.C.: Fish and Wildlife Service, U.S. Department of the Interior.
- MANERA M., SIMONI E., DEZFULI B.S., 2001. The effect of dexamethasone on the occurrence and ultrastructure of rodlet cells in goldfish. *Journal of Fish Biology*, **59**: 1239-1248.
- MCCROKLE F.M., CHAMBERS J.E., YARBROUGH J.D., 1977. Acute toxicities of selected herbicides to fingerling channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **18**: 267.
- MOORE M.T., FARRIS J.L., 1997. Acute and chronic toxicity of the herbicide Stam M-4 in field and laboratory exposures. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **33**: 199-202.
- MURTY A.S., 1986. *Toxicity of pesticide to fish*. Vol I. CRC Press, Boca Raton.
- ODUM H.T., ODUM E. C., 2000. *Modelling for all scales: an introduction to system stimulation*. Academic Press, San Diego: 77-94.
- O'HALLORAN K., AHOKAS J. T., WRIGHT P.F.A., 1998. Response of fish immune cells to in vitro organotin exposures. *Aquatic Toxicology*, **40**: 141-156.
- PAYAN P., GIRARD J.P., 1984. Branchial ion movements in teleosts: the roles of respiratory and chloride cells. In: Hoar W. S., Randall D. J. (eds), *Fish physiology*. Academic Press, San Diego, X, part B: 39-63.
- POTTER H., KRAMER C., 2001. Ultrastructural observations on rodlet cells in the head kidney of the platyfish, *Xiphophorus maculatus* (Teleostei: Poeciliidae). In: *First International Rodlet Cell Workshop*, Ferrara, Italy, 14-16 giugno 2001. Abstract 2.
- SFACTERIA A., COSTANTINO G., MARINO F., MAZZULLO G., DE VICO G., 2001. Expression of Tumour Necrosis Factor (TNF) in rodlet cells from pathological fish tissue: immunohistochemical study. In: *First International Rodlet Cell Workshop*, Ferrara, Italy, 14-16 giugno 2001. Abstract 11.
- SMITH S.A., CACECI T., MAREI H.E-S., EL-HABBACK H.A., 1995. Observations on rodlet cells found in the vascular system and extravascular space of angelfish (*Pterophyllum scalare scalare*). *Journal of Fish Biology*, **46**: 241-254.
- SPRAGUE J.B., 1990. Aquatic toxicology. In: Schreck C.B., Moyle P.B. (eds), *Methods for fish biology*. American Fisheries Society, Bethesda: 491-528.

Istochimica dei gliconiugati di secrezione del canale alimentare di storioni (*Acipenser transmontanus*): comparazione tra animali a crescita normale e “runt”

Alessia Di Giancamillo*, Giampaolo Bosi, Silvana Arrighi, Cinzia Domeneghini

Dip. Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare, Università degli Studi di Milano, Via Trentacoste, 2–20134 Milano

* Referente per la corrispondenza: Fax 02 50315746; alessia.digiancamillo@unimi.it

Riassunto

Nell'allevamento dello storione bianco americano (*Acipenser transmontanus*) può capitare che alcuni soggetti improvvisamente cessino di alimentarsi, con conseguente forte riduzione della crescita e nuoto rallentato (storioni “runt”). Questo fenomeno è verosimilmente polifattoriale, e nella sua insorgenza lo stress è probabilmente importante. I fattori ambientali stressanti possono determinare ripercussioni sull'attività morfo-funzionale dell'apparato digerente, in quanto esso è costantemente esposto alle forze ambientali tramite l'ingresso del cibo. Per questo motivo abbiamo condotto osservazioni in parallelo sul canale alimentare di storioni a crescita normale e di storioni “runt”, impiegando reazioni istochimiche (PAS ed Alcian blu pH 2,5), che sono in grado di individuare i gliconiugati acidi e neutri prodotti dalle cellule mucipare. I risultati hanno evidenziato notevoli differenze di tipo quali-quantitativo tra i due gruppi di storioni e si può osservare che nei “runt” il canale alimentare presenta una netta preponderanza di produzione acida, mentre negli storioni a crescita normale la produzione dei gliconiugati di secrezione neutri ed acidi è più in equilibrio. Anche l'aspetto morfologico generale della mucosa presenta anomalie nei “runt” rispetto ai normali. Possiamo quindi concludere che la situazione ambientale si ripercuote sul canale alimentare degli storioni “runt” con alcuni quadri di significativa differenziazione rispetto agli storioni a crescita normale.

PAROLE CHIAVE: *Acipenser transmontanus* / storioni runt / canale alimentare / gliconiugati

Gut glycoconjugates in the sturgeon (*Acipenser transmontanus*). A comparative histochemical study in normal and runt animals

In the fish farm of american white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) is not an unusual event that within a same stock, some sturgeons show an irregular to difficult access to food (“runt” sturgeons) and, if prolonged, this in turn results in a slower rate of growth if compared with normally feeding fish. This condition is likely due to more than one cause, probably being the stress one of the most significant in cultural conditions. Stressors may influence the morpho-functional activity of gastrointestinal tract, because its surfaces are constantly exposed to the forces of external environment via the food intake. For this reason we have carried out observations in parallel upon the gut of “normal” versus “runt” sturgeons, utilizing histochemical reactions (PAS and Alcian Blue pH 2.5), which can describe the presence of neutral and acid glycoconjugates in mucous cells. Results revealed qualitative and quantitative differences between normal and “runt” sturgeon. We observed that in “runt” sturgeons the alimentary canal prevalently produce acidic glycoconjugates, while in normally feeding sturgeon the gut mucous cells produce both neutral and acidic glycoconjugates. In addition, the morphological observations also have evidenced an altered pattern in “runt” versus normal sturgeons. We can thus conclude that environmental conditions can significantly affect the guts of “runt” sturgeon.

KEY WORDS: *Acipenser transmontanus* / runt sturgeon / alimentary canal / glycoconjugates

INTRODUZIONE

Negli allevamenti di storione bianco americano (*Acipenser transmontanus*) può accadere improvvisamente che alcuni individui appartenenti ad un medesimo stock mostrino un irregolare o difficoltoso accesso al cibo, condizione che, se si prolunga nel tempo, determina una riduzione della crescita ed un nuoto

fortemente rallentato rispetto ai soggetti normali (storioni “runt”: GEORGIADIS *et al.*, 2000).

La comparsa degli storioni “runt” è verosimilmente dovuta a più di una causa, ma probabilmente lo stress, facile a realizzarsi nelle condizioni di allevamento intensivo, è una delle cause determinanti.

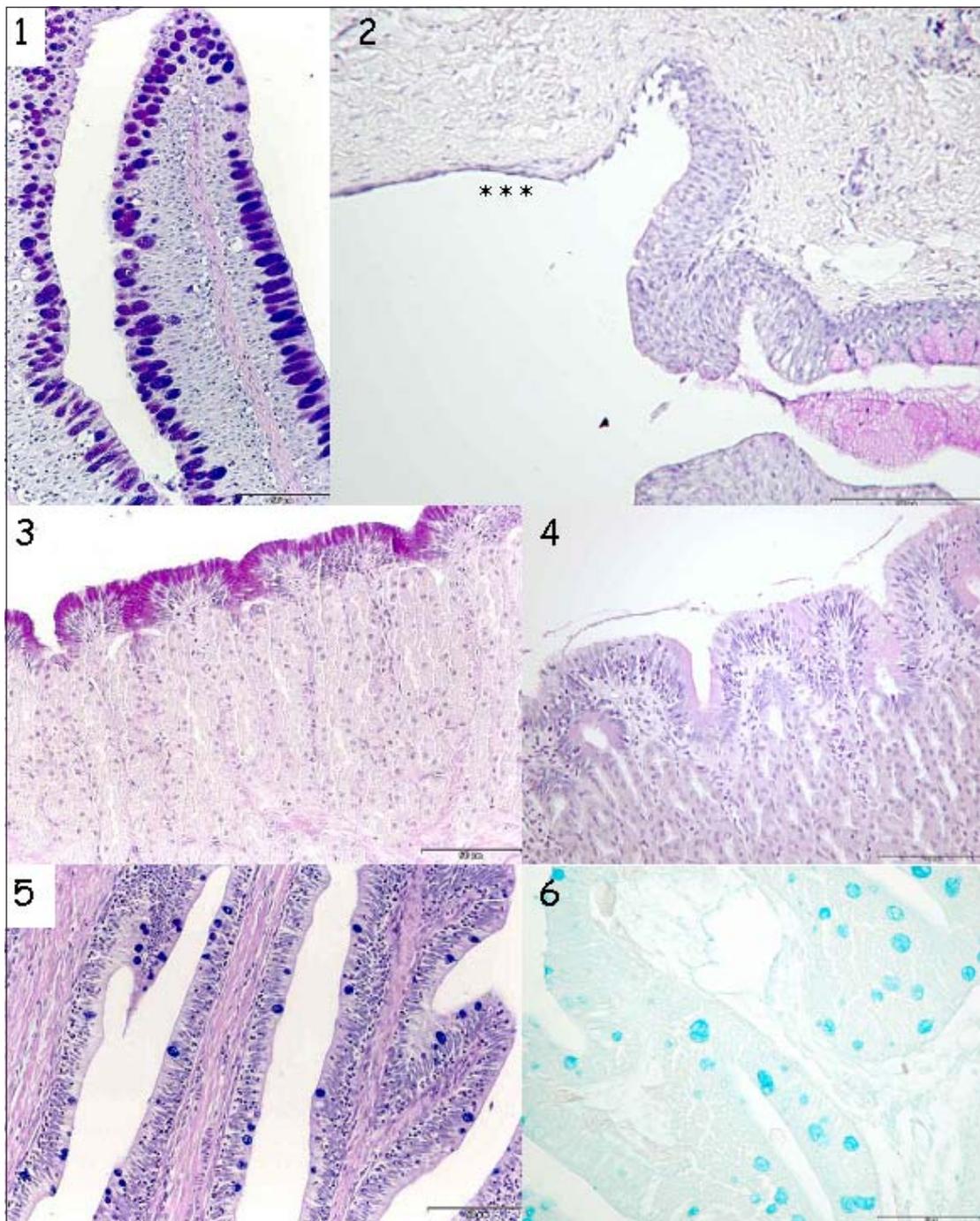


Fig. 1. Storione normale; intensa AB/PAS-positività delle cellule mucipare a livello di esofago distale (larghezza della barra: 100 μ m).
Fig. 2. Storione "runt"; ridotta PAS-positività a livello di esofago distale. Imponente disepitelizzazione (***) (larghezza della barra: 100 μ m).
Fig. 3. Storione normale; intensa PAS-positività a livello dell'epitelio secernente nello stomaco fundico (larghezza della barra: 100 μ m).
Fig. 4. Storione "runt"; debole PAS-positività a livello dell'epitelio secernente nello stomaco cardiaco (larghezza della barra: 100 μ m).
Fig. 5. Storione normale; intensa AB/PAS-positività a livello delle cellule mucose dell'intestino prossimale (larghezza della barra: 100 μ m).
Fig. 6. Storione "runt"; intensa AB reattività a livello di intestino medio, con edema della zona apicale delle pieghe intestinali (larghezza della barra: 50 μ m).

I fattori di stress sono in grado di influenzare alcuni quadri morfo-funzionali del canale digerente, in quanto le superfici di quest'ultimo sono costantemente esposte, tramite l'ingresso del cibo, alle forze ambientali ed alle loro variazioni.

In particolare, l'epitelio di rivestimento esercita un ruolo equilibratore e difensivo cruciale, attraverso la sua attività secretoria. Le cellule mucose, che insieme agli enterociti compongono l'epitelio di rivestimento del canale alimentare, sono deputate alla produzione di glicconiugati di natura neutra od acida; la composizione chimica di questi ultimi può modificarsi qualitativamente in risposta allo stress, poichè essi risentono dei cambiamenti osmotici, o possono addirittura esserne responsabili (SZAKOLCZAI, 1997; WENDELAAR BONGA, 1997).

Nel presente lavoro intendiamo, dunque, analizzare comparativamente in storioni a crescita normale e storioni "runt" le cellule mucose del canale alimentare, dal momento che nostri precedenti studi (DOMENEGHINI *et al.*, 1998, 1999; VEGGETTI *et al.*, 1999) hanno evidenziato che in condizioni normali i glicconiugati secreti dagli epiteli gastrointestinali mostrano nei vari organi e in specie diverse di pesci differenze di distribuzione e composizione chimica.

MATERIALI E METODI

Sono stati sacrificati 6 storioni provenienti dall'allevamento Agroittica Lombarda (Calvisano, Brescia), di cui 2 normali (lunghezza: 90-110 cm; peso: 8,5-10 kg) e 4 "runt". Questi ultimi animali erano della lunghezza e del peso rispettivamente di: 107cm e 7,8 kg; 103 cm e 2,9 kg; 93 cm e 2,7 kg; 90 cm e 1,9 kg.

Subito dopo la macellazione, l'apparato digerente è stato isolato e da ogni soggetto sono stati effettuati prelievi di esofago prossimale, esofago medio, esofago distale, stomaco cardiaco, stomaco fundico, stomaco pilorico, ciechi pilorici, intestino prossimale, intestino medio ed intestino distale, che sono stati poi fissati in paraformaldeide al 4% in PBS (phosphate buffered saline) per 24h a 4 °C. I campioni sono stati di seguito disidratati con serie crescenti di etanolo e quindi inclusi in paraffina.

Di seguito si è proceduto all'allestimento di sezioni di 7 µm ottenute al microtomo, poi colorate con ematossilina-eosina per le indagini morfologiche e con alcune reazioni istochimiche per mettere in evidenza i glicconiugati di secrezione. Le tecniche istochimiche impiegate sono state la reazione PAS (periodic acid Schiff), in grado di evidenziare i glicconiugati di secrezione neutri e la metodica Alcian blu (AB) 8GX pH 2,5 per i glicconiugati acidi, nonché la sequenza AB pH 2,5-PAS. Infine le sezioni sono state montate in maniera permanente in Eukitt. Le osservazioni sono state

eseguite con microscopio Olympus BX51 e le immagini acquisite con la fotocamera digitale Olympus Camera C-3030Zoom.

RISULTATI

Nelle tre porzioni di esofago prese in considerazione, la reattività delle cellule mucose alle colorazioni istochimiche presenta un andamento differente nei due gruppi di animali analizzati. Negli storioni a crescita normale la secrezione delle cellule mucose risulta essere sia neutra, che acida (Fig. 1), mentre in quelli "runt" la presenza dei glicconiugati, in particolare neutri, è molto ridotta (Fig. 2).

Nello stomaco degli storioni normali l'epitelio secernente è intensamente PAS-positivo (Fig. 3); nello stomaco dei "runt" si rileva, invece, una moderata reattività dell'epitelio secernente alla PAS (Fig. 4). Infine a livello delle porzioni intestinali si è osservata una certa equivalenza di produzione neutra ed acida da parte delle cellule mucose negli animali a crescita normale (Fig. 5), mentre nei "runt" esiste sicuramente una netta preponderanza della produzione acida (Fig. 6).

Dal punto di vista dell'analisi morfologica, in tutte le parti esaminate di canale digerente degli storioni "runt" si sono osservate zone di intensa disepitelizzazione (Fig. 2, 4, 6). Inoltre l'intestino medio presentava edema della parte apicale delle pieghe intestinali.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Nel presente studio sono state osservate modificazioni significative, sia morfologiche che istochimiche, nel canale alimentare degli storioni "runt" rispetto a quello degli animali a crescita normale, come precedentemente osservato da DOMENEGHINI *et al.* (1999).

Gli enterociti degli animali "runt" si caratterizzano per un più ricco contenuto di glicconiugati acidi rispetto ai neutri. La rilevanza fisiologica di differenti sottotipi di glicconiugati non è stata ancora completamente chiarita.

È stato suggerito che i glicconiugati acidi funzionino come agenti protettivi nei confronti della traslocazione microbica: infatti le mucine di tipo acido risultano essere meno degradabili da parte delle glicosidasi e dalle proteasi batteriche (DEPLANCKE e GASKINS, 2001).

Le alterazioni anatomiche da noi osservate sono state verosimilmente indotte da una combinazione di fattori.

Le condizioni ambientali, probabilmente stressogene, si sono verosimilmente tradotte in una generale condizione di disepitelizzazione ed in una produzione maggiore, rispetto ai normali, di glicconiugati acidi, potenzialmente più protettivi di quelli neutri nei confronti degli insulti ambientali.

BIBLIOGRAFIA

- DEPLANCKE B., GASKINS H.R., 2001. Microbial modulation of innate defense: goblet cells and the intestinal mucus layer. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **73**: 1131S-1141S.
- DOMENEGHINI C., STRAINI PANNELLI R., VEGGETTI A., 1998. Gut glycoconjugates in *Sparus aurata* (Pisces, Teleostei). A comparative histochemical study in larval and adult ages. *Histology and Histopathology*, **13**: 359-372.
- DOMENEGHINI C., ARRIGHI S., RADAELLI G., BOSI G., BERARDINELLI P., VAINI F., MASCARELLO F., 1999. Morphological and histochemical peculiarities of the gut in the white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *European Journal of Histochemistry*, **43**: 135-145.
- GEORGIADIS M.P., HEDRICK R.P., JOHNSON W.O., GARDNER P.A., 2000. Mortality and recovery of runt white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) in a commercial farm in California. *Prev. Med. Vet.*, **43**: 269-281.
- SZAKOLCZAI J., 1997. Histopathological changes induced by environmental stress in common carp, japanese coloured carp, european eel, and african catfish. *Acta Veterinaria Hungarica*, **45**: 1-10.
- VEGGETTI A., ROWLSON A., RADAELLI G., ARRIGHI S., DOMENEGHINI C., 1999. Post-hatching development of the gut and lateral muscle in the sole, *Solea solea*. *Journal of Fish Biology*, **55** (suppl.A): 44-65.
- WENDELAAR BONGA S.E., 1997. The stress response in fish. *Physiol. Rev.*, **77**: 591-625.

Sperimentazioni per la produzione di giovani lucci, *Esox lucius* L., ai fini di recupero dell'originaria popolazione del Lago di Massaciuccoli (Lucca - Italia)

Paolo Ercolini^{1*}, Gianluigi Alessio², Pierluigi Bianucci³, Emiliano Belletti², Giuliano Luigi Gandolfi²

¹ Ittiologo, via di Coli e Spezi 2653/b, Piano del Quercione, 55054 Massarosa (LU)

² Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale dell'Università, Parco Area delle Scienze 11/A, 43100 Parma

³ Biologo, via Puccini 352 - 55049 Viareggio (LU)

* Referente per la corrispondenza: paoler@tin.it

Riassunto

In prosecuzione di interventi per la conservazione e l'incremento della popolazione locale di *Esox lucius*, anche nella campagna ittiogenica 2001-2002 si è proceduto alla produzione di esocidi da destinarsi al ripopolamento delle acque del bacino di Massaciuccoli. La strategia prescelta ha puntato sostanzialmente su due tipi di tecniche di esocicoltura: a) riproduzione spontanea in ambiente "naturalizzato"; b) riproduzione artificiale ed incubazione delle uova con metodi collaudati o talora innovativi.

Con la riproduzione naturale è stata ottenuta una resa di 1 luccio/2,32 m² di bacino, invero non elevata, ma comunque apprezzabile. Sono stati recuperati 1293 soggetti con LT di mm 39-91 ad età compresa tra 50-70 giorni e, inoltre, 102 soggetti di LT intorno a 20-25 cm ed età di 140-160 giorni. Con la riproduzione artificiale sono state ottenute oltre 6000 larve di 48-52 ore di età. Tutto il materiale ittico è stato destinato a semine programmate.

I risultati vengono commentati e discussi in rapporto alle contingenti situazioni operative, anche in un'ottica di realizzazione, in un prossimo futuro, di un adeguato e moderno impianto modulare e polifunzionale di avannotteria e di esocicoltura specializzata, così da sopperire all'attuale carenza di esocidi nel territorio.

PAROLE CHIAVE: luccio / riproduzione controllata / produzione di avannotti e novellame / Lago di Massaciuccoli

Trial for production of young pikes, *Esox lucius* L., aimed at the recover of original population in the Massaciuccoli Lake (Lucca - Italy)

To continue with interventions in order to preserve and increase local population of *Esox lucius*, we went on with production of esocids destined to restocking Massaciuccoli's basin waters also during 2001-2002 ichthyogenical campaign. A predetermined strategy fundamentally set out two types of esocicultural techniques: a) spontaneous reproduction in "naturalized" environment; b) artificial reproduction and incubation of eggs according to validated and sometimes innovative methods.

We reached a yield of 1 pike/2.32 m² of basin by natural reproduction, not high indeed, but quite good however. We harvested 1293 fingerlings of LT 39-91 mm and 50-70 days old. Besides 102 specimens of LT 20-25 cm and 140-160 days old. We obtained more than 6000 larvae of 48-52 hours old by artificial reproduction. All fishing material has been destined to planned restocking.

The results are discussed in relation to operative situations and even in the optic to build, in the near future, an adequate and modern plant, modular and polifunctional, for fry production and for specialized esociculture, so that we could provide for actual scarcity of esocids in our land.

KEY WORDS: Pike / controlled breeding / fry and fingerling / Massaciuccoli Lake

INTRODUZIONE

Il Lago di Massaciuccoli ormai da anni è oggetto di molteplici e complessi studi (AA.VV., 1994; 1997) a causa di sfavorevoli condizioni eutrofiche e di progressivo degrado ambientale. Tale situazione si è inevitabilmente ripercossa anche sulla fauna ittica presente nel bacino (ALESSIO *et al.*, 1992; 1995; 1997); in particolare, la popolazione autoctona di luccio, *Esox lucius* L., ne ha riportato gravi danni, così da risultare

minacciata ed in stato di pericolosa contrazione. Pertanto, sulla scorta di precedenti ricerche finalizzate al recupero e alla tutela della specie e promosse per saggiare la fattibilità di interventi tecnici tesi alla produzione locale di giovani lucci a sostegno ed incremento della popolazione residua (ERCOLINI *et al.*, 2001), a partire dall'inizio dell'anno 2001 e, ripetutamente, nell'anno 2002 è stata intrapresa una sperimentazione di

riproduzione controllata e guidata di esemplari locali di luccio.

In tale fase investigativa iniziale, promossa dal Comune di Massarosa con il sostegno della Provincia di Lucca ed il supporto finanziario della Regione Toscana, le strategie prescelte hanno puntato, sostanzialmente, su due tipi di tecniche di esocicoltura: a) riproduzione spontanea in ambiente "naturalizzato"; b) riproduzione artificiale ed incubazione delle uova con metodi collaudati e talora innovativi.

MATERIALI E METODI

Riproduzione naturale

Sulla scorta di recenti esperienze di allestimento e preparazione del bacino di frega (ERCOLINI *et al.*, 2001), in uno stagno di poco meno di 3000 m² di superficie precedentemente adibito a risaia e situato a Massaciuccoli (LU), durante il periodo estivo, precedente a quello di frega del luccio, sono stati effettuati i necessari lavori di adattamento ed approntamento: solco centrale e di scarico, costituzione del pozzetto terminale di raccolta, lavorazione del fondale, messa in secca e sovescio della vegetazione presente, in linea con i metodi indicati da HUET (1970), GHITTINO (1983) e NATALI (comunicazione personale), opportunamente modificati in funzione delle esigenze.

Di seguito è stato possibile favorire nella vasca l'impianto e la crescita sia di un'estesa vegetazione costituita da un letto di macrofite del genere *Chara* sia di ridotti insediamenti di *Myriophyllum* sp., oltreché di elofite quali *Phragmites australis* e *Typha palustris* con funzioni plurime: offrire rifugio ai riproduttori; costituire il substrato di deposizione e sviluppo delle uova e di nursery per le prime fasi di crescita dei luccetti (HOLLAND e HUSTON, 1984; ZIGLER e DEWEY, 1995); rappresentare il comparto di produzione di abbondante zooplancton endogeno e di benthos (BALDACCINI *et al.*, 1997; 1999) ai fini trofici; formare una barriera deterrente e limitante nei confronti della predazione da parte di uccelli ittiofagi quali i cormorani ed altri (BECCARIA *et al.*, 1996; ZANETTI *et al.*, 2001).

I riproduttori, catturati con tramagli ed appositi bertovelli nelle acque del territorio, sono stati selezionati sotto il profilo sia sanitario che delle caratteristiche morfologiche del ceppo locale. In funzione della loro disponibilità, l'introduzione è iniziata già ad ottobre e si è intensificata nei mesi di dicembre e gennaio.

Benchè l'attività trofica del luccio risulti alquanto contenuta o addirittura estremamente ridotta in periodo riproduttivo (HUNT e CARBINE, 1951; FROST, 1954; VOSTRADOVSKY, 1983), ai riproduttori è stato fornito pesce foraggio, costituito da *Atherina boyeri* (latterino o "crognolo") proveniente dalle vicine acque del lago.

L'esame occasionale dei reperti gastrici in lucci rinvenuti morti ha comunque confermato la loro predazione sui latterini immessi.

Lo stock riproduttivo dei lucci era costituito da 15 femmine e 11 maschi. La taglia delle femmine è variata da un minimo di 40,0 ad un massimo di 83,2 cm, con un valore medio di 59,5 cm; i pesi corrispondenti sono stati rispettivamente 600 g per il soggetto più piccolo, 5000 g per il soggetto più grande, con un valore medio di 2130 g. Nei maschi la taglia minima registrata è stata 32,3 cm, quella massima 56,0 cm, quella media 45,1 cm. I corrispondenti pesi corporei, rispettivamente, sono stati 300, 1400 e 745 g.

Sono stati eseguiti ripetutamente periodici controlli dell'ossigeno disciolto, della temperatura e della quantità e composizione dello zooplancton, sviluppatosi a seguito delle operazioni di fertilizzazione.

Riproduzione artificiale

I soggetti impiegati a tal fine sono stati catturati, mediante reti fisse o da posta, nel bacino del Massaciuccoli, durante il mese di febbraio, ossia in periodo di massima attività riproduttiva.

Essi sono stati alloggiati in apposita vasca di stabulazione, rifornita con acqua di risorgiva a temperatura stabilizzata intorno a 13,5 °C. Non sono stati impiegati ormoni per stimolare la maturità sessuale. Salvo opportune modifiche ed adattamenti, i metodi adottati sono stati quelli tipici della moderna esocicoltura (HORVATH, 1983; MERATI, 1991; NATALI, 1991).

A cadenze regolari, segnatamente giornaliere, si è proceduto alla verifica dello stato di avanzamento maturativo mediante pressione addominale. Allorquando si rinvenivano femmine pronte alla deposizione si è proceduto alla spremitura vera e propria. Le uova ottenute di volta in volta sono state fecondate "a secco", con poche gocce di sperma di 2-3 maschi. Lavate ripetutamente, esse sono state quindi riposte per l'incubazione sia in vasi di Zougg e telai di supporto sia in nidi artificiali, appositamente studiati ed allestiti (ALESSIO *et al.*, 2002), dotati di griglia antipredatoria ed, in particolare, protettiva dall'attività degli uccelli ittiofagi.

RISULTATI

Nella vasca di frega la concentrazione dell'ossigeno disciolto non si è mediamente discostata da 10 a 11 mg/L, per l'intero periodo di indagine. Nella figura 1 sono riportati i valori dell'ossigeno disciolto, relativamente al periodo di sperimentazione (ottobre 2001-aprile 2002). L'andamento termico durante lo stesso periodo è evidenziato nella figura 2.

Lo zooplancton sviluppatosi, controllato qualitativamente a cadenze periodiche, è risultato costituito pre-

valentemente da Cladoceri (*Daphnia* sp., *Ceriodaphnia* sp.) e Ciclopoidi (*Acanthocyclops* sp.), oltreché da altri taxa.

Già all'inizio di febbraio sono state rilevate le prime deposizioni spontanee, che sono poi proseguite e quindi cessate completamente a fine mese, in accordo con quanto rilevato in altre acque italiane (ALESSIO, 1975 e 1986). Complessivamente non sono risultate molto consistenti per varie ragioni, e particolarmente per motivi etologici di *sex ratio*. Infatti è risultata predominante e probabilmente eccessiva la frequenza numerica, oltreché dimensionale, delle 15 femmine impiegate, rispetto agli 11 maschi destinati alla fecondazione delle uova. A tal proposito ricerche diverse (KIPLING e FROST, 1970; BRACKEN e CHAMP, 1971; JUNE, 1971; RICHARD, 1979), consigliano per la riproduzione naturale un rapporto fra i sessi (F/M) quanto più prossimo a 1:2; la situazione delle nostre condizioni operative e contingenti, al contrario, rispecchia un rapporto sessi purtroppo ribaltato.

A metà aprile del 2002 si è proceduto all'abbassamento progressivo del livello idrico del bacino e quindi al suo prosciugamento. Sono stati così recuperati i giovani lucci concentrati nel pozzetto di raccolta, di età variabile fra 50-70 giorni e con LT tra 39 e 91 mm. Nella tabella I sono riportati, per classi dimensionali di 3 mm di ampiezza, i corrispondenti valori medi di peso. Nella figura 3 è evidenziata la relazione peso-

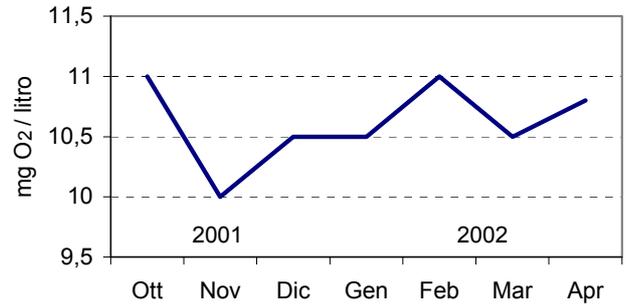


Fig. 1. Andamento dell'ossigeno disciolto nel periodo d'indagine ottobre 2001-aprile 2002, nel bacino di riproduzione naturale.

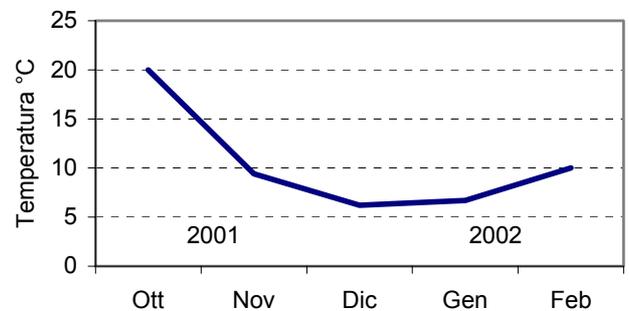


Fig. 2. Andamento termico nel periodo d'indagine ottobre 2001-febbraio 2002, nel bacino di riproduzione naturale.

Tab. I. Valori medi di LT (mm), con relativo e.s., e di peso corporeo (g), con relativo e.s., ripartiti per classi dimensionali di 3 mm di ampiezza, rilevati in un campione di luccetti recuperati

Classi LT (mm)	N° Individui	LT (mm) media	e.s.	LT min (mm)	LT max (mm)	W (g) media	e.s.	W min (g)	W max (g)
37-39	1	37,00		37,00	37,00	0,21		0,21	0,21
40-42	1	41,00		41,00	41,00	0,37		0,37	0,37
43-45	2	43,00	0,00	43,00	43,00	0,39	0,16	0,39	0,39
46-48	4	47,25	0,48	46,00	48,00	0,62	0,10	0,50	0,91
49-51	15	50,27	0,21	49,00	51,00	0,70	0,05	0,49	1,76
52-54	23	53,17	0,16	52,00	54,00	0,83	0,04	0,53	1,47
55-57	18	55,89	0,18	55,00	57,00	0,98	0,02	0,69	1,88
58-60	23	58,96	0,19	58,00	60,00	1,18	0,02	0,81	1,87
61-63	24	62,04	0,18	61,00	63,00	1,29	0,02	0,75	1,75
64-66	18	64,83	0,19	64,00	66,00	1,46	0,03	1,21	1,94
67-69	18	68,11	0,18	67,00	69,00	1,71	0,01	0,80	2,32
70-72	12	70,75	0,25	70,00	72,00	1,91	0,02	1,10	2,88
73-75	7	74,29	0,36	73,00	75,00	1,92	0,02	1,17	2,46
76-78	5	77,40	0,24	77,00	78,00	2,40	0,01	1,60	2,84
79-81	1	80,00		80,00	80,00	2,75		2,75	2,75
82-84	3	82,33	0,33	82,00	83,00	2,46	0,32	2,22	2,59
85-87	1	87,00		87,00	87,00	3,32		3,32	3,32
88-90	2	88,50	0,50	88,00	89,00	3,54	0,38	3,22	3,85
91-93	2	92,00	1,00	91,00	93,00	4,01	0,39	3,19	4,82

lunghezza nei luccetti esaminati. La tendenza di crescita dei luccetti non sembra discostarsi da quello precisato da ERCOLINI *et al.*, 2001, per l'anno 2000.

La produzione finale è stata di 1293 soggetti recuperati e destinati a semine. La resa, da ritenersi discreta seppure non inferiore ai risultati ottenuti da altri ricercatori (BRY e SOUCHON, 1982; BRY *et al.*, 1983) è risultata pertanto di un giovane luccio/2,32 m² di bacino. Parecchi animali, tuttavia, stimabili in circa 800-900 individui, a causa delle difficoltà gestionali sono sfuggiti alla cattura, oppure sono andati perduti per motivi diversi.

Nella prima decade di luglio, a seguito di inderogabili esigenze tecniche di manutenzione dell'invaso di allevamento, sono stati recuperati, aggiuntivamente, altri 102 esemplari, di taglia maggiore, con lunghezze oscillanti entro 20-25 cm.

Come il precedente novellame, anche questi ultimi sono stati al più presto rilasciati nelle acque limitrofe del lago.

Nella figura 4 l'area di immissione del novellame è identificata da un cerchio a linea piena. Con il recupero di novellame, sono stati anche ricatturati i riproduttori residui, in numero di 17 sui 26 complessivamente introdotti. La loro mortalità è pertanto risultata del 34,6% ed è verosimilmente imputabile a vari fattori, fra cui: predazione intraspecifica; danni e lesioni causate da vari uccelli ittiofagi; possibili stress da catture e stabulazione; probabili patogenesi, tuttavia non indagate. I soggetti recuperati sono stati introdotti nelle vicine acque del lago (cerchio pieno nella figura 4).

In parallelo, le tecniche di riproduzione artificiale hanno consentito di ottenere oltre 6000 larve che, ad un'età di circa 48-52 ore e con sacco vitellino parzialmente riassorbito, sono state seminate nel lago, in diversi punti tutti localizzati entro l'ovale tratteggiato della figura 4. In tale area, o nei suoi pressi, nei mesi di tarda estate e autunnali sono stati a più riprese catturati da bertibelli in postazione di pesca pochi oppure frequenti esemplari di luccio di età 0+.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Dalle osservazioni effettuate e dai risultati ottenuti si evidenzia quanto sia importante il ruolo giocato dalla vegetazione presente in vasca e qui rappresentata essenzialmente da Caracee. La loro fitta consistenza sembra abbia disturbato l'accesso degli uccelli ittiofagi, giacchè pochi esemplari hanno frequentato l'invaso di allevamento. Ma se da un lato tali macrofite tutelano e proteggono i lucci dall'aggressione di questi predatori, dall'altro creano non pochi problemi al momento della raccolta del novellame, con inevitabili perdite dovute alla loro copertura ed impedendo ai pesci di raggiungere il solco centrale, così da essere catturati.

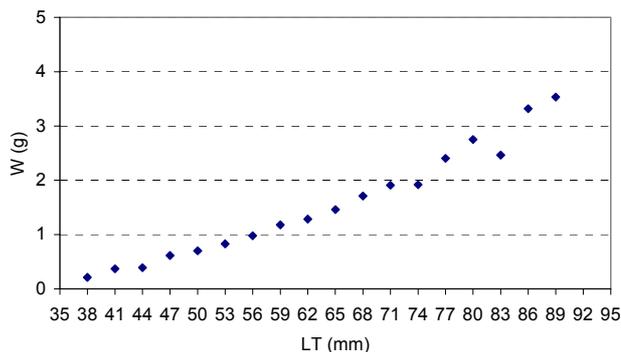


Fig. 3. Relazione peso-lunghezza in un campione di luccetti di 50-70 giorni di età, ripartiti per classi dimensionali di 3 mm di ampiezza. Sulle ascisse è riportato il valore centrale della classe.

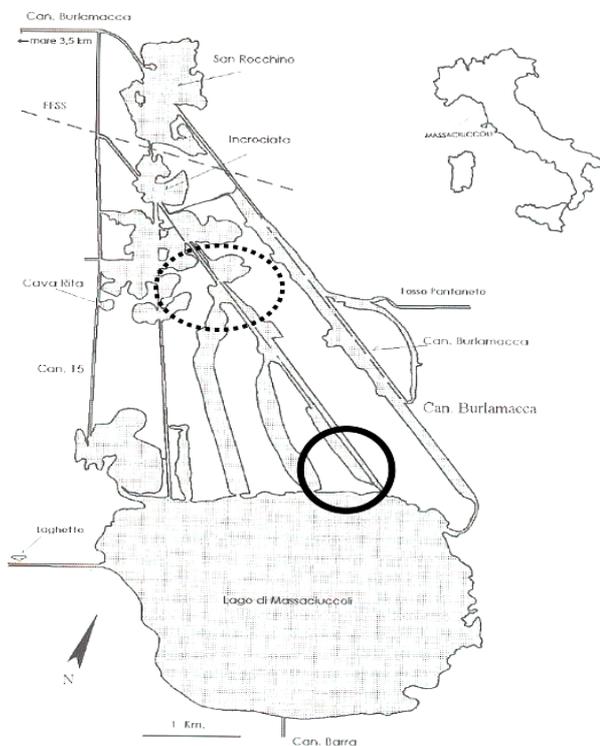


Fig. 4. Lago di Massaciuccoli con indicazione delle aree di introduzione di novellame e riproduttori da recupero (cerchio pieno) e delle aree di semina delle larve (ovale tratteggiato).

Un effetto limitante della produzione finale di giovani lucci sembra imputabile allo sviluppo, fra lo zoobenthos, di larve e neanidi di vari insetti, in particolare di Odonati rappresentati soprattutto dai generi *Coenagrion* ed *Anax*. Tali specie potrebbero aver esercitato una pesante pressione predatoria sia sulle uova in sviluppo sia sulle prime fasi prelarvali e larvali. A ciò si aggiungano i noti fenomeni di cannibalismo tipici dell'esocide (SMITH e REAY, 1991; BEAUDOIN *et al.*, 1999).

Rispetto a precedenti sperimentazioni, in questa oc-

casione, si è osservata una resa inferiore. Infatti la resa di produzione è equivalente solo ad 1/3 di quella ottenuta nell'anno 2000 antecedente, con un bacino di superficie inferiore (ERCOLINI *et al.*, 2001). Si potrebbe dunque ritenere più proficua e fruttuosa l'utilizzazione di piccoli bacini polifunzionali, rispetto ad aree di più ampia estensione.

Dall'analisi e dal confronto tra i due metodi applicati, ossia di riproduzione in vasca in condizioni naturali e di riproduzione artificiale, emerge la maggiore versatilità di quest'ultimo sistema per praticità e risparmio di tempo, migliore controllo, minori perdite dovute alla predazione ed, infine, soprattutto perché risulta più

efficace la verifica diretta degli stadi larvali in via di sviluppo. Al contrario, tali vantaggi non sono ascrivibili al metodo di produzione naturale.

Pertanto ai fini proposti di tutela, conservazione ed incremento della popolazione locale di *Esox lucius* si ritiene più auspicabile l'opzione di realizzare un incubatoio di produzione di lucci modulare e polifunzionale. Parallelamente risulta indispensabile procedere al miglioramento delle tecniche, al perfezionamento delle attrezzature, alla disponibilità di bacini di frega correttamente gestibili, in modo da costituire il presupposto futuro, irrinunciabile, per risultati concreti ancor più appaganti.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1994. Eutrofizzazione del Lago di Massaciuccoli. In: Atti del Conv. "Problemi di eutrofizzazione e prospettive di recupero del Lago di Massaciuccoli". Quad. tec. del Consorzio del Parco naturale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, 5: 223 pp.
- AA.VV., 1997. Eutrofizzazione del Lago di Massaciuccoli. Quad. tec. del Consorzio del Parco naturale Migliarino San Rossore Massaciuccoli, 13: 410 pp.
- ALESSIO G., 1975. Ricerche sulla biologia del luccio, *Esox lucius* L. (Osteichthyes, Esocidae), in Lomellina occidentale e in una "valle" veneta. *Boll. Pesca, Piscic. Idrobiol.*, **30**: 236-256.
- ALESSIO G., 1986. La riproduzione del luccio, *Esox lucius* L., in acque risorgive: migrazione e riconoscimento intraspecifico. *Riv. Idrobiol.*, **25**: 3-18.
- ALESSIO G., BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., DUCHI A. e ESTEBAN ALONSO J., 1992. Fauna ittica e livello trofico del Lago di Massaciuccoli; dati preliminari. In: Atti del Conv. "Problemi di eutrofizzazione e prospettive di recupero del Lago di Massaciuccoli", Parco Nat. Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli. Doc. Tec. 5: 167-180.
- ALESSIO G., BIANUCCI P., DUCHI A., 1995. I popolamenti ittici del Lago di Massaciuccoli (Toscana) e le prospettive di biomani-polazione. In: P.E. Tomei, E. Guazzi (eds.), *Collana di indagini tecniche e scientifiche per una migliore conoscenza del Lago di Massaciuccoli e del suo territorio*, 108 pp.
- ALESSIO G., DUCHI A., BERCELLI M., BALDACCINI G.N., BIANUCCI P., 1997. Interrelazione tra ittiofauna ed eutrofizzazione nel Lago di Massaciuccoli (Toscana). Parco Nat. Migliarino-San Rossore-Massaciuccoli. *Doc. Tecn.*, **13**: 347-378.
- ALESSIO G., BELLETTI E., GANDOLFI G.L., ERCOLINI P., 2002. Valutazioni di differenti sistemi di trasporto e di incubazione di uova di luccio, *Esox lucius* L. In: F. NONNIS MARZANO, M. MALDINI, G. GANDOLFI (eds.), Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma. *Biologia Ambientale*, **18** (1).
- BALDACCINI G.N., ERCOLINI P., MATTIOLI M., 1997. Eutrofizzazione del Lago di Massaciuccoli. Composizione ed evoluzione temporale delle comunità zooplanctonica e macrobentonica. *Quad. tec. del Consorzio del Parco naturale Migliarino San Rossore Massaciuccoli*, 8: 289-346.
- BALDACCINI G.N., ERCOLINI P., BRESCIANI O., 1999. Comunità zooplanctonica e macrobentonica nell'area lacustre. Struttura e dinamica delle popolazioni sotto l'effetto dei mutamenti ambientali. In: *Il risanamento del Lago di Massaciuccoli*, ed. ARPAT: 124-152.
- BEAUDOIN C. P., TONN W.M., PREPAS E.E., WASSENAAR L.I., 1999. Individual specialization and trophic adaptability of northern pike (*Esox lucius*): an isotope and dietary analysis. *Oecologia*, **120**: 386-396.
- BECCARIA A., PASCALE M., PERRONE A., RE S., SARACCO G., 1996. Specie ittiche predate dal cormorano (*Phalacrocorax carbo*) in due aree protette del Piemonte sud-orientale. In: Atti del VI convegno Nazionale Varese Ligure, 6-7-8 giugno 1996: 36-41.
- BRACKEN J.J., CHAMP W.S.T., 1971. Age and growth of pike in five Irish limestone lakes. *Sci. Proc. R. Dublin Soc. (B)*, **3**: 33 pp.
- BRY C., SOUCHON Y., 1982. Production of young northern pike families in small ponds: natural spawning versus fry stocking. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **111**: 476-480.
- BRY C., SOUCHON Y., NEVEU G., TREBAOL L., 1983. Production de familles de brochetons en petits étangs par reproduction naturelle aménagée: bilan de trois années d'expérimentation et comparaison avec la méthode d'alevinage. In: Billard R. (eds.), *Le Brochet: gestion dans le milieu naturel et élevage*, INRA Publ., Paris: 63-73.
- ERCOLINI P., ALESSIO G., BIANUCCI P., BERTOLUCCI A., 2001. Interventi preliminari per la riproduzione guidata del luccio, *Esox lucius*, L. a scopo di recupero della popolazione autoctona nel comprensorio del Lago di Massaciuccoli (Toscana, Italia). *Quaderni ETP*, **30**: 179-185.
- FROST W.E., 1954. The food of pike (*Esox lucius* L.) in Windermere. *J. Anim. Ecol.*, **23**(2): 339-360.
- GHIITINO P., 1983. *Tecnologia e patologia in acquacoltura*. Ed. Emilio Bono, Torino.
- HOLLAND L.E., HUSTON M.L., 1984. Relationship of young-of-the-year northern pike to aquatic vegetation types in backwaters of the Upper Mississippi River. *N. Am. J. Fish. Manage.*, **4**: 514-

- 522.
- HORVARTH L., 1983. Élevage et production du brochet (*Esox lucius* L.) en Hongrie. In: Billard R. (eds.), *Le Brochet: gestion dans le milieu naturel et élevage*, INRA Publ., Paris: 215-223.
- HUET M., 1970. *Traité de pisciculture*. In: C.H. De Wyngaert (eds.), Bruxelles 718 pp.
- HUNT B.P., CARBINE W.F., 1951. Food of young pike, *Esox lucius* L., and associated fishes in Peterson's ditches, Houghton Lake, Michigan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **80**: 67-83.
- JUNE F.C., 1971. The reproductive biology of northern pike, *Esox lucius*, in lake Oahe, an upper Missouri river storage reservoir. *Spec. Publ. Am. Fish. Soc.*, **8**: 53-72.
- KIPLING C., FROST W.E., 1970. A study of the mortality population numbers, year class strengths, production and food consumption of pike *Esox lucius* in Windermere from 1944 to 1962. *J. Anim. Ecol.*, **39** (1): 115-57.
- MERATI F., MARTURANO S., MENGHI A., 1991. Esperienze di allevamento del luccio (*Esox lucius*) in sistemi intensivo, semi-intensivo ed estensivo. In: Atti IV Convegno Nazionale AI-IAD, Riva del Garda, 12-13 dicembre 1991: 387-398.
- NATALI M., 1991. Allevamento del luccio (*Esox lucius* L.) a fini di ripopolamento. In: Atti IV Convegno Nazionale AI-IAD, Riva del Garda, 12-13 dicembre 1991: 345-353.
- Richard A., 1979. Recherches sur les étangs. Contribution à l'étude du brochet (*Esox lucius* L. 1768): croissance et populations. *Mémoire de fin d'études. E.S.A.* (Ecole Supérieure d'Agriculture Angers)-I.N.R.A. (Ecologie Hydrobiologique Rennes): 1-148.
- SMITH C., REAY P., 1991. Cannibalism in teleost fish. *Rev. Fish. Biol. Fish.* **1**: 41-64.
- VOSTRADOVSKY J., 1983. Techniques et méthodes d'aménagement et d'élevage du brochet en Tchécoslovaquie. In: Billard R. (eds.), *Le Brochet: gestion dans le milieu naturel et élevage*, INRA Publ., Paris: 271-281.
- ZANETTI M., TURIN P., BECCARIA A., SOMMAVILLA G., 2001. Analisi delle preferenze alimentari di *Phalacrocorax carbo sinensis* in Provincia di Belluno. *Quaderni ETP*, **30**: 175-178.
- ZIGLER S.J., DEWEY M.R., 1995. Phototaxis of Larval and Juvenile Northern Pike. *North American Journal of Fisheries Management*, **15**: 651-653.

Utilizzo dell'analisi d'immagine per uno studio morfometrico su *Salmo trutta trutta*, *Salmo trutta marmoratus* e sul loro "ibrido"

Alvise Nazzareno Lucarda^{1*}, Enrico D'Isep², Gilberto Forneris¹

¹ Dipartimento di Produzioni Animali, Epidemiologia ed Ecologia, Fac. di Medicina Veterinaria – Università di Torino. Via Leonardo da Vinci, 44 - 10095 Grugliasco (TO)

² Dipartimento di Scienze Forestali ed Ambientali – Università di Padova

* Referente per la corrispondenza: fax. 011 6709240; alvise.lucarda@unito.it; alfree@libero.it

Riassunto

Lo studio delle differenze nella forma del corpo tra le diverse semispecie del gruppo tassonomico *Salmo trutta*, è sempre stato eseguito utilizzando tecniche tradizionali di morfometria e meristica su soggetti sacrificati. In questo lavoro si è fatto uso dell'analisi d'immagine eseguita al PC per studiare la variabilità morfologica in individui delle semispecie *Salmo trutta trutta* e *Salmo trutta marmoratus*. Sono state analizzate immagini di soggetti catturati mediante elettropesca, anestetizzati, fotografati e in seguito rilasciati nel punto di cattura. Questo metodo non distruttivo consente di studiare un numero elevato di individui di diverse popolazioni e di taglia diversa e consente di applicare analisi statistiche uni e multivariate, utilizzate tradizionalmente negli studi di morfometria. Sono stati esaminati i modelli di accrescimento allometrico delle due diverse semispecie e di morfotipi intermedi comunemente denominati "ibridi". È stato possibile quantificare le differenze morfologiche tra popolazioni di trota provenienti da diversi bacini idrografici. È stato inoltre possibile quantificare differenze morfologiche tra gruppi di individui provenienti da ambienti acquatici differenti all'interno dello stesso bacino idrografico, nonché gli effetti sulla forma del corpo degli animali, determinati dall'ambiente artificiale e di allevamento. Vengono discussi i vantaggi del nuovo metodo di caratterizzazione morfologica e le potenzialità applicative derivate dal fatto di essere un metodo di indagine non distruttivo. Utilizzata in modo complementare alle analisi genetiche, la morfometria su immagine può costituire un efficace strumento di selezione di individui puri da destinarsi alla riproduzione artificiale, nei programmi di recupero e ricostituzione delle popolazioni naturali di trota marmorata.

PAROLE CHIAVE: *Salmo trutta* / *Salmo trutta marmoratus* / trota marmorata / ibridazione / morfometria / fenotipo / analisi d'immagine.

Imaging applied to morphometrics: the case study of *Salmo trutta trutta*, *Salmo trutta marmoratus* and their "hybrid"

In this work we used the digital image analysis to investigate the morphological variability in populations of the semi species *Salmo trutta trutta* and *Salmo trutta marmoratus*. Samples were caught by electro fishing in the river and pictures of the lateral side of the fish were made, before the release in the same site of the river. We obtained a large number of pictures from samples of different size and shape, collected from the basin of Rivers Pellice, Adda, Ticino, Adige, Brenta, Piave, Tagliamento, Isonzo. ANOVA and multivariate analysis (Principal Component Analysis and Discriminant Analysis) were applied in order to test the differences between groups of pure marble trout, pure brown trout and the intermediate phenotypes, called "hybrids". Significant differences between samples collected from different basins and between samples collected from different water bodies of the same river basin, were found. Very similar body shape were found in breeders of *S. t. marmoratus* stocked in a fish farm and individuals collected from artificial water bodies; this fact could indicate that these environments play a relevant role in modelling body develop and body shape of the trout. We compared morphometrics based on the analysis of images with traditional morphometrics based on the measurement of the body parts, in order to assess the reliability of the former method as a tool for the selection of "pure" breeders in populations of marble trout, introgressed by domestic genotypes.

KEY WORDS: *Salmo trutta* / *Salmo trutta marmoratus* / marble trout / hybridisation / morphometrics / phenotype / image analysis

INTRODUZIONE

La trota marmorata e la trota fario sono due forme morfologicamente ben distinguibili appartenenti alla stessa specie e identificate in due semispecie differenti, denominate rispettivamente *Salmo trutta marmoratus* e *Salmo trutta trutta* (GANDOLFI e ZERUNIAN, 1987a,

1987b; GANDOLFI *et al.*, 1991). Attualmente in quasi tutto l'areale della trota marmorata, le due forme vivono in forzata simpatria, dovuta alle immissioni nei fiumi di trota fario di allevamento, finalizzate a soddisfare l'esercizio della pesca dilettantistica.

È stato ipotizzato che esisterebbe una forma di *Salmo trutta trutta* originariamente simpatica con la trota marmorata (FORNERIS *et al.*, 1988, 1990; GIUFFRA *et al.*, 1996), ma a tutt'oggi non esistono chiare evidenze scientifiche che confermano la presenza di un ceppo autoctono di *Salmo trutta trutta* all'interno dell'areale della trota marmorata, anche se sono stati trovati genotipi mitocondriali vicini a quelli della trota marmorata in popolazioni di trota fario di alcuni corsi d'acqua dell'arco alpino (LUCARDA, dati non pubblicati).

Studi morfometrici, osteologici e meristici condotti in tempi relativamente recenti su popolazioni di trota di corsi d'acqua differenti (DOROFEEVA *et al.*, 1991; LUCARDA, 1994; DELLING *et al.*, 2000) hanno confermato la presenza di caratteri morfologici significativamente discriminanti tra le due semispecie. Osservazioni e studi sulla distribuzione, riproduzione e sul comportamento, rilevano che le due forme mostrano preferenze ecologiche e di microhabitat differenti (BUDA-DANCEVICH *et al.*, 1982; LUCARDA, 1994), in quanto la trota marmorata –che mediamente raggiunge dimensioni maggiori– tende a preferire le acque più profonde e con presenza di massicciate in cui trova rifugio, oltre a presentare un periodo riproduttivo più breve e leggermente anticipato rispetto a quello della trota fario.

Nei corsi d'acqua in cui le due semispecie sono compresenti si osservano individui con caratteristiche morfologiche e della livrea intermedie, caratterizzati cioè da presenza di marmoreggiature più o meno interrotte dalla caratteristica puntinatura, prevalentemente rossa e nera, presente nella livrea delle trote di ceppo allevato (GRIDELLI, 1935, 1936; POMINI, 1939, 1940a, 1940b). Analisi genetiche eseguite sul DNA mitocondriale e nucleare fanno ipotizzare che questi individui siano il prodotto di incrocio tra *S. t. trutta* e *S. t. marmoratus* (ARGENTON *et al.*, 1992; GIUFFRA *et al.*, 1994; BERREBI *et al.*, 2000; LUCARDA *et al.*, 2000). Tale evento è stato più volte osservato in natura da molti autori e riprodotto sperimentalmente in modo artificiale, osservando una interfecondità nell'incrocio tra le due semispecie, ridotta del solo 3,2% rispetto all'incrocio tra le forme pure (LUCARDA, dati non pubblicati). Queste ultime evidenze determinano, di fatto, l'impossibilità di considerare queste due forme così biologicamente differenti, come due specie tassonomicamente distinte.

Gli individui derivati dall'incrocio, comunemente denominati "ibridi", risultano geneticamente intermedi alle due forme parentali (CELEGATO, 1999; LUCARDA *et al.*, 2000), ma sono intermedi anche dal punto di vista morfologico, sia morfometrico che meristico (LUCARDA, 1994; MARTINI, 2000). Questi studi tuttavia, sono stati eseguiti su di un numero relativamente basso di

individui e di poche popolazioni, in quanto studi di morfometria e meristica classica richiedono il sacrificio degli individui da analizzare. Per questo motivo, studi approfonditi e su vasta scala risultano improponibili per una specie endemica che sta conoscendo un progressivo e pericoloso declino demografico e per la quale si stanno attivando programmi di protezione e recupero in quasi tutti i corsi d'acqua popolati da questo salmonide.

Utilizzando invece le immagini tratte da un numero elevato di individui campionati in diverse popolazioni, è possibile ottenere un numero di dati ed osservazioni sufficiente per applicare analisi statistiche che consentono di confrontare gruppi di individui di tipologia morfologica differente, cioè *marmoratus*, *trutta trutta* e fenotipi intermedi, e di classi dimensionali diverse. In questo studio di tipo preliminare, i dati vengono ottenuti da misurazioni effettuate su immagine con metodo digitale, e vengono applicate le procedure statistiche utilizzate negli studi di morfometria classica.

Lo studio è stato eseguito su un numero consistente di immagini tratte da animali anestetizzati, allo scopo di verificare la presenza di differenze statisticamente significative tra la forma del corpo della trota marmorata, la trota fario e i fenotipi intermedi "ibridi". I confronti statistici tra gruppi di individui sono stati effettuati tenendo conto anche delle caratteristiche morfologiche ed ecologiche dei corsi d'acqua da cui gli individui sono stati prelevati, in considerazione del fatto che l'espressione di caratteri fenotipici può essere influenzata dalle caratteristiche dell'ambiente in cui vivono gli animali.

Questo studio ha l'obiettivo di verificare la validità del nuovo metodo di morfometria su immagine come strumento di caratterizzazione morfologica degli individui e serve a valutarne il possibile utilizzo, in associazione con le analisi genetiche, nella selezione su vasta scala di soggetti da destinarsi alla riproduzione artificiale per il recupero e la ricostituzione delle popolazioni di trota marmorata. Negli ultimi anni, queste iniziative stanno diventando sempre più numerose attraverso tutto l'areale della marmorata, come risposta al fatto che negli ultimi decenni le popolazioni hanno conosciuto un pericoloso declino in termini di consistenza numerica e continuano a soffrire del fenomeno di introgressione genetica da parte di genotipi provenienti dai ceppi di trota allevata di origine alloctona, prevalentemente nord europea, utilizzati nelle immissioni.

MATERIALI E METODI

Lo studio è stato condotto su soggetti catturati e rilasciati in popolazioni naturali di *Salmo trutta* dell'arco alpino, attraverso buona parte dell'areale di distribuzione della trota marmorata. Campioni sono stati

raccolti nei bacini idrografici del Pellice (fiume Pellice, torrente Chisone e torrente Germanasca) in Piemonte, Ticino e Adda in Lombardia, fiume Adige e affluente rio Prissiano in provincia di Bolzano, Brenta e Piave (fiume Piave, torrente Stien, canali Brentella e Casteviero) in Veneto, Tagliamento e Isonzo in Friuli-Venezia Giulia (Fig. 1).

I campionamenti sono stati effettuati mediante pesca elettrica e i pesci catturati sono stati successivamente anestetizzati. L'immagine è stata ripresa mediante macchina fotografica tipo reflex e mediante telecamera digitale, mettendo in atto accorgimenti tecnici preventivamente ben sperimentati, in modo da garantire il mantenimento della distanza tra obiettivo e soggetto e della posizione dell'obiettivo rispetto al soggetto, nonché consentire il bilanciamento del bianco per una fedele fotorestituzione del colore. Questi accorgimenti sono serviti ad evitare artefatti d'immagine o infedeli riproduzioni della forma del corpo, dovuti a prospettiva e inquadratura, tipo di obiettivo e deformazioni da ingrandimento d'immagine (zoom). Il soggetto è stato ripreso in posizione adagiata sul fianco destro con un reticolo centimetrato sullo sfondo, in modo da consentire la restituzione delle dimensioni reali del campione e permettere di verificare che le distorsioni nelle zone più lontane dal centro dell'immagine fossero contenute entro limiti ininfluenti, anche questi determinati in modo analitico (MIYAKE *et al.*, 1984). Le immagini sono state tratte sempre con le stesse due apparecchiature foto (DIA) e video (DV); una serie di test è stata eseguita per verificare che gli errori nei dati ottenuti da più immagini dello stesso soggetto ripreso con il sistema fotografico fossero dello stesso ordine di grandezza e non significativamente differenti dagli errori nei dati ottenuti da più immagini del medesimo soggetto ripreso con il sistema video (FINK, 1990; GARCIA-VALDECASAS, 1996).

Accertata la ripresa dalla narcosi, gli animali campionati sono stati reimmessi nel punto di cattura e sono stati registrati i dati riguardanti la tipologia e morfologia ambientale del relativo tratto di corso d'acqua. Sempre dallo stesso operatore, ogni individuo è stato classificato sulla base delle caratteristiche cromatiche della livrea laterale e della disposizione delle macchie, facendo riferimento in particolare alla regione anteriore e dell'opercolo, alla regione dorsale anteriore e a quella laterale inferiore tra le pinne pelviche e la pinna anale. Test eseguiti a questo proposito, hanno dimostrato che le variazioni cromatiche in queste regioni del corpo risultano le meno marcate al variare delle condizioni di luce, del periodo dell'anno, dell'ambiente e dello stress indotto all'animale con la cattura e le manipolazioni. Negli individui più giovani sono state considerate anche la presenza, la forma e la disposizione delle mac-

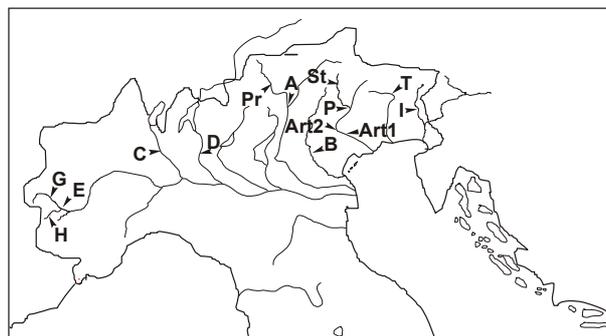


Fig. 1. Siti di raccolta dei campioni utilizzati nello studio: H = Chisone, G = Germanasca, E = Pellice, C = Ticino, D = Adda, Pr = Rio Prissiano, A = Adige, St = Stien, P = Piave, B = Brenta, Art1 e Art2 = tratti artificiali e canalizzati, T = *Tagliamento, I = *Isonzo. * = Soggetti tenuti in vasche di allevamento.

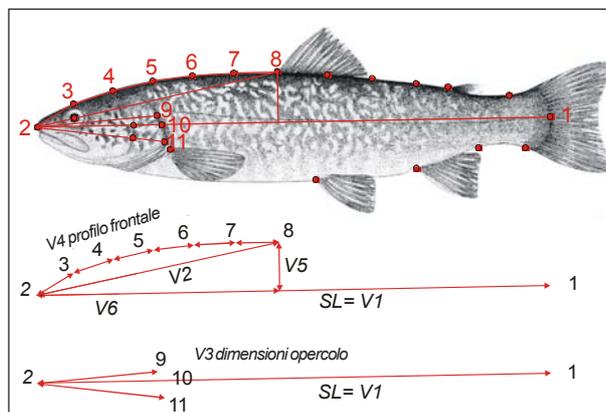


Fig. 2. Rappresentazione dei *landmark* e delle variabili utilizzate nello studio

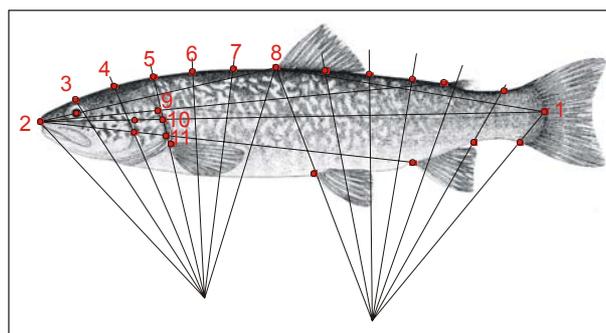


Fig. 3. Viene rappresentata l'immagine di una trota in cui sono evidenziati alcuni punti che individuano strutture anatomiche del pesce e le costruzioni geometriche effettuate in sede di elaborazione d'immagine. Queste sono servite per l'individuazione di altri punti caratteristici che descrivono il profilo dorsale della trota (*landmark* 3, 4, 5, 6 e 7) e le dimensioni dell'opercolo (*landmark* 9, 10 e 11). Da questi, sono state definite 6 variabili morfometriche che sono state utilizzate nelle analisi statistiche.

chie “parr”, che si presentano frammentate, sparse e spesso meno marcate negli individui più puri di trota marmorata.

Tra le due forme, marmorata e fario, sulla base di questi parametri, sono state riconosciute e classificate 3 tipologie morfologiche di “ibridi”. Le immagini dalle diapositive sono state trasformate in formato digitale mediante scansione ad alta risoluzione, mentre le immagini dalle sequenze video sono state ottenute mediante acquisizione digitale di un singolo fotogramma per mezzo di un componente hardware dedicato. Le immagini sono state quindi convertite in tonalità di grigio e opportunamente elaborate mediante i programmi di editing d’immagine Corel Draw 9[®], Corel Photo-paint 9[®] (Corel Corporation) e Adobe Photoshop 5.0[®] (Adobe System Incorporated). Sono stati tracciati tre segmenti dall’estremità anteriore del muso della trota, diretti rispettivamente verso l’estremità caudale della linea laterale (segmento 2-1 che definisce la lunghezza standard *SL*), verso il punto di inserzione della pinna anale e verso il punto di inserzione della pinna adiposa, come illustrato nella figura 2. Le intersezioni di questi segmenti con il profilo esterno dell’opercolo branchiale hanno identificato punti che consentono di descrivere dimensione e forma di questa struttura. Con gli stessi programmi, sono state sovrapposte a tutte le immagini due costruzioni geometriche ancorate in tre punti caratteristici del corpo del pesce: l’apice del muso (2), l’inserimento del primo raggio della pinna dorsale (8) e il punto in cui termina la linea laterale (1).

Come mostrato nelle figure 2 e 3, le intersezioni dei segmenti delle costruzioni geometriche con il profilo del pesce hanno identificato punti che consentono di descrivere con discreta approssimazione la curvatura del profilo dorsale dell’animale. Si è potuta quindi individuare, sulla riproduzione bidimensionale del fianco dell’animale, una serie di punti caratteristici (*landmark*) che descrive la forma del corpo: alcuni individuano strutture anatomiche che corrispondono a punti

“omologhi” nel corpo di tutti gli animali (punti di inserzione delle pinne, termine della linea laterale, ecc.), mentre altri individuano punti non rigorosamente “omologhi”, ma che consentono di descrivere forma e dimensione dell’opercolo e del profilo dorsale del pesce. Con il programma TPSDIG ver. 1.27 (F.J. Rohlf, <http://life.bio.sunysb.edu/morph/>), ad ogni punto caratteristico è stata attribuita una coppia di coordinate cartesiane e, con opportuni calcoli geometrici, sono state calcolate le reciproche distanze tra i punti, definendo quindi alcune variabili (Fig. 2 e Tab. I).

Precedenti studi di morfometria (LUCARDA, 1994; MARTINI, 2000) hanno consentito di individuare e quantificare le differenze morfologiche maggiormente significative tra la trota fario e la trota marmorata nella regione del capo. Pertanto, in questo studio preliminare, non sono stati utilizzati i *landmark* localizzati nella regione ventrale del pesce, né quelli del profilo dorsale della regione posteriore. Dalle 1200 immagini raccolte, è stata fatta una rigorosa selezione e sono stati analizzati i dati ottenuti dalle sole 739 migliori immagini.

Inizialmente sono stati utilizzati solo i dati delle trote fario e marmorata (escludendo i fenotipi intermedi), ottenuti dalle analisi degli individui più puri catturati in corsi d’acqua naturali (141 fario e 172 marmorate dei fiumi Piave, Stien, Brenta, Adige, rio Prissiano, Pellice, Germanasca e Chisone). Con il pacchetto software avanzato di statistica SPSS (ver. 10.0), sono state ricercate le funzioni che descrivono nel modo migliore l’andamento delle singole variabili al variare della lunghezza standard *SL*, secondo un modello di accrescimento allometrico. Sono state tracciate le migliori curve nei relativi grafici ed è stata calcolata la bontà delle funzioni che le descrivono, utilizzando il coefficiente di determinazione R^2 . Una volta individuate le migliori funzioni che descrivono l’andamento di ogni variabile al variare della lunghezza, per ognuna delle due semispecie fario e marmorata (funzioni fF e fM), si è proceduto al calcolo della funzione media (f_{media}) secondo la formula:

Tab. I. In prima e seconda colonna sono riportati i numeri delle variabili e la loro descrizione. Nella colonna a destra è riportata la distanza misurata tra i *landmark* e le operazioni di calcolo con cui sono state combinate le misure per definire le variabili $V4$, $V5$ e $V6$.

N	Variabile	Descrizione
1	lunghezza standard (<i>SL</i>)	($L1-L2$)
2	distanza tra apice del muso e inserzione della pinna dorsale	($L2-L8$)
3	dimensione dell’opercolo	($L2-L9$) + ($L2-L10$) + ($L2-L11$)
4	profilo della regione craniale dorsale, dall’apice del muso all’inserzione della pinna dorsale	($L2-L3$) + ($L3-L14$) + ($L4-L5$) + ($L5-L6$) + ($L6-L7$) + ($L7-L8$) – ($L2-L8$)
5	Profondità del dorso all’altezza della pinna dorsale	“funzione seno” dell’angolo frontale (rif. Fig. 2)
6	Lunghezza della parte anteriore del corpo (pinna dorsale)	“funzione coseno” angolo frontale (rif. Fig. 2)

$$f_{media} = (fF + fM) / 2$$

Successivamente, per ciascun individuo sono stati calcolati gli scostamenti (residui *Res*) dalla *fmedia* di ogni singola variabile, secondo la formula:

$$Res = V_{mis} - V_{att}; \text{ dove:}$$

V_{mis} = valore misurato per l'individuo;

V_{att} = valore atteso per la stessa lunghezza (*SL*) sulla curva media.

I residui così calcolati sono stati opportunamente trasformati (*ResT*) utilizzando i rispettivi valori di lunghezza standard (*SL*) per uniformarne e linearizzarne la distribuzione, e quindi sottoposti a normalizzazione (*ResN*), in modo da attribuire lo stesso "peso" a tutte le variabili utilizzate nelle analisi statistiche:

$$ResN = (ResT - X_m) / S; \text{ dove:}$$

ResT = valore di residuo;

X_m = valore medio della distribuzione dei residui;

S = deviazione standard della distribuzione dei residui.

Si è alla fine ottenuta una distribuzione dei valori dei residui normalizzati con valore medio = 0 e varianza = 1.

Analisi di correlazione

Per verificare la presenza di correlazione tra i valori dei residui (variabili) e la lunghezza standard (*SL*) che indica la taglia dell'animale, è stata utilizzata l'analisi di correlazione di Pearson a due code. Sono stati considerati due livelli di significatività, $P < 0,01$ e $P < 0,05$.

ANOVA tra le categorie fenotipiche

S. t. trutta e S. t. marmoratus

Ogni variabile è stata sottoposta all'analisi della varianza (ANOVA) per verificare se fossero significativamente diverse le medie campionarie tra le due categorie fenotipiche della trota fario e della trota marmorata. Il test *F*, che mette in evidenza se esiste differenza statisticamente significativa tra i due gruppi, è stato eseguito con il programma SPSS.

Analisi multivariata: PCA e DA

L'analisi delle componenti principali (Principal Components Analysis, PCA) consente di identificare un numero ridotto di fattori che spiegano la maggior parte della varianza che si osserva nei dati delle variabili originarie. La PCA può inoltre essere utilizzata per generare ipotesi, in quanto consente di proiettare in uno spazio multidimensionale ogni caso analizzato. Il collocamento di ogni caso (individuo) nello spazio è determinato dal complesso delle informazioni relative alla sua forma: pertanto, nel grafico, gli individui che possiedono caratteristiche morfologiche simili risultano più vicini. Quando nel grafico della PCA si vedono raggruppamenti che tendono a distinguersi, si è autorizzati a generare l'ipotesi che questo sia dovuto a differenze morfologiche e tale ipotesi può essere suc-

cessivamente saggiata con metodi statistici.

L'analisi discriminante (Discriminant Analysis, DA) permette di selezionare, dall'insieme di variabili introdotte, un sottoinsieme di variabili in grado di massimizzare le differenze tra gruppi di individui, stavolta definiti a priori sulla base della livrea. Il procedimento adottato consiste nel cercare una combinazione lineare delle variabili introdotte nell'analisi, in modo da forzare i diversi gruppi ad essere distinti il più possibile statisticamente.

Fine ultimo dell'analisi è quello di estrarre delle funzioni discriminanti, espresse dalla combinazione algebrica lineare di un numero ridotto di variabili "altamente discriminanti", che vengono moltiplicate per coefficienti che massimizzano il rapporto: varianza tra gruppi / varianza entro gruppi.

$$D_{function} = a + b V1 + c V2 + d V3... \text{ dove:}$$

a = costante della funzione; *b, c, d, ...* = coefficienti della funzione discriminante; *V1, V2, V3 ...* = variabili discriminanti.

Per la DA è stata utilizzata la procedura *stepwise*; il criterio di selezione delle variabili imposto a questa procedura è stato quello di massimizzare la minima distanza di Mahalanobis tra gruppi. È quindi possibile riclassificare ogni singolo individuo sulla base del suo punteggio discriminante (*discriminant score*) col metodo della cross-validazione: la percentuale di casi correttamente riclassificati rappresenta una misura del grado di corrispondenza esistente tra la classificazione effettuata sulla base della livrea laterale e quella effettuata sulla base della forma del corpo. Utilizzando il *discriminant score* è possibile ricollocare tutti gli individui in un grafico, rappresentante lo spazio statistico definito dalle funzioni discriminanti stesse. Risulta inoltre possibile calcolare il *discriminant score* di individui non appartenenti al *dataset* che è servito per calcolare le funzioni discriminanti. In questo modo, anche gli individui dal fenotipo intermedio tra la trota fario e la trota marmorata ("Ibridi"), sono stati inseriti nel grafico e, nello spazio definito dalle funzioni discriminanti, la loro disposizione è stata studiata in relazione alla posizione dei raggruppamenti di individui appartenenti alle due forme pure.

Sono state eseguite le analisi statistiche per verificare la presenza di differenze a livello morfometrico tra gruppi di trote di diversa tipologia morfologica (marmorata, fario e "ibrido") anche appartenenti a bacini idrografici diversi. Al fine di escludere confronti tra gruppi di individui di età e dimensioni troppo diverse, si è proceduto ad una suddivisione in classi dimensionali di 100 mm di intervallo di lunghezza standard (*SL*): Classe dimensionale 0= da 0 a 99 mm; 1= da 100 a 199 mm; 2= da 200 a 299 mm; 3= da 300 a 399 mm; 4= superiore a 400 mm.

La procedura sopradescritta è stata utilizzata in tutti i confronti statistici in cui il test F condotto sulle SL dei gruppi dava risultato non significativo: in altre parole si eseguiva un confronto tra gruppi di dimensioni omogenee. Negli altri casi si è proceduto ad una standardizzazione dei dati grezzi, secondo il modello di accrescimento logaritmico allometrico proposto da SENAR *et al.* (1993) che consente di ricondurre individui di dimensioni diverse ad una dimensione standard prossima al valore medio (*size standardized*). I nuovi valori delle variabili sono stati ottenuti eseguendo una trasformazione logaritmica che tiene conto dell'effetto dell'accrescimento allometrico delle diverse porzioni del corpo. La trasformazione è stata eseguita con il programma SIZESTD fornito dagli autori J.C. Senar, J. Leonard e N.B. Metcalfe, per cui ciascun valore $Y(i,j)$ viene sostituito con $Y^*(i,j)$ calcolato secondo la formula:

$$Y^*(i,j) = Y(i,j) (X_0 / X(i))^{b_j}$$

dove i = osservazione (individuo); j = variabile (misura); $X(i)$ = valore della variabile indipendente per l'individuo i ; X_0 = valore standard per X ; b_j = coefficiente di regressione esponenziale per la variabile j dall'equazione $Y = a X^b$, calcolato dalla regressione lineare:

$$\ln(y) = \ln(a) + b \ln(X).$$

RISULTATI

Tutti i test eseguiti per verificare se l'errore nell'effettuare le misurazioni su immagine, fossero del medesimo ordine di grandezza di quelli che si compiono nella morfometria tradizionale misurando sul vivo, dimostrano che l'errore che si compie nell'eseguire più misurazioni sulla stessa immagine e da più immagini diverse che riprendono lo stesso soggetto risulta la metà (0,49 volte) di quello che compie eseguendo le misurazioni sul vivo usando calibri di precisione. Al PC, con le opzioni d'ingrandimento d'immagine, è infatti possibile raggiungere un elevato grado di precisione nel fissare i *landmark*. Particolare attenzione, però, deve essere posta nel modo e nella posizione in cui si trae l'immagine, sia in pellicola che in filmato, poiché l'errato posizionamento del soggetto, errati posizionamenti dell'obiettivo rispetto all'asse dell'animale, utilizzo di obiettivi e di distanze diverse dal piano focale e condizioni di luce che creano effetti d'ombra, possono influire –anche pesantemente– sulla qualità dell'immagine finale e sulla reale rappresentatività del soggetto e della sua forma.

Particolare attenzione deve essere posta quando si misurano individui di dimensioni molto diverse. In ogni caso, l'utilizzo di una griglia centimetrata sullo sfondo del soggetto da riprendere, consente di eseguire una serie di test preliminari allo studio, volti a verificare il grado di distorsione d'immagine dovuto a fattori pro-

spettici e ad errato posizionamento dell'obiettivo rispetto al soggetto.

Di rilevante importanza sono i risultati di altri test, che dimostrano come l'errore nelle misurazioni effettuate da diversi operatori sull'immagine, risulta essere 0,29 volte quello ottenuto nelle misurazioni effettuate dagli stessi operatori sul vivo; si evidenzia dunque un minor grado di soggettività che si traduce in una miglior ripetibilità. Un indubbio vantaggio, inoltre, è dato dal fatto che le misurazioni vengono eseguite su animali vivi, che non hanno subito congelamento e scongelamento con conseguente deformazione del corpo, a carico soprattutto dei tessuti molli.

Per una valutazione preliminare dei dati, sono stati prodotti i diagrammi di dispersione di tutti gli individui, riportando in ascissa i valori della lunghezza standard (SL) e in ordinata il valore dei dati grezzi per ognuna delle variabili. Già a livello grafico, per ognuna delle variabili studiate, si è potuta osservare una distinzione tra gli individui che sono stati classificati nei due gruppi morfologici sulla base dei caratteri cromatici della livrea. Indipendentemente per le due semispecie fario e marmorata, sono poi state calcolate le migliori funzioni che descrivono l'andamento e la distribuzione dei dati grezzi, calcolate in modo da massimizzare il coefficiente di determinazione R^2 .

Come si evince dalla tabella II, i tipi di funzione che descrivono l'andamento dei dati grezzi secondo le dimensioni dell'animale sono gli stessi sia per la trota fario che per la marmorata in tutte le variabili considerate, sebbene costanti e coefficienti siano risultati diversi, tanto da definire curve differenti per le due semispecie. Per le due semispecie si identificano pertanto modi sostanzialmente simili di accrescersi, anche se gli accrescimenti delle diverse porzioni del corpo rispetto alla lunghezza dell'animale presentano allometrie di tipo diverso. Le differenze sono maggiormente evidenti nei grafici dei residui trasformati ($ResT$) in cui per ognuna delle variabili, sono tracciate le funzioni che descrivono la distribuzione degli individui di ogni gruppo, in funzione del logaritmo della lunghezza del pesce ($\ln SL$).

È interessante notare come, per tutte le variabili studiate, la curva degli individui classificati "ibridi" sulla base dei caratteri cromatici della livrea, risulti intermedia a quelle delle due forme pure, *S. t. trutta* e *S. t. marmoratus* (Fig. 4). Nell'analisi eseguita su tutti gli individui di tutte le classi dimensionali di entrambi i morfotipi puri (provenienti dai corsi d'acqua del Piave, del suo affluente Stien, del Brenta, dell'Adige e del suo affluente Rio Prissiano, dell'Adda, del Ticino, del Pellice e degli affluenti Germanasca e Chisone), in tutte le variabili studiate –tranne la variabile $V4$ che è risultata significativamente correlata con le dimensioni del pe-

Tab. II. Sia per la semispecie *S.t. trutta* che per *S.t. marmoratus*, sono indicati i tipi di funzione che descrivono, per ognuna delle variabili studiate, l'andamento della curva di tendenza (tipo di allometria) in funzione della lunghezza del pesce (*SL*).Pow= funzione potenza di equazione $Y = b_0 + (b_1 * X) + (b_2 * X^2) + (b_3 * X^3)$; S= funzione di equazione $Y = e^{(b_0 + (b_1/X))}$

variabile	descrizione	Funzione		variabile	descrizione	Funzione	
		fario	marmorata			fario	marmorata
V2	distanza landmark 2-8	Pow (R ² =0,985)	Pow (R ² =0,996)	V3	Opercolo branchiale	Pow (R ² =0,935)	Pow (R ² =0,978)
V4	regione frontale	S (R ² =0,283)	S (R ² =0,436)	V5	seno angolo frontale	Pow (R ² =0,878)	Pow (R ² =0,901)
V6	coseno angolo frontale	Pow (R ² =0,985)	Pow (R ² =0,996)				

sce (*SL*)— sono state trovate differenze statisticamente significative tra i 2 gruppi (ANOVA: $P < 0,05$). Le prime 3 componenti della PCA spiegano complessivamente il 77,62% della varianza totale e le tre variabili maggiormente discriminanti estratte nella DA sono risultate V2, V3 e V6: rispettivamente distanza tra apice del muso e inserzione della pinna dorsale, dimensione dell'opercolo, e lunghezza della parte anteriore del corpo.

La prova della cross-validazione nella DA ha consentito di riclassificare correttamente il 90,9% dei casi esaminati, dimostrando che la discriminazione tra queste due semispecie, effettuata sulla base dei caratteri cromatici della livrea, trova una solida conferma anche su base morfometrica (Fig. 5). Una accurata analisi dei risultati ottenuti, ha poi consentito di verificare che i casi non correttamente riclassificati riguardavano per la maggior parte gli individui di più piccole dimensioni ($SL < 130$ mm). Questo fatto può trovare almeno due spiegazioni: la prima, di tipo statistico, è che il modello discriminante possa essere meno efficiente quando si trattano individui di taglia più piccola che presentano minor differenziamento nella forma del corpo; la seconda, è che gli individui più giovani siano stati classificati in modo meno preciso, in quanto i caratteri cromatici della livrea laterale, tipici delle due semispecie, risultano meno marcati nelle fasi giovanili e quindi alcuni individui leggermente “ibridi” potrebbero essere stati classificati come forme pure.

A parità di dimensione (*SL*), negli individui di trota fario, il valore della lunghezza della parte anteriore del corpo (V6) è mediamente minore del valore misurato negli individui di trota marmorata, mentre in questa ultima la profondità del dorso all'altezza della pinna dorsale (V5) risulta mediamente minore. Considerando inoltre che l'opercolo branchiale risulta di dimensioni maggiori nella trota marmorata (V3), la quale presenta anche un profilo dorsale anteriore meno arcuato (V4), si può concludere che la regione cefalica della trota

fario risulta mediamente più piccola rispetto a quella della trota marmorata, in accordo con le osservazioni storiche di GRIDELLI (1935) e POMINI (1937; 1939; 1940a; 1940b) e con i risultati di uno studio morfometrico e meristico di tipo tradizionale, effettuato sulla trota marmorata del fiume Brenta (LUCARDA, 1994).

Utilizzando la funzione discriminante ottenuta, sono stati calcolati i *discriminant score* di 52 individui di tipologia morfologica intermedia (“ibridi”) provenienti dagli stessi corsi d'acqua. Nell'istogramma delle distribuzioni delle frequenze dei *discriminant score* delle tre diverse categorie morfologiche (non mostrato), la curva di distribuzione degli individui “ibridi” si mostra ampia ed estesa tra le due distribuzioni delle forme pure fario e marmorata. Sottoposti a cross-validazione, solo il 15% degli individui “ibridi” è stato riclassificato non correttamente come fario, mentre una percentuale superiore (27%) è stata riclassificata come marmorata. Questo indica che gli individui comunemente definiti “ibridi”—che presentano una livrea con i caratteri cromatici misti delle due semispecie fario e marmorata— presentano anche una forma del corpo intermedia, sebbene più simile a quella della marmorata. Anche dal punto di vista meristico e della disposizione dei denti vomerini, gli “ibridi” risultano più simili alla trota marmorata (LUCARDA, 1994; MARTINI, 2000).

Questi risultati, peraltro, confermano quanto è anche apprezzabile, ma ovviamente non quantificabile, a livello visivo da parte di un esperto ittologo. Il fatto che gli individui “ibridi”, presentino un genotipo intermedio tra quello della trota fario e della trota marmorata, ma più vicino a questa ultima (CELEGATO, 1999; LUCARDA *et al.*, 2000), autorizza a ritenere che queste tipologie morfologiche non siano solo il frutto di una eccezionale plasticità fenotipica del gruppo *Salmo trutta*, magari condizionata dalle condizioni ambientali, ma che si tratti prevalentemente di individui derivanti dall'incrocio in natura tra le due semispecie, che manifestano pertanto caratteri genetici e morfologici interme-

di, apprezzabili sia a livello della livrea laterale che meristico e della forma del corpo.

Queste ultime evidenze osservate in soggetti che vivono in ambienti naturali, stanno trovando conferma in esperimenti di ibridazione geneticamente controllata tra le due semispecie in questione, in cui i soggetti derivati dall'incrocio risultano morfologicamente molto simili tra loro e assumono progressivamente, nello

sviluppo, caratteristiche morfologiche intermedie a quelle dei loro genitori (LUCARDA, dati preliminari non pubblicati).

La stessa procedura statistica applicata a sottogruppi di individui di classe dimensionale omogenea (classe 0 con *SL* compresa tra 0 e 99 mm; classe 1 tra 100 e 199 mm; classe 2 tra 200 a 299 mm, classe 3 tra 300 e 399 mm) provenienti dallo stesso bacino idrografico,

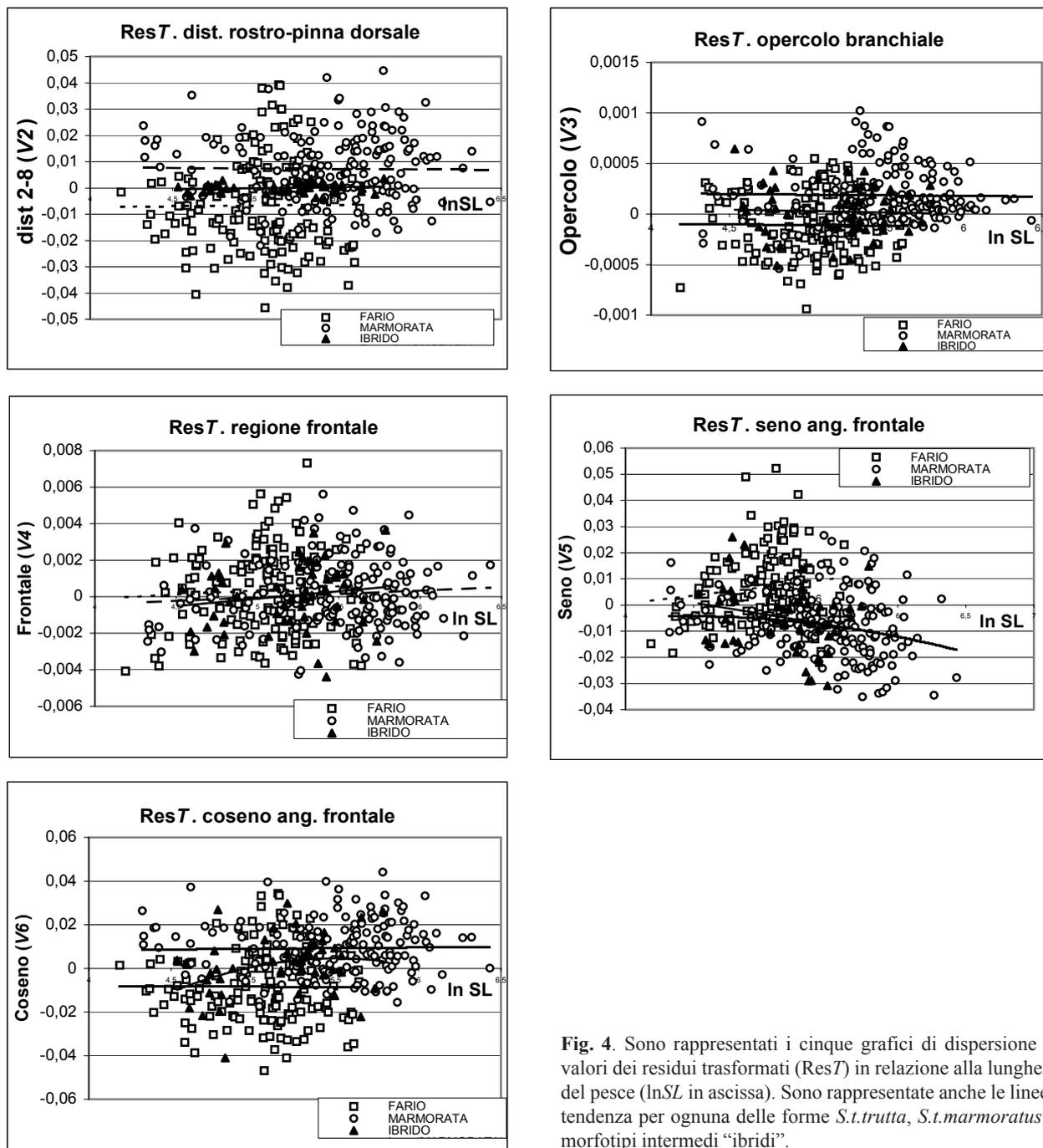


Fig. 4. Sono rappresentati i cinque grafici di dispersione dei valori dei residui trasformati (ResT) in relazione alla lunghezza del pesce (lnSL in ascissa). Sono rappresentate anche le linee di tendenza per ognuna delle forme *S.t.trutta*, *S.t.marmoratus* e i morfotipi intermedi "ibridi".

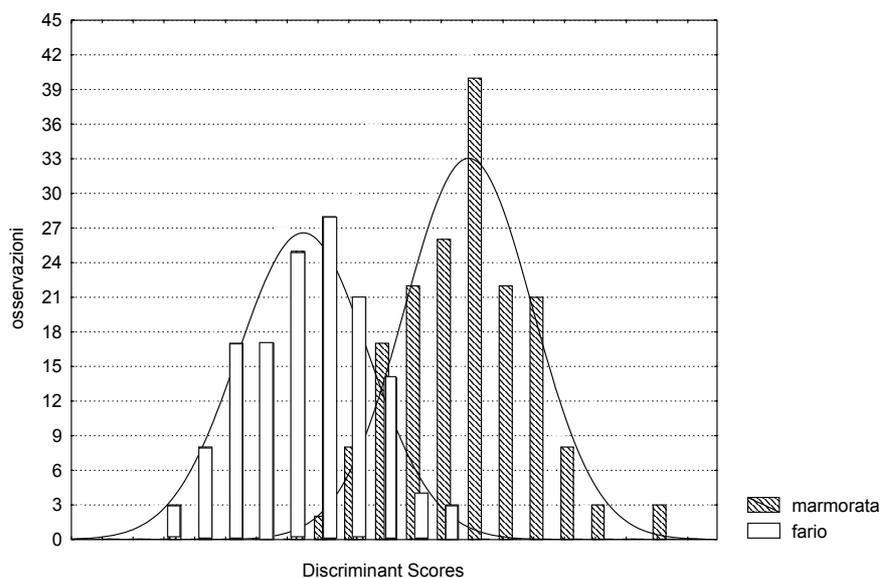


Fig. 5. Istogramma delle distribuzioni dei valori dei *discriminant score* ottenuti con l'analisi discriminante. Si noti che le due distribuzioni della trota fario e della trota marmorata risultano distinte, anche se parzialmente sovrapposte. La cross-validazione ha consentito di riclassificare correttamente il 90,9% dei casi esaminati, dimostrando che esiste una forte corrispondenza tra la livrea e la forma del corpo.

ha fornito funzioni discriminanti che hanno consentito di riclassificare correttamente percentuali crescenti di individui "ibridi" al crescere della classe dimensionale (45,4% nella classe 0; 55,6% nella classe 2; 65,5% nella classe 3). Questo potrebbe indicare sia l'esistenza di minori differenze morfologiche tra gli individui più piccoli, sia un maggior margine d'errore nel classificarli sulla base della livrea laterale e della disposizione delle macchie "parr".

Sul torrente Stien, un torrente tipico ed ecologicamente preservato all'interno del Parco Naturale Dolomiti Bellunesi, è stato raccolto un numero sufficiente di campioni e d'immagini da consentire un confronto tra 3 gruppi di "ibridi" definiti sulla base della relativa somiglianza ai morfotipi puri, fario e marmorata. La disposizione dei tre gruppi di "ibridi", nel grafico (non mostrato) ottenuto dalla DA effettuata tra 5 gruppi (le due forme pure e le tre classi intermedie) mostra come i due gruppi di "ibridi" classificati come più simili alle forme pure sulla base della livrea, si posizionino in prossimità dei rispettivi raggruppamenti delle due forme pure. Il 46,5% dei casi cross-validati correttamente nei 5 gruppi, starebbe ad indicare come la forma del corpo degli individui "ibridi" di taglia superiore ai 200 mm, trovi una buona corrispondenza nella livrea laterale.

Risultati sovrapponibili a questo sono stati ottenuti con gli individui più giovani di classe dimensionale compresa tra 100 e 199 mm, per i quali, nel grafico definito dalle funzioni discriminanti, si è osservata una sequenza nella disposizione degli individui che riflette

quasi fedelmente la classificazione effettuata sulla base del cromatismo della livrea e della disposizione delle macchie "parr".

Analoghe indicazioni sono state ottenute su altri corsi d'acqua, anche se conseguite con *dataset* ridotti e non sempre sufficientemente rappresentativi; questo confermerebbe in via preliminare che si tratti di un fenomeno comune ai corsi d'acqua in cui la trota fario e la trota marmorata sono compresenti e s'incrociano dando origine a tipologie morfologiche intermedie.

I test di confronto statistico tra gruppi di individui che mostravano un'elevata purezza della livrea delle forme *S. trutta trutta* e *S. trutta marmoratus* sono risultati complessivamente non significativi in 1 solo confronto su 19 effettuati, pari al 5,2 % dei confronti effettuati, valore prossimo alla soglia del 5% considerata statisticamente accettabile come errore. I test di confronto statistico tra gruppi di individui di classe dimensionale 1 sono sempre risultati significativi, confermando che, sin dagli stadi giovanili, *S. trutta trutta* e *S. trutta marmoratus* presentano una forma del corpo diversa, anche se difficilmente apprezzabile in modo visivo.

Si può concludere quindi che, anche con la morfometria basata su analisi d'immagine, si è in grado di apprezzare significativamente le differenze morfologiche esistenti tra queste due semispecie.

I test di confronto statistico tra gruppi di individui di trota fario e di tipologia morfologica intermedia ("ibridi") provenienti dai diversi bacini idrografici studiati sono risultati complessivamente non significativi in

soli 2 confronti su 12, mentre i test statistici di differenziamento tra gruppi di individui di trota fario e di tipologia morfologica intermedia provenienti dal medesimo corso d'acqua sono risultati complessivamente non significativi in 2 confronti su 3. I test di confronto statistico tra gruppi di individui di trota marmorata e di tipologia morfologica intermedia ("ibridi") provenienti dai diversi bacini idrografici studiati sono risultati complessivamente non significativi in soli 3 confronti su 26, mentre i test statistici di differenziamento tra gruppi di individui di trota marmorata e di tipologia morfologica intermedia ("ibridi") provenienti dal medesimo corso d'acqua sono risultati complessivamente non significativi in 2 confronti su 5.

Questi risultati indicano chiaramente che le differenze tra le diverse tipologie morfologiche aumentano se gli individui provengono da bacini idrografici diversi. Tali differenze possono essere imputabili sia ai diversi fattori ambientali tipici d'ogni corso d'acqua, fattori che possono influire sullo sviluppo e sulla forma del corpo, sia al fatto che si tratta effettivamente di popolazioni di trote isolate tra loro che sono andate incontro ad un certo differenziamento, peraltro riscontrato anche a livello genetico (LUCARDA *et al.*, 1999). Quest'ultima ipotesi, di differenziamento morfologico su base geografica, è almeno in parte suffragata dal fatto che i confronti tra gruppi di trota marmorata dal fenotipo puro, provenienti dai diversi corsi d'acqua studiati, sono risultati statisticamente significativi in 25 confronti su 31, cioè nell'81% dei confronti.

I test di confronto statistico eseguiti tra gruppi di individui della medesima tipologia morfologica, campionati all'interno del bacino del Piave ma su corsi d'acqua ecologicamente diversi, quali i tratti artificiali canalizzati e l'ambiente naturale torrentizio, hanno dato risultati significativi sia per le trote fario che per le marmorate di classe dimensionale superiore ai 200 mm, cioè adulti e subadulti. La funzione discriminante ottenuta, infatti, ha prodotto in cross-validazione, una riclassificazione corretta dell'82% dei soggetti analizzati. Sembra quindi presente un'energica azione modellatrice sulla forma del corpo dell'animale, esercitata dall'ambiente acquatico, da intendersi nel senso più ampio, come morfologia e disomogeneità del fondo, disponibilità alimentari, pendenza dell'alveo e velocità della corrente, presenza o meno di rifugi, limpidezza dell'acqua, variabilità ambientale, ecc. In alternativa, si può ipotizzare un'azione selettiva dell'ambiente nei confronti degli individui che presentano caratteristiche morfologiche che più o meno si adattano ad un determinato tipo di ambiente.

Nella sostanza, si è evidenziato che, sia per le fario che per le marmorate, nei corsi d'acqua artificializzati e rettificati, caratterizzati da ridotta variabilità ambien-

tale, assenza di ripari, minor limpidezza dell'acqua, corrente omogenea e velocità pressoché costante, gli individui tendono a presentare un profilo frontale più arcuato (*V4*) e una maggior profondità del dorso all'altezza della pinna dorsale (*V5*) rispetto a quelli che vivono negli ambienti naturali torrentizi che, invece, assumono una forma più affusolata, soprattutto nella porzione anteriore del corpo. La medesima tendenza ad assumere una forma del corpo più tozza e che maggiormente si avvicina a quella della trota fario, è stata osservata negli individui adulti di ceppo Tagliamento e Isonzo, che sono mantenuti in vasche di piscicoltura.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'obiettivo del presente studio di morfometria su *Salmo trutta trutta* e *Salmo trutta marmoratus*, è quello di verificare la possibilità di sostituire il metodo morfometrico classico, che richiede il sacrificio degli animali studiati, con un metodo non distruttivo che consenta di studiare la forma del corpo di un numero elevato di individui. Questo studio preliminare rivela che la morfometria basata su analisi d'immagine è un metodo idoneo, poco costoso, molto flessibile, relativamente veloce e sicuramente affidabile, in quanto tutti i test eseguiti per confrontare le differenze tra misurazioni sul vivo e misurazioni da immagine hanno dimostrato che, se l'immagine è stata ricavata in modo corretto, il metodo digitale risulta più preciso e riproducibile, oltre ad essere meno affetto da soggettività nell'esecuzione delle misurazioni.

Il metodo offre inoltre l'impareggiabile vantaggio di non essere distruttivo e di essere applicabile su popolazioni che debbono essere salvaguardate, prestandosi anche a studi sull'evoluzione della forma, in quanto è possibile fotografare più volte gli stessi soggetti durante lo sviluppo e studiarne con precisione gli effetti allometrici nell'accrescimento. Immagini di buona qualità, o più riprese di diversi particolari, permettono di eseguire con estrema precisione anche alcuni conteggi meristici, quali il numero di scaglie e il numero di raggi delle pinne pettorali e ventrali.

Il suo carattere conservativo lo rende compatibile anche con studi di ecologia delle popolazioni ittiche, sulla distribuzione, struttura e dinamica delle popolazioni, in quanto il prelievo dei campioni dal fiume è solo temporaneo e non altera gli equilibri della comunità ittica. Gli individui, infatti, dopo essere stati anestetizzati e fotografati, vengono reimmessi nell'esatto punto di cattura e, se le operazioni di campionamento sono condotte con particolari accorgimenti, lo stress indotto agli animali diventa davvero minimo.

Per gli obiettivi del lavoro, cioè studiare il grado di variabilità morfologica ad un livello intraspecifico, è

stato necessario pervenire alla corretta determinazione delle funzioni che descrivono l'accrescimento delle diverse porzioni del corpo rispetto alla lunghezza del pesce (allometria). A questo livello, infatti, sono attese differenze piuttosto piccole, le quali non possono venir mascherate da standardizzazioni effettuate in modo generico o approssimativo, che si rendono necessarie quando si devono confrontare soggetti di dimensioni diverse.

L'elevato numero di immagini raccolto ha consentito di saggiare sia le differenze tra diverse tipologie morfologiche (fario, marmorata e morfotipi intermedi), quanto le differenze tra uguali tipologie morfologiche, provenienti però da bacini idrografici diversi oppure da ambienti acquatici differenti. Questo ha permesso, seppur in via preliminare e talora traendo solo indicazioni a causa della disponibilità di un numero esiguo di dati, di ottenere risultati da un numero elevato di confronti tra gruppi di individui, distinti per classi dimensionali.

Sono emerse differenze significative tra le diverse categorie morfologiche, sia provenienti da fiumi diversi, sia catturati in corsi d'acqua dello stesso bacino idrografico. I risultati, nel complesso, indicano che le differenze morfologiche tra *S. t. trutta* e *S. t. marmoratus* sono principalmente localizzate nella regione del capo e in generale nella porzione anteriore del corpo, confermando quanto già emerso in uno studio di morfometria tradizionale, effettuato su individui del fiume Brenta (LUCARDA, 1994).

Nella maggior parte dei casi in cui sono stati posti a confronto gruppi di individui di trota marmorata, catturati in ambienti simili di bacini fluviali diversi, si sono potute osservare differenze nella forma del corpo che, talora, trovano corrispondenza anche in livree con un tipo di marmoreggiatura diversa. Sono in fase di studio alcuni metodi analitici, basati su elaborazione d'immagine digitalizzata, volti a rimpiazzare il metodo visivo di valutazione del cromatismo e della disposizione delle macchie della livrea che soffre di notevole soggettività, allo scopo di giungere ad una maggior precisione e ripetibilità nella classificazione.

Analoghi risultati, seppur con differenze meno marcate, sono emersi nei confronti tra gruppi di individui della medesima semispecie, campionati in ambienti ecologicamente diversi dello stesso bacino idrografico, quindi del medesimo "ceppo genetico". Si evidenzia dunque un'influenza delle condizioni ambientali sullo sviluppo e sulla forma del corpo degli animali, particolarmente marcata nel caso di individui che vivono in tratti di fiume canalizzato e artificiale.

Per ognuna delle variabili studiate, le curve di accrescimento delle tipologie morfologiche intermedie tra la trota marmorata e la trota fario (comunemente chia-

mati "ibridi" nelle popolazioni di trota in cui sono presenti entrambe le semispecie) sono risultate intermedie a quelle delle due forme pure. Questa evidenza supporterebbe quindi la tesi che tali individui siano realmente il risultato di incroci che avverrebbero in natura tra le due semispecie, in accordo con i risultati di recenti studi di genetica effettuati su alcune popolazioni dell'arco alpino.

All'interno della categoria degli "ibridi", è emersa inoltre una solida corrispondenza tra la classificazione effettuata sulla base dei caratteri cromatici della livrea e quella basata sullo studio della forma. Occorre precisare che la prima ha richiesto una rigorosa definizione della procedura di classificazione, per il fatto che il cromatismo della livrea del pesce risulta molto condizionato dall'incidenza della luce, dalla fase di sviluppo dell'individuo, dallo stato di stress dell'animale quando viene catturato e manipolato e delle caratteristiche dell'ambiente in cui l'animale vive. Sicuramente una classificazione basata sulla forma del corpo non risente di questi fattori (soprattutto esclude soggettività nell'interpretazione), anche se, come dimostrato nel presente studio, nel medio-lungo termine, l'ambiente sembra svolgere un'azione determinante nel modellare lo sviluppo e la forma del corpo dell'animale. La componente ambientale pertanto, non sembra poter essere trascurata ai fini di una corretta interpretazione dei risultati prodotti dai modelli statistici.

In individui adulti, che vengono mantenuti in vasche di allevamento e alimentati artificialmente in quanto utilizzati come riproduttori nelle campagne ittiogeniche dei fiumi Tagliamento e Isonzo, si è riscontrato che il corpo assume una forma che maggiormente si avvicina a quella della trota fario, fenomeno presente – seppur in modo meno marcato – anche in pesci catturati nei tratti di fiume ad alveo canalizzato. Almeno due ipotesi possono spiegare queste evidenze: la prima, è che le condizioni idrologiche che si determinano in ambienti con pareti lisce e fondo in cemento riescano nel tempo ad indurre una particolare modificazione del corpo facendo leva sulle caratteristiche di plasticità fenotipica della specie; la seconda, è che tale ambiente, il tipo di alimentazione, la sovradensità e la presenza umana, costituiscano fattori di selezione contro la forma del corpo più "selvatica", caratteristica degli individui che vivono nei torrenti e nei fiumi, dove agisce la selezione naturale.

È importante non trascurare soprattutto la seconda ipotesi, tenendo presente che la selezione sui fenotipi che avviene in ambiente artificiale potrebbe accompagnarsi ad una selezione sui genotipi, a favore di quelli più "domestici" e a scapito di quelli più puri, con inevitabile perdita dei caratteri di rusticità che sono prerogativa degli animali selvatici in natura e che hanno

garantito la sopravvivenza delle specie fino ai nostri giorni. Per ovviare a questo tipo di problemi, gli impianti ittici destinati alla produzione di trota marmorata da ripopolamento, dovrebbero poter disporre di ambienti più ampi e naturalizzati per la stabulazione dei riproduttori, adottare alcuni accorgimenti nel tipo e nella modalità di somministrazione dell'alimento che non producano associazione tra la presenza umana e quella del cibo e operare con tecniche di allevamento di tipo non intensivo, in modo da rendere le condizioni di vita dei pesci più vicine a quelle naturali.

Insieme alle analisi genetiche, l'analisi della forma su immagine, basata su una morfometria e una statistica diverse da quelle utilizzate nel presente studio, che è di tipo preliminare, sono in fase di applicazione per la selezione, in popolazioni "ibride", di individui più puri da destinarsi alla riproduzione artificiale. Le iniziative di recupero e ricostituzione delle popolazioni di trota marmorata sono sempre più diffuse attraverso tutto l'areale della semispecie in quanto, quasi ovunque, la trota marmorata è seriamente minacciata da introgressione genetica di genotipi alloctoni e da preoccupanti contrazioni di areale.

Le evidenze di significative differenze morfologiche fra trote marmorate dei diversi distretti idrografici trovate in questo studio, danno maggior significato alle differenze già riscontrate sia a livello genetico (LUCARDA, 1999; SIMONATO, 2001) che morfologico e meristico (MARTINI, 2000) e dovrebbero essere tenute in considerazione nei piani di gestione e conservazione dei patrimoni ittici autoctoni. L'esistenza di differenze apprezzabili, siano esse frutto di un isolamento tra le diverse popolazioni o degli effetti della selezione naturale e dell'adattamento all'ambiente, rappresenta di per sé motivo sufficiente perché queste differenze debbano essere mantenute e conservate. Le pratiche di transfaunazione di ceppi di trota marmorata tra diversi fiumi e diversi bacini, che dissipano queste diversità, continuano ad essere eseguite con sprovveduta disinvoltura e noncuranza sia di questo problema biologico, quanto dei pericoli che pratiche di questo tipo rappresentano, in termini di sanità animale, di allargamento del fenomeno dell'ibridazione, di omogeneizzazione delle forme viventi e, in ultima analisi, delle capacità autoconservative della specie, che da queste problematiche dipendono.

BIBLIOGRAFIA

- ARGENTON F., BARGELLONI L., PATARNELLO T., COLOMBO L., BORTOLUSSI M., 1992. Risk of introgressive hybridization between fario and marmoratus morphs of *Salmo trutta* in north-eastern Italy as evidenced by mitochondrial DNA analysis. *Riv. Ital. Acquacoltura*, **27**: 119-126.
- BERREBI P., POVZ M., JESENSEK D., CATTANEO-BERREBI G., CRIVELLI A.J., 2000. The genetic diversity of native, stocked and hybrid population of marble trout in the SoCa River, Slovenia. *Heredity*, **85**: 277-287.
- BUDA-DANCEVICH M., PARADISI S., SILLANI L., SPECCHI M., 1982. Osservazioni preliminari sulla distribuzione di alcune specie ittiche del Friuli-Venezia Giulia. Quaderni Ente Tutela Pesca, Udine, *Riv. Limnol.*, **5**, 24 pp.
- CELEGATO B., 1999. *Utilizzo dei marcatori microsatelliti nello studio della genetica di popolazione di Salmo trutta L. a livello micrografico*. Tesi di laurea in Scienze Biologiche. Università di Padova.
- DELLING B., CRIVELLI A.J., RUBIN J.F., BERREBI P., 2000. Morphological variation in hybrids between *Salmo marmoratus* and alien *Salmo* species in the Volarja stream, SoCa River basin, Slovenia. *Journal of fish Biology*, **57**: 1199-1212.
- DOROFEEVA E.A., VUKOVIC T., SERATLIC D., 1991. Osteological features of the endemic balkan marble trout, *Salmo marmoratus* Cuv. (Salmonidae). *Journal of Ichthyology* **31**: 113-121.
- FINK W. L., 1990. Data acquisition for morphometric analysis in Systematic biology. In: *Proceedings of the Michigan morphometrics workshop*, F. J. Rohlf and F. L. Bookstein (eds). University of Michigan Museum of Zoology Special Publication, **2**: 9-19.
- FORNERIS G., PALMEGIANO G.B., ALESSIO G., 1988. Sperimentazione per unità produttive molecolari di allevamento per il recupero e la conservazione di specie autoctone – *Salmo trutta* e *Salmo marmoratus* – in provincia di Torino. *Ambiente e risorse*, **2**: 39-42.
- FORNERIS G., BADINO G., LODI E., 1990. *Carta ittica della Regione Piemonte*. Vol. I, II, III. Regione Piemonte.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., 1987a. I pesci delle acque interne italiane: aggiornamento e considerazioni critiche sulla sistematica e la distribuzione. *Atti Soc. ital. Sci. Nat. Museo Civ. Stor. Nat. Milano*, **128**: 3-56.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., 1987b. About some systematic problems concerning the italian inner-water fish fauna. *Atti II Convegno. A.I.I.A.D.*, Torino: 131-145.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. In: *Ipesci delle acque interne italiane*. Ministero dell'Ambiente e Unione Zoologica Italiana. Ist. Pol. e Zecca dello Stato, Roma, 617 pp.
- GARCIA-VALDECASAS A., 1996. Two-dimensional imaging. In: *Advances in Morphometrics*. Edited by L.F. Marcus et al., Plenum Press, New York: 71-81

- GIUFFRÀ E., BERNATCHEZ L., GUYOMARD R., 1994. Mitochondrial control region and protein coding genes sequences variation among phenotypic forms of brown trout *Salmo trutta* from northern Italy. *Molecular Ecology*, **3**: 161-171.
- GIUFFRÀ E., GUYOMARD R., FORNERIS G., 1996. Phylogenetic relationships and introgression patterns between incipient parapatric species of Italian brown trout (*Salmo trutta* L. complex). *Molecular Ecology*, **5**: 207-220.
- GRIDELLI E., 1935. Le trote della Venezia Giulia. *Note Ist. Biol. Marina Rovigno*, **16**: 10pp.
- GRIDELLI E., 1936. I pesci d'acqua dolce della Venezia Giulia. *Boll. Soc. Adriat. St. Nat.*, **35**: 7-140.
- LUCARDA A.N., 1994. *Osservazioni sulla biologia, ecologia e distribuzione di Salmo (trutta) marmoratus (Cuvier, 1817) nel Fiume Brenta*. Tesi di laurea in Scienze Biologiche. Università di Padova.
- LUCARDA A.N., 1999. *Studio della genetica di popolazione di Salmo (trutta) marmoratus (Cuvier, 1817)*. Tesi di Dottorato di Ricerca. Università di Bologna.
- LUCARDA A.N., BARGELLONI L., PATARNELLO T., 1999. Caratterizzazione genetica di popolazioni di *Salmo (trutta) marmoratus* (Cuvier, 1817) mediante l'uso di marcatori genetici nucleari: risultati preliminari. *Quaderni ETP* **28**: 1-5.
- LUCARDA A.N., FORNERIS G., PATARNELLO T., PASCALE M., 2000. Studio di genetica di popolazione della trota marmorata, trota fario e dei fenotipi ibridi nel bacino del fiume Pellice (Piemonte, Italia). *Quaderni ETP* **29**: 13-22.
- MARTINI M., 2000. *Caratterizzazione morfometrica e meristica di Salmo trutta marmoratus, Salmo trutta trutta e del loro ibrido naturale*. Tesi di laurea in Medicina Veterinaria. Università di Padova.
- MIYAKE Y., INOUÈ S., TAMOTO Y., KUBO S., 1984. Evaluation of image quality of digital pictures obtained by drum scanner and photo-printer. In: *Photographic and electronic image quality*. H. M. Graves (ed.), Royal Photographic Society, Cambridge: 62-66.
- POMINI F.P., 1937. Osservazioni sull'ittiofauna delle acque dolci del Veneto e indagini riguardanti la Pesca. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **13**: 262-312.
- POMINI F.P., 1939. Studi sullo sviluppo delle trote italiane. Stadi larvali e primi stadi postlarvali della trota del Piave. *Arch. Zool. Ital.* **27**: 407-428.
- POMINI F.P., 1940a. Il problema biologico dei *Salmo*. *Arch. Zool. Ital.* **28**: 421-481.
- POMINI F.P., 1940b. La livrea delle trote ed il reale significato del loro polimorfismo. *Atti Soc. Ital. Sci. Nat.*, **79**: 69-84.
- SENAR J.C., LEONARD J., METCALFE N.B., 1993. Wing-shape variation between resident and transient wintering siskins (*Carduelis spinus*). *Ornis Scandinavica*.
- SIMONATO M., 2001. *Studio della variabilità genetica mitocondriale in popolazioni italiane di Salmo trutta*. Tesi di laurea in Scienze Biologiche. Università di Padova.

Sperimentazione di miglioramento genetico su ceppi di trota iridea *Oncorhynchus mykiss* (Walb.)

Leonardo Pontalti*, Alvise Vittori

Istituto Agrario di S.Michele all'Adige (TN)

* Referente per la corrispondenza: fax 0461 841592; leonardo.pontalti@ismaa.it

Riassunto

Due diversi ceppi di trota iridea *Oncorhynchus mykiss* (Walb.), il primo selezionato in piscicoltura, il secondo acclimatato da più di trent'anni in un corso d'acqua di un parco naturale del Trentino, sono stati incrociati fra loro. Le progenie ottenute (50 famiglie) sono state allevate in ambiente comune, con acqua ricircolata. Si sono rilevati i dati sull'accrescimento e si sono confrontate le percentuali di sopravvivenza.

PAROLE CHIAVE: miglioramento genetico / rusticità / trota iridea / *Oncorhynchus mykiss*

Genetic improvement of Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* (Walb.) strains

Two Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* (Walb.) strains were cross-bred. The first is a fish farm selected strain; the second is a over thirty years acclimatized strain, living in a natural park of Trentino (Italy). Fifty progenies were obtained. The progenies were reared in the same conditions, with a water recycling system. Growth data and survival percentages are given.

KEY WORDS: genetic improvement / wildness / Rainbow trout / *Oncorhynchus mykiss*

INTRODUZIONE

Fin dai primi del '900, in alcune piscicoltura del Trentino si fecondavano le fattrici di trota fario, allevate in vasca, con i maschi catturati nel fiume Sarca, al fine di migliorare la rusticità e la resistenza della progenie alle condizioni di allevamento. Tale pratica è andata in disuso negli ultimi decenni, soprattutto per le difficoltà burocratiche intervenute.

Nel frattempo si è visto che i ceppi di trota selezionati per generazioni in piscicoltura vanno ingentilendosi e perdono la loro rusticità (VIBERT e LAGLER, 1961). Variazioni anche modeste delle condizioni d'allevamento facilitano l'insorgenza di malattie, con forti mortalità; inoltre, quando vengono seminati nelle acque pubbliche, questi ceppi non si ambientano. Anche la trota iridea, se non è sostenuta da continue semine, scompare dai torrenti dove è stata immessa (GANDOLFI *et al.*, 1991).

Qualche ceppo di trota iridea di remota immissione si è tuttavia acclimatato in alcuni corsi d'acqua del

Trentino. Si tratta di corsi d'acqua di piccole dimensioni (con portata di poche decine di litri d'acqua al secondo), lontani dalle piscicoltura, nei quali la riproduzione spontanea della trota iridea è nota da decenni (AA.VV., 1980). Queste sono popolazioni che hanno subito meno a lungo gli effetti della selezione in piscicoltura, ma sono state sottoposte per diverse generazioni alla selezione dell'ambiente naturale. Attingendo a questi ceppi di trota iridea, si è voluto verificare l'utilità del lavoro di rinsanguamento che veniva fatto dai primi piscicoltori.

MATERIALI E METODI

Nel bacino del torrente Travignolo, nel Parco naturale di Paneveggio-Pale di S. Martino, esiste un ceppo di trota iridea acclimatato. La riproduzione in natura avviene nel mese di maggio dopo lo scioglimento primaverile della neve, nello stesso periodo in cui avviene nei ceppi di *redband trout* stanziati in alcuni

ruscelli del nord della California, l'originario areale di distribuzione di questa specie (BEHNKE, 1992). Nella piscicoltura dell'Istituto, alimentata con acqua di pozzo, la maturazione delle gonadi anticipa a gennaio.

La prima immissione documentata di trota iridea nel torrente Travignolo risale al 1896, ed avvenne nella quantità di 3.000 avannotti, provenienti dall'incubatoio del sig. Dellagiacomina di Predazzo (BIASIONI, 1896). In seguito vennero fatte altre immissioni di questa specie, fino agli anni '70, quando sia le semine che la pesca furono vietate, divieto che vige tuttora.

La trota iridea è presente solo sporadicamente nel torrente Travignolo, che è abitato quasi esclusivamente dalla trota fario (*Salmo [trutta] trutta* L.); la presenza dell'iridea è concentrata in due affluenti di destra, il rio Luribrutto e il rio Bocche, dove la fario è rara. Qui la trota iridea forma due nuclei che si autosostengono e che, probabilmente, derivano dallo stesso ceppo iniziale.

Il ceppo di trota iridea acclimatato nel Parco è stato riprodotto in incubatoio di valle e portato, allo stadio di

uova embrionate, nella piscicoltura dell'Istituto Agrario. Qui l'allevamento è continuato nelle stesse condizioni degli altri ceppi presenti in piscicoltura, fino allo stadio di riproduttore (peso corporeo attorno ai 500 g). All'inizio del periodo riproduttivo, si sono scelti 42 maschi e 83 femmine fra gli esemplari di due anni con gonadi in riproduzione che presentavano le migliori caratteristiche fenotipiche e dimensioni simili: 18 maschi e 35 femmine appartenenti al ceppo acclimatato a Paneveggio, 24 maschi e 48 femmine appartenenti a un ceppo di piscicoltura. Si sono utilizzati i maschi del ceppo selvatico acclimatato (Ms) per fecondare le femmine del loro ceppo (Fs) e del ceppo di piscicoltura (Fp); lo stesso si è fatto con i maschi del ceppo di piscicoltura (Mp) (Tab. I). Il seme di un maschio è stato utilizzato per fecondare, separatamente, le uova di due femmine, andando le uova fecondate di ogni femmina a costituire una famiglia. Sono state così realizzate 83 famiglie. I parentali, tenuti in vasca comune, sono stati resi riconoscibili individualmente con marchietti P.I.T. (Passive Integrated Transponder)

Tab. I. Incroci eseguiti e risultati di sopravvivenza delle progenie allevate in acqua parzialmente ricircolata (spiegazioni nel testo).

Incrocio	N° famiglie					Numerazione	Padre	N° uova alla fecondaz.	N° trotelle 5-8 cm	% sopravv.	Lunghezza tot. media (cm)
	famiglie fatte alla fecondaz.	scartate riass.sacco (sopravv. <20 %)	inizio alimentaz. con sbri-ciolato	scartate taglia 4 cm (sopravv. <10%)	prosegue alimentaz. con pellet						
Mp x Fp	28	8	20	13	7 (25 %)	1	A	641	131	20	6,3
						2	B	423	52	12	5,9
						3	C	641	167	26	6,2
						4	D	687	71	10	5,4
						5	E	849	103	12	6,4
						6	E	733	155	21	5,7
						7	F	791	106	13	5,4
Media:										16,29	5,9
Dev. st.:										6,02	0,42
Ms x Fp	20	13	7	2	5 (25 %)	1	A	761	92	12	6,3
						2	B	563	132	23	5,8
						3	B	755	108	14	5,5
						4	C	358	92	25	6,8
						5	C	416	125	30	5,8
Media:										20,8	6,04
Dev. st.:										7,60	0,51
Mp x Fs	19	12	7	5	2 (10 %)	1	G	764	90	12	6,8
						2	H	693	102	14	6,9
Ms x Fs	16	6	10	6	4 (25 %)	1	D	629	73	11	6,1
						2	E	660	74	11	5,7
						3	F	983	134	13	6
						4	G	1036	170	16	6,2
Media:										12,75	6
Dev. st.:										2,36	0,22
TOTALE	83	39	44	26	18						



Fig. 1. Dispositivi d'identificazione P.I.T. (Passive Integrated Transponder).

(Fig. 1) iniettati sottocute vicino alla pinna dorsale (Fig. 2), prevedendo la possibilità di riutilizzo mirato nella stagione riproduttiva successiva.

Le uova di ogni famiglia, collocate su un telaino, sono state messe a dimora in una vaschetta da 75 x 30 x 25 cm costruita in lamiera d'acciaio forata (fori da 2 mm); le vaschette sono state immerse nelle vasche in vetroresina dell'avannotteria provvedendo, a partire dallo stadio di embrionatura, a cambiare a rotazione la loro posizione reciproca in occasione delle operazioni di pulizia. Nelle vaschette si è svolta la fase di allevamento che va dalla schiusa allo stadio di trotella di 5-8 cm (età 25 settimane). L'alimentazione, costituita da mangime commerciale, è stata somministrata *ad libitum*: si è iniziato con sbriciolato estruso per svezza-mento (proteine 55%, grassi 10%, fibra 0,6%, ceneri 11,5%); si è continuato con pellet estruso per accre-scimento (proteine 49%, grassi 23%, fibra 0,5%, ceneri 11%).

Al fine di evidenziare e distinguere meglio la resistenza delle singole progenie alle condizioni di stress dell'ambiente di piscicoltura, tali condizioni sono state volutamente accentuate utilizzando acqua ricircolata per tre quarti della portata. Lo sviluppo embrionale e l'allevamento sono perciò avvenuti in acqua con queste caratteristiche: temperatura 9-14,5 °C, pH 7,5, conducibilità 600 µS/cm, azoto ammoniacale fino a 0,2 mg/L, azoto nitroso fino a 0,1 mg/L, ossigeno disciolto al di sotto della saturazione. I valori massimi della temperatura, dell'azoto ammoniacale e dell'azoto nitroso si sono registrati verso la fine della prova. Sono state fatte le consuete disinfezioni per contenere le patologie da batteri e da parassiti (GHITTINO, 1985): durante lo stadio di uovo, 2 mL/L di formaldeide 24% per 15 minuti ogni giorno; a partire dallo stadio di avannotto, 260 mL/m³ di formaldeide 24% per 15 minuti due volte la settimana, alternati a 5 g/m³ di cloramina T per 15 minuti due volte la settimana, con



Fig. 2. Introduzione del P.I.T. sottocute nel pesce.

by-pass al biofiltro, eliminazione allo scarico dell'acqua disinfettata e rabbocco. Non sono stati usati antibiotici.

Allo stadio di avannotto con sacco vitellino, le famiglie che presentavano una sopravvivenza inferiore al 20 % rispetto al numero di uova fecondate sono state scartate. Lo stesso è stato fatto allo stadio di trotella di 4 cm, scartando le famiglie che presentavano una sopravvivenza inferiore al 10 %. La sopravvivenza è stata rilevata per conteggio. La lunghezza totale media è stata ricavata da campioni casuali di 50 individui per famiglia.

RISULTATI

Le fattrici di piscicoltura hanno dato mediamente 1.400 uova per kg di peso corporeo; quelle selvatiche ne hanno prodotte 2.200 (valore rilevato per conteggio). Delle 83 famiglie di partenza (febbraio), alla fine della prova (agosto) ne sono rimaste 18 (Tab. I e Fig.

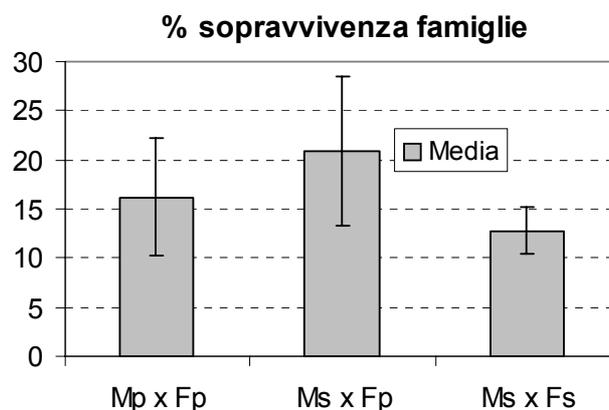


Fig. 3. Percentuale di sopravvivenza delle famiglie. Mp x Fp = incrocio maschio ceppo piscicoltura x femmina ceppo piscicoltura; Ms x Fp = incrocio maschio ceppo selvatico x femmina ceppo piscicoltura; Ms x Fs = incrocio maschio ceppo selvatico x femmina ceppo selvatico

3).

L'incrocio Mp x Fp (28 famiglie) ha avuto 8 famiglie scartate prima dell'inizio dell'alimentazione (quelle con sopravvivenza < 20 %) e 13 dopo (quelle con sopravvivenza < 10 %). Allo stadio di trotella di 5-8 cm sono arrivate 7 famiglie. Queste famiglie presentavano i seguenti valori medi: sopravvivenza 16,2 %, lunghezza totale delle trotelle 5,9 cm.

Nella progenie dell'incrocio Ms x Fp (20 famiglie) sono state scartate 13 famiglie prima dell'inizio alimentazione e 2 dopo. Le 5 famiglie arrivate allo stadio 5-8 cm, mediamente presentavano una sopravvivenza del 20,8 % e una lunghezza totale degli esemplari di 6,0 cm.

Nella progenie dell'incrocio Mp x Fs (19 famiglie) sono state scartate 12 famiglie prima dell'alimentazione e 5 dopo. Appena due famiglie sono arrivate allo stadio di trotelle 5-8 cm. Valori medi (da ritenersi insufficienti per un confronto): sopravvivenza 13 %, lunghezza totale delle trotelle 6,8 cm.

Nella progenie dell'incrocio Ms x Fs (16 famiglie) sono state scartate 6 famiglie prima dell'alimentazione e 6 dopo. Le quattro arrivate allo stadio 5-8 cm, presentavano, in media, una sopravvivenza del 12,7 % e una lunghezza totale delle trotelle di 6,0 cm.

La percentuale di famiglie superstiti nei successivi stadi di sviluppo è risultata non uniforme nelle quattro tipologie di incrocio: nei ceppi misti, la selezione è risultata più severa sulle uova e avannotti; nei ceppi puri la selezione è apparsa più omogenea nel corso dei successivi stadi di accrescimento (Fig. 4).

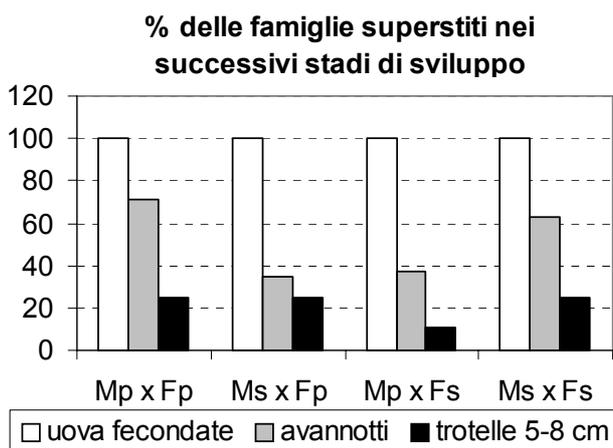


Fig. 4. Percentuale delle famiglie superstiti nei successivi stadi di sviluppo. Mp x Fp = incrocio maschio ceppo piscicoltura x femmina ceppo piscicoltura. Ms x Fp = incrocio maschio ceppo selvatico x femmina ceppo piscicoltura. Mp x Fs = incrocio maschio ceppo piscicoltura x femmina ceppo selvatico. Ms x Fs = incrocio maschio ceppo selvatico x femmina ceppo selvatico.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I rilevamenti fatti con elettropesca a Paneveggio negli ultimi vent'anni hanno messo in evidenza che l'areale occupato dalla trota iridea è stabile e non mostra alcuna tendenza ad allargarsi a discapito di quello occupato dalla fario, a conferma di quanto riportato da SOMMANI (1957). Studi condotti da altri autori in altri luoghi riferiscono invece di un'esclusione competitiva operata dall'iridea ai danni della fario, che avverrebbe nel periodo riproduttivo, quando le due specie utilizzano le medesime aree di frega (SCOTT e IRVINE, 2000).

Andando in frega subito dopo la fario, l'iridea ne distruggerebbe il fregolo sostituendolo con il proprio; ciò è documentato quando la riproduzione della trota iridea segue di un paio di settimane appena quella della trota fario (MAIO e MARCONATO, comunicazione personale). Ma a Paneveggio le due epoche riproduttive sono distanziate di circa sei mesi: la trota fario va in frega a fine ottobre-inizio novembre, la trota iridea in maggio. L'anticipo della maturazione delle gonadi da maggio a gennaio, riscontrato nella piscicoltura dell'Istituto, conferma peraltro la notevole capacità di adattamento di quest'ultima specie ad ambienti diversi. In provincia di Trento, la trota iridea è stata immessa quasi ovunque nelle acque pubbliche per circa un secolo, fino all'entrata in vigore della Carta ittica nel 1983. I casi noti di acclimatazione sono appena sei, tutti in ruscelli di piccole dimensioni. Ciò nonostante, trattandosi di una specie alloctona, si ritiene che il divieto di immissione nelle acque pubbliche vada confermato.

Il fatto che le femmine del ceppo selvatico diano più uova per kg di peso corporeo rispetto a quello di piscicoltura può essere spiegabile col tipo di selezione che il ceppo di piscicoltura ha subito, rivolta alla conversione del mangime in carne. In piscicoltura, una femmina di trota iridea depone normalmente da 1.000 a 1.400 uova per kg di peso corporeo (DRUMMOND SEDGWICK, 1996).

Le condizioni di allevamento, che hanno determinato l'eliminazione di più di tre quarti delle famiglie di partenza, sono state volutamente severe. Il ricircolo dell'acqua ha facilitato –come previsto– il diffondersi della saprolegniosi e dell'ictiofitiriasi. Quest'ultima è comparsa anche nel corso di sperimentazioni precedenti, ogni qualvolta l'impianto di ricircolo è stato utilizzato, nonostante gli accorgimenti adottati per evitare contaminazioni (partenza con vasche asciutte, con uova disinfettate mediante iodofori, utilizzando attrezzatura dedicata all'incubatoio regolarmente disinfettata).

Il valore dell'azoto ammoniacale (0,2 mg/L) ha certamente contribuito alla mortalità causata da malat-

tia branchiale. La filtrazione meccanica, eseguita con un microfiltro a tamburo (maglie da 60 μm), abbinato ad un biofiltro a ghiaia con possibilità di controlavaggio (TIMMONS e LOSORDO, 1994), ha consentito di contenere l'azoto ammoniacale entro valori non proibitivi; il successivo passaggio dell'acqua in un sistema UV e le disinfezioni hanno contenuto la mortalità dovuta alle patologie che, in queste condizioni, su questi primi stadi di accrescimento, avrebbe potuto essere totale.

La sperimentazione ha confermato la maggiore difficoltà, per le progenie di genitori entrambi selvatici, di adattarsi all'ambiente di piscicoltura, mentre ha evidenziato come maschi selvatici incrociati con femmine di ceppi domestici possano dare famiglie con sopravvivenze più elevate. È da ritenersi che, se per la fecondazione si fossero potuti utilizzare maschi catturati direttamente nel torrente, la vitalità della progenie sarebbe stata ancora superiore.

Nel corso delle prove eseguite la progenie derivante dall'incrocio di maschi selvatici con femmine domestiche è risultata più resistente nei confronti degli stress ambientali rispetto a quella derivante da soli riprodutto-

ri domestici. Questo dato potrebbe confermare l'utilità del lavoro di rinsanguamento che veniva fatto un tempo dai pescicoltori.

In conclusione, è da ritenersi che il recupero della pratica tradizionale del rinsanguamento meriti attenzione. Dopo decenni di inincrocio finalizzato alla conversione in carne del mangime e alla velocità di accrescimento, il recupero della pratica del rinsanguamento consentirebbe di evitare il rischio di trovarsi in piscicoltura una popolazione di consanguinei, che in condizioni normali può presentare incrementi maggiori, ma che, in condizioni di stress o di nuove patologie, può crollare.

Applicato alle specie autoctone, il rinsanguamento delle fattrici allevate in piscicoltura con i maschi catturati di volta in volta nell'ambiente naturale, consentirebbe di avere in piscicoltura materiale allevabile, ma rustico, dotato di maggiori possibilità di successo nei ripopolamenti delle acque libere. Se in futuro saranno superati i problemi attuali di conservabilità del seme, il rinsanguamento si potrà fare su scala più ampia, con beneficio estendibile a tutte le troticolture.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1980. *Carta ittica*. Stazione Sperimentale Agraria Forestale di S.Michele all'Adige (TN).
- BEHNKE R.J., 1992. *Native Trout of Western North America*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 275 pp.
- BIASIONI L., 1896. *Le nuove stazioni di incubazione del pesce nobile*. Boll. della Sez. di Trento del Cons. Prov. d'Agricoltura per il Tirolo.
- DRUMMOND SEDGWICK S., 1996. *Allevamento della trota*. Edagricole, Bologna, 176 pp.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 617 pp.
- GHITTINO P., 1985. *Tecnologia e patologia in acquacoltura*. Volume 2° - patologia. Bono, Torino, 444 pp.
- SCOTT D., IRVINE J.R., 2000. Competitive exclusion of brown trout *Salmo trutta* L. by rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* Walb., in lake tributaries, New Zeland. *Fisheries Management and Ecology*, 7: 225-237.
- SOMMANI E., 1957. Caratteristiche eco-etologiche della trota iridea (*Salmo gairdneri* Rich.) in relazione ai ripopolamenti nei corsi d'acqua montani. *Boll. di pesca, piscic. e idrob.*, XII (nuova serie) (1): 92-99.
- TIMMONS M.B., LOSORDO T.M., 1994. *Aquaculture water reuse systems: engineering design and management*. Elsevier, Amsterdam, 333 pp.
- VIBERT L., LAGLER K.F., 1961. *Pêches continentales, biologie et aménagement*. Dunod, Paris, 720 pp.

Biologia Ambientale, **18** (1): 187-192.

Atti 9° *Convegno Nazionale A.I.I.A.D.*, Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma

La prima revisione della Carta ittica del Trentino

Lorenzo Betti

Ittiologo - libero professionista. Lung'Adige G. Leopardi, 101 - 38100 Trento. Fax 0461 260444; Betti.Lorenzo@tin.it

Riassunto

Nel 1997 sono stati avviati l'aggiornamento e la revisione della Carta ittica della provincia di Trento. Quest'ultima, ai sensi della L.P. 60/78, accerta la consistenza del patrimonio ittico e le potenzialità di produzione ittica delle acque pubbliche e stabilisce i criteri per la loro gestione ittiofaunistica. Essa vincola la "coltivazione ittica" delle acque all'incremento della produttività ittica naturale nel riequilibrio biologico e nel mantenimento delle linee genetiche originarie delle specie ittiche. La non completa applicazione dei suddetti principi e la necessità di adeguamento metodologico e aggiornamento conoscitivo, giustificano la revisione, approvata il 21 settembre 2001 dalla Giunta Provinciale di Trento.

Il lavoro si è sviluppato in: precisazione dei principi generali di gestione del patrimonio ittico, revisione dei metodi analitici e adeguamento dei criteri di gestione. In particolare si è proceduto a: individuazione degli ecosistemi omogenei di riferimento, sintesi delle conoscenze ecologiche e ittologiche disponibili, definizione degli obiettivi di medio e lungo termine, standardizzazione delle metodologie di verifica dello stato ittico dei corsi d'acqua e dei laghi, elaborazione delle indicazioni per il miglioramento ambientale e dei criteri di gestione ittica dei singoli ambienti acquatici, pianificazione della futura attività di monitoraggio ittico. La nuova Carta ittica è predisposta su base informatica, con collegamenti tra il database dei caratteri stabili e variabili dei singoli ecosistemi acquatici, i dati e le elaborazioni del monitoraggio ittico, i piani di gestione e le cartografie tematiche in tecnologia GIS.

PAROLE CHIAVE: ittiofauna d'acqua dolce / Carta ittica / sistemi informativi territoriali / Provincia di Trento

First revision of the fisheries management plan of Trentino

The updating and revision of the fisheries management plan of the province of Trento in 1997 started. This plan, in conformity with the Provincial Law 60/78, checks fish populating consistency and fish production capacity of public freshwaters and establishes the standards for fisheries management. It binds the "fish cultivation" of freshwaters to increase of natural fish productivity in biological counterbalance and in the maintenance of the original genetic line of fish species. The not complete application of these concepts and the necessity of metodological adjustment and information updating justify the revision approved on the 21st september 2001 by the Provincial Junta of Trento.

The work consists of: clarification of general concepts of fish resources management, revision of analytic methods and adjustment of management criteria. In particular, the following has been carried out: location of reference homogeneous ecosystems, synthesis of ecological and ichthyological available information, determination of management objectives, standardization of fish populating condition check methods for stagnant and running waters, elaboration of indications for environmental improvement and of fisheries management criteria for individual homogeneous ecosystems, planning of future fish monitoring activity. The new freshwaterfish management plan is available in software, with connection between database of constant and variable characters of individual homogeneous ecosystems, data and elaborations of ichthyological monitoring, management plans and thematic maps in GIS technology.

KEY WORDS: freshwater fishes / fisheries management plan / Geographical Information Systems / Province of Trento

INTRODUZIONE

Nel settembre 1997 la Giunta Provinciale di Trento ha avviato la revisione della Carta ittica provin-

ziale affidando, sotto il coordinamento del Servizio Faunistico, l'incarico di consulenza ittologica e

di stesura dell'aggiornamento e della revisione del piano provinciale della gestione ittiofaunistica ai sen-

si della Legge provinciale sulla pesca (PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO, 1978). Quest'ultima prevede la predisposizione della Carta ittica "al fine di accertare la consistenza del patrimonio ittico e la potenzialità produttiva delle acque, nonché stabilire i criteri ai quali dovrà attenersi la conseguente razionale coltivazione delle stesse". Di fatto, al contrario delle altre carte ittiche redatte in Italia (FORNERIS *et al.*, 1990; STOCH *et al.*, 1992; LORO *et al.*, 1994; AA. VV., 1995; TURIN *et al.*, 1995; ZANETTI *et al.*, 1995; SALVIATI *et al.*, 1997), la Carta ittica del Trentino, approvata nella sua prima versione nel 1982 ed entrata in vigore nel 1983, assume carattere vincolante per numerosi specifici aspetti della gestione ittiofaunistica del reticolo idrografico provinciale.

La legge provinciale precisa anche che la cosiddetta "coltivazione ittica" delle acque si deve basare, di norma, sull'incremento della produttività naturale dell'acqua da pesca, sul riequilibrio biologico e sul mantenimento delle linee genetiche originarie delle specie ittiche.

La non completa applicazione dei suddetti principi, nel corso dei primi vent'anni di validità della Carta ittica provinciale, insieme alla necessità di un adeguamento metodologico e dell'aggiornamento delle conoscenze sullo stato ecologico e ittico del reticolo idrografico provinciale, costituiscono le motivazioni essenziali del processo di revisione, conclusosi formalmente il 21 settembre 2001 con l'approvazione della nuova Carta ittica da parte della Giunta Provinciale di Trento.

L'amministrazione provinciale ha scelto di privilegiare una generale revisione metodologica, anche al fine di evidenziare le lacune di conoscenza accumulate nell'applicazione della prima Carta ittica, programmando successivamente la

futura attività di monitoraggio ittico e giungendo comunque, nei tempi relativamente brevi dell'incarico (diciotto mesi), alla stesura di criteri di gestione il più precisi possibile.

MATERIALI E METODI

Facendo riferimento all'ampia banca dati del Sistema Informativo Ambiente e Territorio della Provincia Autonoma di Trento (SIAT) e sulla base della prima Carta ittica della provincia di Trento (AA.VV., 1982) è stata definita, su base prettamente idrografica, la suddivisione del reticolo idrografico in ecosistemi omogenei. In particola-

re, sulla base dei dati territoriali (confluenze significative, rilevanti modificazioni del substrato geologico, ecc.) sono stati individuati 811 ecosistemi omogenei, dei quali 433 d'acqua corrente e 378 d'acqua ferma (Tab. I e II). Tale definizione fa riferimento al reticolo idrografico naturale e tiene conto, nella delimitazione degli ecosistemi omogenei, delle principali variazioni idrologiche longitudinali per i corsi d'acqua, individuando invece i singoli laghi come ecosistemi individuali, fatti salvi i casi di gruppi omogenei di piccoli laghi d'alta quota. Oltre al tematismo a sviluppo lineare per tronchi di corsi d'ac-

Tab. I. Elenco delle tipologie ambientali teoriche e delle relative zone ittiche, con il numero di ecosistemi omogenei ad esse attribuiti (acque correnti).

tipologia ambientale	zona ittica	n° ecosistemi omogenei
sorgenti	sorgenti non piscicole	-
ruscelli	ruscelli non piscicoli	80
rivi	rivi a Trota fario	125
torrenti montani	torrenti a Trota fario	124
torrenti di fondovalle	torrenti a Trota marmorata e Ciprinidi reofili	33
risorgive pedemontane	risorgive a Scazzone e/o Spinarello	45
fiumi pedemontani	fiumi a Trota marmorata, Temolo e Ciprinidi reofili	18
fiumi di pianura	fiumi a Ciprinidi e Luccio	-
zone a salinità variabile	fiumi a pesci eurialini	-
canali artificiali	canali artificiali	7

Tab. II. Elenco delle tipologie ambientali teoriche e delle relative zone ittiche, con il numero di ecosistemi omogenei ad esse attribuiti (acque ferme).

tipologia ambientale	zona ittica	n° ecosistemi omogenei
laghi poco profondi d'alta quota	laghi bassi non piscicoli	172
laghi oligotrofi d'alta e media quota	laghi a Salmerino alpino e Sanguinerola	72
laghi montani e collinari meso- o eu-trofici	laghi a Tinca e Luccio	19
grandi laghi di fondovalle	laghi ad Alborella	4
stagni, lanche e laghi-stagni	laghi e stagni a Triotto	15
pozze e laghi temporanei	laghi temporanei non piscicoli	18
grandi bacini artificiali	laghi artificiali di importanza ittica	12
piccoli bacini artificiali	laghi artificiali privi di importanza ittica	27
laghetti pesca sportiva	pesca sportiva	17

qua, è incluso nel supporto GIS del SIAT un tematismo areale dei bacini imbriferi (sottobacini di 2° livello) che rende possibile applicare, con metodo onnicomprensivo, dati e criteri di gestione all'intero territorio, e non solo al reticolo idrografico catalogato.

Tutti i dati relativi ai parametri ecologici e ittologici degli ecosistemi omogenei sono stati inseriti in un'apposita banca dati in ambiente Microsoft Access 97. Per ogni singolo ecosistema omogeneo sono

state create due maschere di input e di output dei dati relative, rispettivamente, ai parametri stabili o costanti, che definiscono le caratteristiche invariabili dei corpi idrici individuati (Fig. 1), e ai parametri variabili degli stessi, come i parametri di qualità chimica e biologica e quelli sulle presenze ittiche attuali (Fig. 2).

I dati stabili, come i toponimi, i sottobacini d'appartenenza, la lunghezza dei tratti fluviali, la superficie dei laghi, l'altitudine

massima e minima etc., sono stati dedotti dal SIAT. Altri parametri, come la tipologia ambientale d'appartenenza, l'uso del territorio del bacino, la zona ittica teorica (HUET, 1954; ILLIES e BOTOSANEANU, 1963) e il popolamento ittico teorico sono stati attribuiti a seguito di valutazioni integrate. In particolare, assume un valore chiave la definizione del popolamento ittico teorico, che identifica i taxa ittici naturalmente e originariamente presenti in ogni singolo ecosistema omogeneo sulla base della valutazione integrata del *preferendum* ecologico delle specie ittiche, delle caratteristiche ecologiche naturali dell'ambiente acquatico e delle evidenze storiche delle presenze ittiche (sia bibliografiche, sia orali raccolte tramite incontri sul territorio con i pescatori locali).

I dati variabili, raccolti nella seconda scheda, misurano le condizioni ecologiche e ittologiche dei singoli ecosistemi omogenei, rendendo conto delle modificazioni qualitative e quantitative attuali rispetto alle condizioni naturali. La raccolta compilativa dei dati ecologici disponibili presso le numerose strutture pubbliche provinciali responsabili del monitoraggio ambientale ha permesso di disporre di una cospicua mole di serie storiche di dati chimico-fisici (T° , NH_4 , P_2O_5 , pH, saturazione % O_2 , conducibilità), biologici (BOD_5 , Indice Biotico Esteso, abbondanza e qualità della vegetazione lacustre riparia e sommersa) ed ecologici (stato di trofia lacustre, spessore strato anossico estivo, escursioni di livello idrometrico, ecc.), mettendo in evidenza, d'altra parte, le lacune di monitoraggio su una parte del reticolo idrografico.

Relativamente alla composizione attuale dei popolamenti ittici, sono stati raccolti i dati su autoctonia, abbondanza relativa, in-

Torrente Noce		Rocchetta-Mezzocorona		A300020												
1. CARATTERI STABILI DELL'ECOSISTEMA OMOGENEO																
definizione: dalla Rocchetta a scarico centrale Mezzocorona																
priorità: 1		bacino: Adige		sottobacino: Noce												
lunghezza: 4,0 + <input type="text"/> km		altitudine max: 250 m s.l.m.		alt. med. bacino: <input type="text"/> m s.l.m.												
pendenza: 7,5 m/km		altitudine min: 220 m s.l.m.		alt. max. bacino: <input type="text"/> m s.l.m.												
sup. bacino: <input type="text"/> km ²		subst. geol.: calcari, dolomie														
DATI TERMOMETRICI E METEOROLOGICI																
codstaz:	periodo termo	periodo pluvio	T° media (°C)	precip. medie (m)	periodo idro	Q max (mc/s):	Q med (Q min)									
A3003					1924-1944	226,00	28,50 5,600									
STAZIONE/I DI CAMPIONAMENTO ITTICO																
stazione:	m slm:	long. foce:	l. mag. pie:	cas. % rap:	lan. % buc:	roc. % mas:	clo. % ghi:	sab. % lin:	vegetazione riparia							
Mazzolombardo	225	81	9,5	29,2	100	0	25	25	50	0	10	70	10	5	5	arbustiva o arborea rada
uso del territorio: agrario																
tipologia ambientale: fiumi pedemontani																
zona ittica teorica: fiumi a Trota marmorata, Temolo e Ciprinidi reofili																
POPOLAMENTO ITTICO TEORICO																
specie		centralità														
Temolo		guida														
Trota marmorata		guida														
Barbo canino		associata														
Barbo comune		associata														
Cavedano		associata														
Cobite barbatello		associata														
Sanguinerola		associata														
Scazone		associata														
Vairone		associata														
Alborella		marginale														
Anguilla		marginale														
Cobite comune		marginale														
Ghiozzo padano		marginale														
Gobione		marginale														
Lasca		marginale														
Luccio		marginale														
Pesce persico		marginale														
Plgo		marginale														
Savetta		marginale														
Scardola		marginale														
Spinarello		marginale														
Storione		marginale														
Tinca		marginale														
Triotto		marginale														
Trota fario		marginale														

Fig. 1. Esempio di scheda di output della banca dati (Microsoft Access 97) relativa ai parametri stabili degli ecosistemi omogenei.

terventi di ripopolamento, catture da parte dei pescatori per ogni taxon ittico sulla base dei rilievi recenti della Carta ittica, delle indicazioni delle associazioni territoriali dei pescatori (anche tramite appositi incontri sul territorio), dei registri di controllo delle catture compilati annualmente dai pescatori, di specifici studi su singoli ambienti (studi di impatto ambientale, ricerche scientifiche nelle aree protette, ecc.).

Sono state definite, infine, anche attraverso specifiche applicazioni sul campo, le metodologie standard da applicare nel futuro monitoraggio ittico, con particolare riferimento alla dimensione effettiva delle popolazioni (metodo dei passaggi ripetuti: ZIPPIN, 1958), alla struttura demografica delle popolazioni (composizione numerica per classi d'età), alla loro dinamica media di crescita (modello parabolico della crescita lineare e ponderale, secondo PHILIPPART, 1975), alla densità di popolazione, alla biomassa media e alla produzione media annua (RICKER, 1975; MARCONATO, 1990) (Fig. 3-5). Parallelamente, sui corsi d'acqua sono state definite le stazioni stabili di campionamento, nelle quali è iniziato il monitoraggio quinquennale nel corso dell'anno 2002.

RISULTATI E DISCUSSIONE

La preventiva definizione delle vocazioni ittiche e dei popolamenti ittici teorici dei singoli ecosistemi omogenei e il quadro conoscitivo generato dalla raccolta metodica dei dati disponibili sui popolamenti ittici e sulle condizioni ecologiche attuali hanno consentito la successiva elaborazione dei piani di gestione dei singoli ecosistemi omogenei, mettendo in rilievo anche le lacune conoscitive e le conseguenti necessità di monitoraggio futuro.

LAGO DI LEVICO		B0002															
2. QUALITÀ AMBIENTALE E ITTICA																	
priorità:	1	bacino:	Brenta														
QUALITÀ AMBIENTALE																	
naturalità delle sponde:	2	derivazioni idriche:	SM														
sbalzi di livello: <input type="text"/>																	
altri fattori di disturbo: scarichi civili di modesta entità; forte pressione antropica estiva																	
fonte dati:	data rilievo:	Stato Trofico:	Strato anossico (m)														
	21/02/95	mesotrofico	0														
	04/10/95	mesotrofico	19														
	28/02/96	mesotrofico	0														
	09/10/96	mesotrofico	18														
	1987	mesotrofico															
EXCEL: <input type="text"/> gestione: gestione/lago/B0002.doc																	
QUALITÀ DEL POPOLAMENTO ITTICO																	
POPOLAMENTO ITTICO ATTUALE																	
autoctonia:	specie	abb.:	origine segnalazione:	semine:	frequenza:												
autoctono	Scardola	a	p. Betti 1997														
autoctono	Tinca	a	p. Betti 1997	annata	saltuaria												
autoctono	Cavedano	a	p. Betti 1997														
autoctono	Trioito	c	p														
autoctono	Luccio	c	p. Betti 1996														
autoctono	Carpa	c	p. Betti 1997	annata	saltuaria												
autoctono	Anguilla	c	p		saltuaria												
autoctono	Trota fario	p	p		saltuaria												
autoctono	Savetta	p	p?														
autoctono	Barbo comune	p	p														
autoctono	Trota lacustre	p	p		storica												
autoctono	Alborella	s	p		saltuaria												
autoctono	Scanzone	e	p?														
alloctono	Pesce persico	a	p. Betti 1997	uova	saltuaria												
alloctono	Pesce sole	c	p. Betti 1997		accidentale												
alloctono	Pesce trota	c	p. Betti 1997		storica												
alloctono	Carassio dorato	c	p		accidentale												
alloctono	Lavarello o Coregone	c	p	avannotti	saltuaria												
alloctono	Trota iridea	e	p		storica												
USCITE E CATTURE DI SALMONIDI																	
anno:	p. annib.	ricp.	temp.	ricons.	uscite:	marm.	m x f.	fario:	lacust.	alpirs.	fonti.	iridea:	temolo.	corego.	altri:	totale:	ciu:
1995								472	16			2				490	
1996	110	105	1006	15				257	23							280	

Fig. 2. Esempio di scheda di output della banca dati (Microsoft Access 97) relativa ai parametri variabili degli ecosistemi omogenei.

Ad ogni ecosistema omogeneo, infatti, è attribuito un piano di gestione individuale, più o meno specifico e dettagliato secondo i dati disponibili, recante la descrizione sintetica della situazione ambientale e ittica dell'ecosistema omogeneo, gli obiettivi finali della pianificazione, gli obiettivi ittiogenici transitori, le indicazioni per il miglioramento ambientale ai fini ittiogenici (DMV, ripristino della continuità fluviale, rivegetazione delle sponde, salvaguardia dei siti riproduttivi, ecc.), le prescrizioni ittiogeniche transitorie e vincolanti (obblighi di

ripopolamento, limitazione delle specie ittiche per le semine, ecc.), le indicazioni ittiogeniche transitorie non vincolanti (ulteriori interventi consigliati di ripopolamento, riproduzione artificiale, bonifica ittica, ecc.), le indicazioni sulla regolamentazione della pesca (ad es., limitazione delle catture giornaliere, pesca selettiva, misure minime pescabili, limitazione delle attrezzature di pesca, ecc.), i tempi e i modi per il futuro monitoraggio ittiologico, la durata del piano di gestione, le prospettive dell'applicazione del piano di gestione.

Parallelamente sono stati definiti alcuni piani specifici di rilievo provinciale, relativi alla gestione di singole problematiche trasversali quali la gestione complessiva delle popolazioni autoctone di Trota marmorata, Trota fario e Salmerino alpino, recanti tra l'altro la definizione degli interventi priori-

tari di tutela, riproduzione in cattività e ripopolamento.

Per ulteriori informazioni sulla metodologia e sui contenuti della revisione della Carta ittica del Trentino si rimanda alla relazione integrale disponibile presso il Servizio Faunistico della Provincia Autonoma di Trento (BETTI, 1999).

CONCLUSIONI

L'ampio lavoro di raccolta dei dati rilevanti ai fini della gestione ittiofaunistica del reticolo idrografico della provincia di Trento è solo marginalmente richiamato nel presente lavoro, che ha invece l'obiettivo di descrivere le innovazioni metodologiche e di gestione e resti-

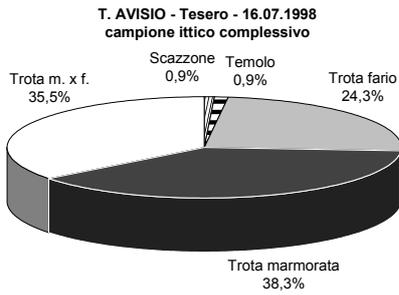


Fig. 3. Esempio di elaborazione standard dei dati ittologici: rappresentazione della composizione percentuale del popolamento ittico risultante dai campionamenti tramite elettropesca.

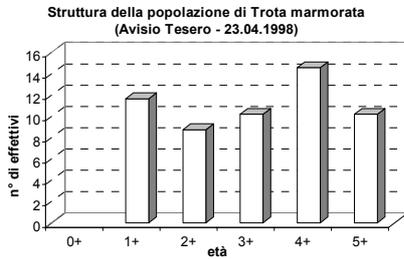


Fig. 4. Esempio di elaborazione standard dei dati ittologici: rappresentazione della struttura di popolazione tramite il calcolo del numero di effettivi di ogni classe d'età.

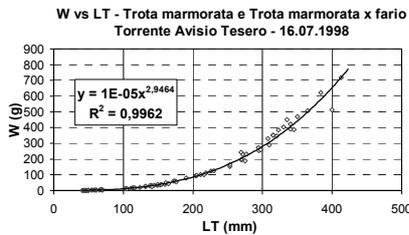


Fig. 5. Esempio di elaborazione standard dei dati ittologici: calcolo della curva peso-lunghezza totale caratteristica di una popolazione.

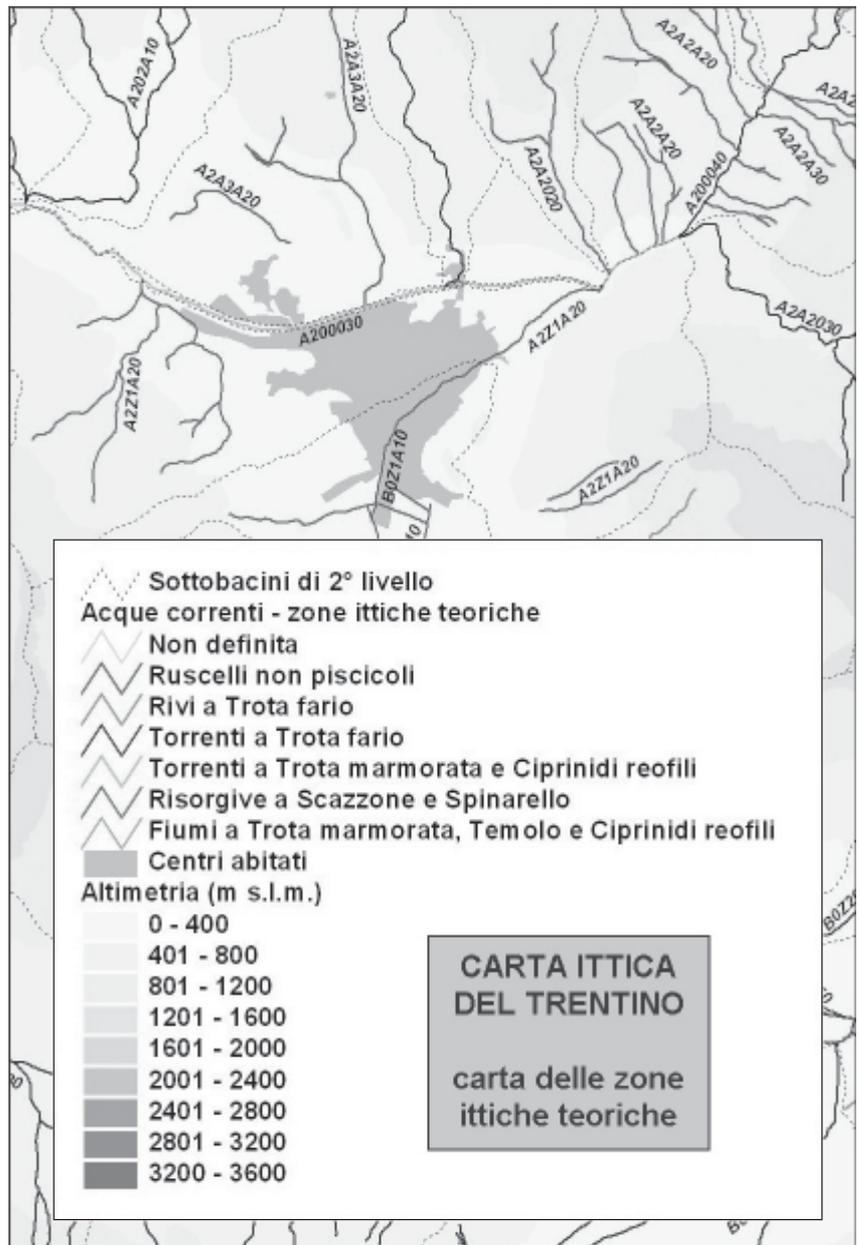


Fig. 6. Esempio di rappresentazione tematica GIS dei dati della nuova Carta ittica del Trentino (carta delle zone ittiche teoriche - medio corso del T. Fersina).

tuzione dei dati elaborate nell'ambito della revisione della Carta ittica del Trentino.

L'individuazione di popolamenti ittici teorici di riferimento per ogni singolo ecosistema omogeneo ha permesso, da un punto di vista gestionale, di superare la carenza di dati sulla composizione dei popolamenti ittici originari, oggi fortemente modificati da numerosi fattori di alterazione e di inquinamento ittico attraverso la reiterata e diffusa immissione di pesci alloctoni. Il principio di tutela e uso sostenibile delle risorse ittiche autoctone, sancito dalla legislazione provinciale in materia di pesca, è stato così più fedelmente applicato rispetto alla prima carta ittica, definendo, per ognuno degli 811 ecosistemi omogenei individuati, un "popolamento ittico teorico" di riferimento la cui salvaguardia e/o il cui ripristino qualitativo e quanti-

tativo, costituiscono l'obiettivo finale di gestione.

La standardizzazione di metodi di analisi e di sintesi capaci di monitorare nel tempo l'evoluzione dei popolamenti ittici e la scelta degli indicatori significativi dello stato ecologico degli ambienti acquatici consentono, d'altra parte, di definire, in una relazione di causa/effetto, i fattori di degrado ecologico e ittico, predisponendo piani di gestione articolati e individuali per ogni ecosistema omogeneo.

Nell'applicazione dei piani di gestione, infine, è previsto un monitoraggio costante dei risultati di gestione. L'agevole base informatica della nuova Carta ittica consente, infatti, un aggiornamento rapido dei criteri di gestione in funzione delle nuove informazioni rese disponibili dal monitoraggio, che possono essere rapidamente inserite nel database di riferimento e tra-

dotte graficamente in carte tematiche georeferenziate di alta efficacia gestionale (Fig. 6).

Ringraziamenti

Si ringrazia il Servizio Faunistico della Provincia Autonoma di Trento (in particolare il dott. Romano Masè e il dott. Marco Olivari) che ha coordinato il generale processo di revisione della Carta ittica del Trentino. Si ringraziano, inoltre, il signor Giancarlo Degasperi per la preziosa assistenza nella progettazione informatica del database e dell'interfaccia GIS, nonché, per la collaborazione nella raccolta dei dati, le associazioni territoriali dei pescatori dilettanti, l'Istituto Agrario di San Michele all'Adige e gli uffici e servizi della Provincia di Trento coinvolti (Servizio Foreste, Agenzia Provinciale Protezione Ambiente, Azienda Speciale di Sistemazione Montana, Servizio Acque Pubbliche e Opere Idrauliche).

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1982. *Carta ittica*. Staz. Sperim. Agraria Forestale di S. Michele all'Adige.
- AA. VV., 1995. *Carta Ittica della Regione Umbria*. Regione Umbria, vol. 1-5.
- BETTI L., 2001. *Carta ittica del Trentino*. Servizio Faunistico Prov. Aut. Trento, 255 pp.
- FORNERIS G., BADINO G., LODI E., 1990. *Carta ittica della Regione Piemonte*. Regione Piemonte, voll. I, II, III.
- HUET M. 1954. Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. *Bull. Fr. Piscic.*, **175**: 41-53.
- ILLIES J., BOTOSANEANU L. 1963. Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Vehr. Intern. Verein. Limnol.*, **12**: 1-57.
- LURO R, ZANETTI M., TURIN P., 1994. *Carta ittica. 1990-1994 II° stralcio: relazioni ittiche*. Prov. Treviso, 184 pp.
- MARCONATO A., 1990. Calcolo della produzione ittica in popolazioni naturali. *Riv. Idrobiol.*, **29** (1): 329-341.
- PHILIPPART J.C., 1975. Dynamique des populations de poisson d'eau douce non exploitées. In: Lamotte M. e Bourliere E. *Problèmes d'écologie: la démographie des populations de Vertébrés*. Masson et C.ie, Paris.
- PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO, 1978. *Legge sulla Pesca. L.P. 12 dicembre 1978, n. 60 e successive modificazioni e integrazioni*. Prov. Aut. Trento.
- RICKER W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res.* **Bd. Can.** **191**, 382 pp.
- SALVIATI S., MARCONATO E., MAIO G., PERINI V., 1997. *La Carta ittica della Provincia di Vicenza*. Amm. Prov. Vicenza, 378 pp.
- STOCH F., PARADISI S., BUDA DANCEVICH M., 1992. *Carta ittica del Friuli-Venezia Giulia*. E.T.P. F.V.G., Reg. Aut. Friuli-Venezia Giulia, 283 pp. + all.
- TURIN P., ZANETTI M., LURO R, BILÒ M.F., 1995. *Carta ittica della provincia di Padova*. Ass. Pesca Prov. Padova, 399 pp.
- ZANETTI M., LURO R, TURIN P., RUSSINO G., 1995. *Carta ittica: indagine idrologica, chimico-fisica e biologica delle acque fluenti bellunesi*. Prov. Belluno, 269 pp.
- ZIPPIN C., 1958. The removal method of population estimation. *J. Wildl. Mgmt.*, **22**: 82-90.

Biologia Ambientale, 18 (1): 193-196.

Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma

Nuovi dati sul sistema neuroendocrino nell'apparato digerente di *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758)

Giampaolo Bosi^{1*}, Bahram Sayyaf Dezfuli², Silvana Arrighi¹, Alessia Di Giancamillo¹, Cinzia Domeneghini¹

¹ Dipartimento di Scienze e Tecnologie Veterinarie per la Sicurezza Alimentare, Università degli Studi di Milano, via Trentacoste, 2 – 20134 Milano

² Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Ferrara, via Borsari, 46 – 44100 Ferrara

* Referente per la corrispondenza: fax 02 50315746; giampaolo.bosi@unimi.it

Riassunto

Nell'apparato gastroenterico dei vertebrati, le cellule del sistema endocrino diffuso sintetizzano e secernono sostanze, principalmente di natura peptidica, implicate nella regolazione locale di eventi correlati alla fisiologia alimentare. L'impiego della tecnica immunocistochimica ha permesso di individuare la presenza e la distribuzione di cinque diversi neuropeptidi nell'apparato digerente della trota fario [*Salmo trutta* (Linnaeus, 1758)], un salmonide relativamente poco studiato rispetto ad altri consimili. I risultati rilevati confermano parzialmente quelli pubblicati per altre specie della stessa famiglia; inoltre, individuano anche nuovi aspetti, come la presenza di cellule endocrine immunoreattive al siero anti-secretina. Ne consegue che specie vicine dal punto di vista sistematico possono mostrare differenze non trascurabili quando si progettino ricerche nel campo della fisiologia e/o della patologia, così come in quelle della nutrizione. Specifici programmi di ricerca dovrebbero perciò sempre essere preceduti da uno studio di natura morfologica che costituisca una valida base di riferimento.

PAROLE CHIAVE: sistema neuroendocrino / neuromodulatori / immunocistochimica / pesci / salmonidi

The gut neuroendocrine system of *Salmo trutta* (L., 1758)

In the gastroenteric apparatus of vertebrates, a variety of peptides, amines and other molecules are secreted by the cells of the neuroendocrine system. These neurosubstances are involved in several steps of the intestinal mechanisms. In the alimentary canal of the brown trout [*Salmo trutta* (Linnaeus, 1758)], the occurrence and distribution of five neuroendocrine cell types, differing for the secreted neuropeptide, were revealed and studied by immunohistochemistry. Our results showed, for the first time in salmonids, the presence of secretin-like endocrine cells in the tunica mucosa of the whole gastroenteric system. The distribution of the endocrine cells immunoreactive to the other sera, namely anti-gastrin, -cholecystokinin, -bombesin, and -glucagon, was quite different from that reported by other authors on the most studied salmonid species, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). On the other hand, no endocrine cells immunoreactive to the anti-vasoactive intestinal peptide were found in the digestive canal of the brown trout. In conclusion, our data showed that there were differences in the occurrence and distribution of cells of the neuroendocrine system in fish species belonging to the same systematic family. Moreover, morphological researches are needed to constitute a valid background for future studies on the physiology of the gastroenteric system of these vertebrates.

KEY WORDS: neuroendocrine system / neuromodulators / immunohistochemistry / fish / salmonid

INTRODUZIONE

La fisiologia del canale alimentare dei vertebrati è regolata dal sistema neuroendocrino. Questa unità funzionale si costituisce dall'interazione di due componen-

ti: il sistema nervoso enterico (SNE) ed il sistema endocrino diffuso (SED). Studi recenti hanno enfatizzato il ruolo del SED nel controllo della motilità intestinale e

dell'attività assorbente e secretiva dell'apparato digerente (JENSEN *et al.*, 2001). I neuropeptidi sono le principali molecole implicate nella comunicazione tra gli elementi del

sistema neuroendocrino.

Il metodo immunocistochemico è stato ampiamente usato per saggiare la presenza e la distribuzione di diversi neuropeptidi nel sistema neuroendocrino del digerente di molti vertebrati (OLSSON e HOLMGREN, 2001), tra cui i pesci (DOMENECHINI *et al.*, 2000). Nella famiglia dei salmonidi la maggior parte dei lavori morfologici sui neuromodulatori riguarda la trota iridea, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792, (HOLMGREN *et al.*, 1982; BEORLEGUI *et al.*, 1992).

Al contrario, sono scarse le conoscenze relative alle altre specie del gruppo (SUNDBY *et al.*, 1991) come la trota fario, *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758), che è il soggetto del presente lavoro.

MATERIALI E METODI

Per questo studio sono stati sacrificati 10 individui di *S. trutta* (lunghezza totale tra 10 e 40 cm) pescati in alcuni canali della provincia di Padova.

Frammenti di stomaco, dei ciechi pilorici e dell'intestino (prossimale, medio e distale) sono stati fissati in liquido di Bouin per 7 ore a 4 °C e trattati secondo le consuete tecniche istologiche. Le sezioni, spesse 7 µm, sono state trattate seguendo il protocollo per immuno-

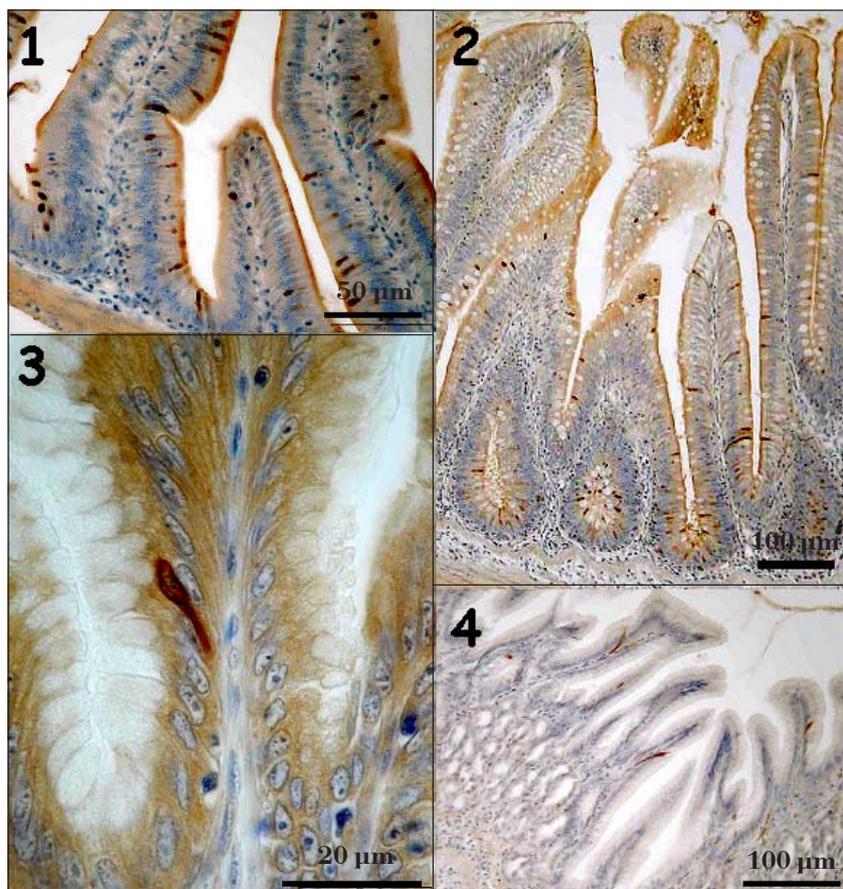


Fig. 1. Cellule endocrine immunoreattive al siero anti-secretina nei ciechi pilorici della trota fario.

Fig. 2. Materiale secretina-simile nelle cellule endocrine della mucosa intestinale di *S. trutta*.

Fig. 3. Cellula endocrina positiva all'anticorpo anti-gastrina nello stomaco della trota fario.

Fig. 4. Cellule endocrine secernenti materiale bombesina-simile nello stomaco di *S. trutta*.

Tab. I. Anticorpi impiegati, diluizioni di lavoro e modalità di incubazione per le reazioni immunocistochemiche su sezioni dell'apparato digerente di *S. trutta*. Nelle ultime tre colonne a destra sono riportati i dati ottenuti, come densità di cellule endocrine immunoreattive agli antisieri saggiati, nelle diverse regioni del canale alimentare della trota fario.

Siero	Diluizione di lavoro	Tempo di incubazione	Localizzazione dell'immunoreattività		
			Stomaco	Ciechi pilorici	Intestino
anti-Bombesina ^a sintetica	1:400	overnight a 4°C	+	+	-
anti-Colecistochinina-8 ^a sintetica	1:600	2 ore a T. A.	-	++	+
anti-Gastrina ^a sintetica umana	1:200	2 ore a T. A.	+	+	+/-
anti-Glucagone ^a sintetico umano	1:500	2 ore a T. A.	-	++	+/-
anti-Secretina ^b da pollo	1:1000	overnight a 4°C	+	++	+
anti-VIP ^c da suino	1:500	2 ore a T. A.	-	-	-

^a = Chemicon Int., Temecula, USA; ^b = Peninsula Lab., Inc., Belmont, USA; ^c = Genosys Biotech. Inc., Cambridge, England.

VIP = Vasoactive Intestinal Peptide; T. A. = temperatura ambiente; +/- = bassa densità, + = presenza, ++ = alta densità, - = assenza di cellule endocrine immunoreattive all'anticorpo saggiato.

stochimica indicato in DOMENECHINI *et al.* (2000).

In breve, le sezioni su vetrino, deparaffinate e reidratate, sono state trattate con H₂O₂ 0,6% in metanolo assoluto per 15 minuti seguito da siero normale di coniglio diluito 1:2500 in tampone salino Tris-HCl (0,05 M, pH 7,4, 0,55 M NaCl) per altri 30 minuti. Gli anticorpi usati, la diluizione impiegata e la durata dell'incubazione sono riportate nella tabella I.

Le sezioni sono state poi trattate con una soluzione di immunoglobuline di coniglio (DAKO, Italia) diluite 1:100 nello stesso tampone salino Tris-HCl per 30 minuti e, successivamente, con complesso perossidasi-anti-perossidasi da coniglio (DAKO, Italia) diluito 1:200 sempre in tampone Tris-HCl per altri 30 minuti.

La reazione immunoistochimica è stata sviluppata trattando le sezioni con una soluzione di 3-3'diaminobenzidina tetraidrocloridrica (0,04% w/v in Tris-HCl 0,05 M pH 7,4) e H₂O₂ (0,005%) per 15-20 minuti. Dopo 7-8 minuti di permanenza in emallume di Mayer, impiegato come contrastante, le sezioni sono state lavate, disidratate e montate in Eukitt. Le osservazioni sono state eseguite con un microscopio Olympus BX51 e le immagini acquisite con una fotocamera digitale Olympus Camedia C-3030Zoom.

BIBLIOGRAFIA

BARRENECHEA M.A., LOPEZ J., MARTINEZ A., 1994. Regulatory peptides in gastric endocrine cells of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: general distribution and colocalizations. *Tissue & Cell*, **26**: 309-321.

BEORLEGUI C., MARTINEZ A., SESMA P.,

RISULTATI

I risultati sono sinteticamente indicati nella tabella I. Nell'apparato gastroenterico della trota fario si sono osservate cellule endocrine (CE) immunoreattive a tutti gli anticorpi saggiati, con l'eccezione del siero anti-Vasoactive Intestinal Peptide (VIP). Nella mucosa gastrica, in quella dei ciechi pilorici (Fig. 1) e dell'intestino (Fig. 2) si è rivelata la presenza di CE contenenti un materiale secretina-simile. Nello stomaco della specie studiata si osservano elementi endocrini immunoreattivi ai sieri anti-gastrina (Fig. 3) e anti-bombesina (Fig. 4). CE contenenti una sostanza bombesina-simile sono presenti anche nella mucosa dei ciechi pilorici. Infine, nell'intestino della trota fario si riscontrano CE immunoreattive al siero anti-glucagone.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Pur sovrapponendosi in buona misura al quadro generale tracciato dagli autori precedenti per il digerente dei salmonidi, in particolare di *O. mykiss*, i dati ottenuti mostrano alcune interessanti peculiarità. L'impossibilità di dimostrare immunopositività al VIP si verifica anche per la trota iridea (BEORLEGUI *et al.*, 1992; BARRENECHEA *et al.*, 1994). Viene qui invece mostrata, per la prima volta nei salmonidi, la presenza di CE immunoreattive all'anticorpo anti-secretina nello sto-

maco, nei ciechi pilorici e nell'intestino della trota fario.

Nello stomaco della specie studiata si osserva una minore densità di elementi endocrini immunoreattivi al siero anti-gastrina rispetto a quanto riportato da BARRENECHEA *et al.* (1994) per *O. mykiss*.

In *S. trutta* mancano del tutto le cellule contenenti materiale colecistochinina-8-simile, che BARRENECHEA *et al.* (1994) trovano in gran numero nella regione pilorica dello stomaco nella trota iridea. Nell'intestino della trota fario anche le CE immunoreattive al siero anti-glucagone non presentano l'alta densità numerica che invece risulta dai dati di BEORLEGUI *et al.* (1992) per *O. mykiss*. Infine, gli elementi endocrini immunopositivi all'anticorpo anti-bombesina riscontrati da HOLMGREN *et al.* (1982) nell'intestino distale della trota iridea, non sono stati da noi individuati nella specie in esame.

I neuropeptidi saggiati nell'apparato gastroenterico di *S. trutta* fanno parte di un insieme di modulatori del comportamento alimentare in vari vertebrati, compresi i pesci.

Uno studio morfologico di questo tipo è indispensabile alla costituzione di un riferimento per indagini successive che interessino aspetti applicativi quali quelli legati all'alimentazione, alle modificazioni correlate a variazioni ambientali e a quelle indotte da patogeni.

1992. Endocrine cells and nerves in the pyloric caeca and the intestine of *Oncorhynchus mykiss* (Teleostei): an immunocytochemical study. *General and Comparative Endocrinology*, **86**: 483-495.

DOMENECHINI C., RADAELLI G., ARRIGHI S.,

MASCARELLO F., VEGGETTI A., 2000. Neurotransmitters and putative neuromodulators in the gut of *Anguilla anguilla* (L.). Localizations in the enteric nervous and endocrine systems. *European Journal of Histochemistry*, **44**: 295-306.

- HOLMGREN S., VAILLANT C., DIMALINE R., 1982. VIP-, substance P-, gastrin/CCK-, bombesin-, somatostatin- and glucagon-like immunoreactivities in the gut of the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Cell and Tissue Research*, **223**: 141-153.
- JENSEN H., ROURKE I.J., MOLLER M., JONSON L., JOHNSEN A.H., 2001. Identification and distribution of CCK-related peptides and mRNAs in the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Biochimica et Biophysica Acta*, **1517**: 190-201.
- OLSSON C., HOLMGREN S., 2001. The control of gut motility. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, **128**: 481-503.
- SUNDBY A., HEMRE G.I., BORREBAEK B., CHRISTOPHERSEN B., BLOM A.K., 1991. Insulin and glucagon family peptides in relation to activities of hepatic hexokinase and other enzymes in fed and starved Atlantic salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). *Comparative Biochemistry and Physiology - B*, **100**: 467-470.

Biologia Ambientale, **18** (1): 197-200.

Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma

Monitoraggio del reclutamento di anguilla (*Anguilla anguilla* L. 1758) in Italia tramite osservatori

Eleonora Ciccotti*, Monica Monfrinotti, Andrea Furlani, Stefano Cataudella

Laboratorio di Ecologia Sperimentale e Acquacoltura, Dip. di Biologia, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" – Via Cracovia 1 - 00133 Roma

* Referente per la corrispondenza: fax +39 06 72595965; ciccotti@uniroma2.it

Riassunto

L'anguilla europea (*Anguilla anguilla* L. 1758) è una specie marina migratrice catadroma, distribuita nelle acque interne e costiere di tutti gli Stati Europei. Nell'ultimo decennio si è assistito, per questa risorsa condivisa dai Paesi Europei e del Mediterraneo, a un declino del reclutamento e alla contrazione delle catture delle anguille adulte. Il presente lavoro fornisce una panoramica di quanto viene fatto in Italia sul monitoraggio del reclutamento di ceche di anguilla, nell'ambito di progetti di ricerca finanziati dal MIPAF (Ministero per le Politiche Agricole e Forestali).

La metodologia è basata sulla pesca delle ceche in tre siti del Tirreno centrale: la foce del fiume Tevere, la foce del Marta e la foce del Garigliano. Come sito di monitoraggio indipendente dalla pesca, è stato scelto il Lago di Monaci, bacino dei laghi costieri del Parco Nazionale del Circeo. In questo sito è stata installata una scala di rimonta per favorire la colonizzazione delle ceche nel lago. I risultati ottenuti dal monitoraggio confermano come, negli ultimi anni, il reclutamento delle ceche di anguilla sia notevolmente diminuito nelle aree monitorate, in linea con quanto osservato negli altri siti europei.

PAROLE CHIAVE: *Anguilla anguilla* / ceche / reclutamento

Monitoring of eel recruitment in Italy

European eel (*Anguilla anguilla* L. 1758) is recognised as an international marine species and a shared resource among European and Mediterranean countries. For this species major problems exist, in relation to a continent-wide decline in recruitment observed in the course of the last decades, and to a contraction in fisheries that capture adult eel. In the present paper a monitoring of eel recruitment in Italy is presented, carried out within resource assessment projects of the MIPAF (Ministero per le Politiche Agricole e Forestali). A methodology has been purposely set up based on eel fisheries in the three sites: the river Tiber estuary, the river Marta estuary, the river Garigliano estuary (Latin Central Italy). A fourth site has been selected, where monitoring is carried out by a fishery independent method, i.e. a glass eel trapping ladder to the Monaci coastal lagoon of the Pontinian coastal lakes (Circeo National Park). A progressive declining trend is evident for glass eel recruitment in all sampling sites. These results are in accordance with what observed elsewhere in Europe.

Keys words: *Anguilla anguilla* / glass eel / recruitment

INTRODUZIONE

L'Anguilla europea (*Anguilla anguilla* L. 1758) è una specie dalla complessa biologia riproduttiva e migratoria. Si tratta, infatti, di una specie marina migratrice catadroma, distribuita nelle acque interne e costiere di quasi tutti gli Stati Europei e del Nord Africa. Il suo sito riproduttivo, stando alle evi-

denze scientifiche attualmente accettate, è unico e si trova presumibilmente in Atlantico (Mar dei Sargassi). Lo sfruttamento da pesca dell'anguilla viene esercitato in tutto l'areale di distribuzione della specie e riguarda gli stadi giovanili (ceche) e pre-adulti (anguille gialle e argentine).

Negli ultimi anni si è assistito ad una riduzione progressiva del reclutamento presso le coste europee e alla contrazione delle catture di anguille adulte in molti sistemi idrografici. In relazione a questa situazione, a livello nazionale in molti Paesi e a livello comunitario, si stanno considerando le possibili

misure da intraprendere per tutelare lo stock di anguilla. Oltre a una generica riduzione dello sforzo di pesca, è stata suggerita la necessità di preparare un piano di recupero dello stock. Le misure fondamentali prevedono la necessità di stabilire quote minime di "colonizzazione" per le ceche, e di "emigrazione" per le anguille, a livello di ciascun bacino idrografico.

Obiettivo del presente lavoro è di fornire una panoramica di quanto viene fatto in Italia riguardo al monitoraggio del reclutamento delle ceche di anguilla nell'ambito di programmi di valutazione delle risorse.

MATERIALI E METODI

Il monitoraggio è condotto presso quattro siti ubicati sulle coste del Tirreno centrale. In questa area, infatti, la rimonta delle ceche è abbondante, sia sulle coste del Lazio che su quelle di Toscana e Campania e quindi la pesca professionale ha radici storiche e consolidate. La collaborazione con le cooperative di pescatori si è dimostrata lo strumento più efficace per l'osservazione del reclutamento delle ceche. I siti sono: l'estuario del fiume Tevere (lunghezza 405 Km, portata media 224 m³/s), la foce del fiume Marta (lunghezza 54 Km, portata media 24 m³/s), la foce del Garigliano (lunghezza 165 Km, portata media 141 m³/s) e il Lago di Monaci, bacino che fa parte delle lagune salmastre dei laghi costieri del Parco Nazionale del Circeo.

Le modalità di pesca prevedono, per i tre siti estuarini, l'utilizzo di "martavelli" di grandi dimensioni ancorati a postazioni fisse. La pesca delle ceche avviene durante la montata nei fiumi, nel periodo compreso tra novembre e fine marzo.

Per il Lago Monaci, al fine di favorire la colonizzazione del lago da parte delle ceche, è stato attuato

un intervento che ha previsto la progettazione e la realizzazione di un dispositivo di rimonta per ceche, installato sulla paratoia di sbarco al canale di Rio Martino. Esso consiste di una rampa di risalita, una scatola "vivaio" e un retino di raccolta posto a monte della paratoia. Il sistema è alimentato, tramite una pompa, da un flusso d'acqua continuo che costituisce un richiamo per le ceche che dal mare entrano nell'estuario del Rio Martino e rimontano la rampa.

La metodologia del monitoraggio prevede la registrazione dei dati di pesca nei quattro siti. Vengono considerati il numero di attrezzi utilizzati e il loro tempo di permanenza in acqua (sforzo di pesca) e le catture totali sia giornaliere che stagionali. Questi dati vengono poi elaborati in indici riassuntivi. Tali indici hanno un uso ampiamente diffuso sia per valutare l'evoluzione interannuale del reclutamento di ceche nelle acque continentali sia per seguire la dinamica intrastagionale della migrazione (DAVOUST *et al.*, 1981; GUE-RAULT *et al.*, 1985; DESAUNAY *et al.*,

1987; GASCUEL, 1987; GASCUEL *et al.*, 1995).

Nel presente caso di studio l'indice di base utilizzato per quantificare le produzioni è la cattura per unità di sforzo (cpus), che consente di ottenere informazioni sul "rendimento" in funzione di ben definite condizioni di "sfruttamento", calcolata su scala giornaliera e stagionale.

La metodologia prevede, per i campioni di ceche pescate a intervalli di tempo settimanali, il rilevamento di una serie di descrittori morfo-ecologici, quali la pigmentazione della testa e del corpo, la presenza della vescica natatoria, la lunghezza, il peso ecc.

RISULTATI

Nella figura 1 sono riportati i dati riassuntivi annuali del monitoraggio del fiume Tevere dal 1990 al 2002. Si può osservare come fino al 1995 le produzioni siano sempre superiori ai 200 kg/stagione, comunque mai al di sotto dei 100 kg. A partire dalla stagione 96-97 la produzione totale di ceche è molto diminuita: le catture, infatti, sono

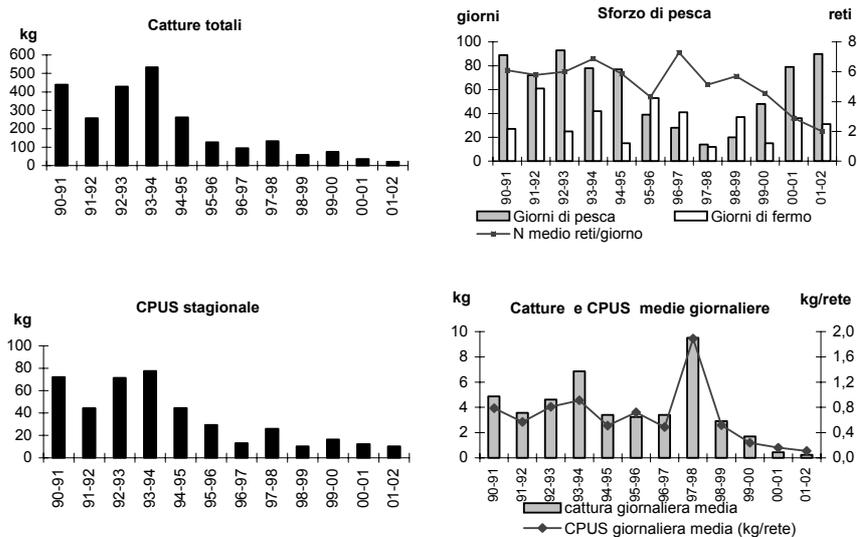


Fig. 1. Reclutamento di ceche di anguilla alla foce del fiume Tevere dal 1990 al 2002.

sempre inferiori al quintale. Nella stagione 97-98, nonostante lo sforzo di pesca sia basso, le catture totali sono superiori, e la cpus giornaliera e stagionale è circa il doppio rispetto alle stagioni precedente e successiva.

Nella figura 2 sono riportate a titolo di esempio la cpus e le catture giornaliere della stagione 2000-01 per il fiume Tevere; l'esame degli andamenti mostra che la rimonta delle ceche procede con picchi di abbondanza relativamente regolari, a cadenza quindicinale. Questo andamento si verifica anche negli altri siti considerati.

Nella figura 3 sono mostrati i risultati annuali del monitoraggio nel fiume Marta. La stagione 2000-01 mostra le catture totali e la cpus stagionale più alte, il che coincide anche con un maggior numero di giorni di pesca.

La produzione totale della pesca e del monitoraggio nella stagione 2001-02 è di poco superiore a mezzo quintale (63 kg), ridotta quindi di un terzo rispetto alla stagione precedente.

I dati riassuntivi annuali mostrati nella figura 4 per il fiume Garigliano evidenziano come, anche in questo sito, le catture totali di ceche nella stagione 2000-01 sono state circa il doppio della stagione 2001-02 e comunque superiori sia rispetto alla stagione precedente che agli altri siti, nonostante i giorni di pesca siano inferiori.

Nel caso dell'osservatorio presso i Laghi Pontini, il reclutamento è stato espresso in termini di numero di individui per giorno. Il dispositivo per la rimonta delle ceche è stato installato da poco tempo, ma i risultati sono estremamente promettenti. Complessivamente sono stati rinvenuti oltre 600 individui (Fig. 5) nel retino di raccolta, di cui l'83 % rappresentato da ceche e il restante da anguillette di 10-20 cm.

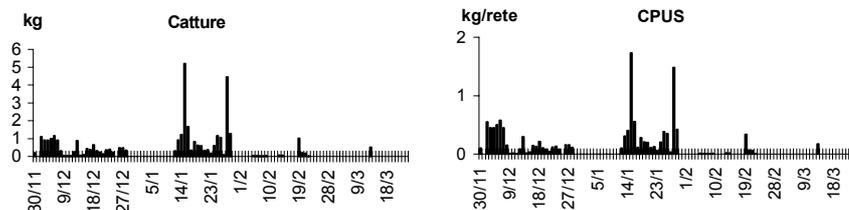


Fig. 2. Reclutamento di ceche di anguilla nella stagione 2000-2001 alla foce del fiume Tevere.

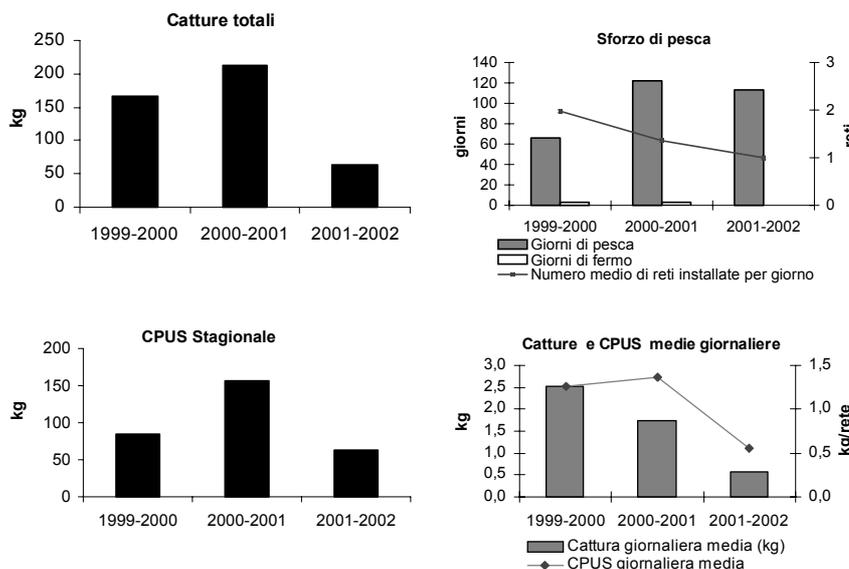


Fig. 3. Reclutamento di ceche di anguilla alla foce del Marta dal 1999 al 2002.

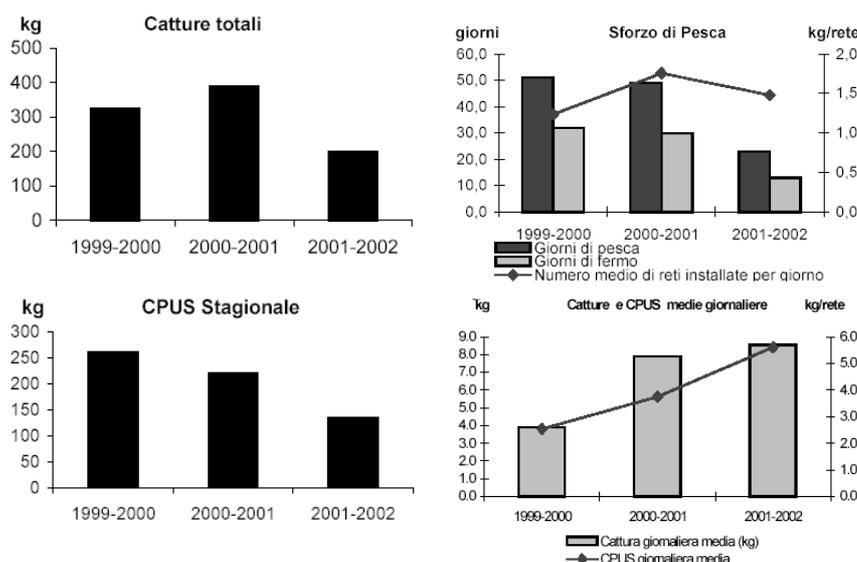


Fig. 4. Reclutamento di ceche di anguilla alla foce del Garigliano dal 1999 al 2002.

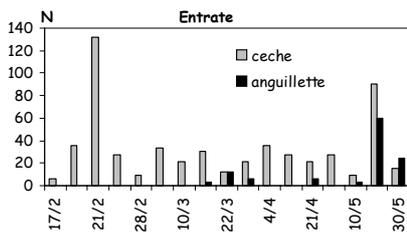


Fig. 5. Rimonta di ceche e anguilette espresso in numero di individui nel lago Monaci nella stagione 2000-2001.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti mettono in evidenza come negli ultimi anni, in particolare nelle ultime due stagioni, la produzione totale di ceche sia stata scarsissima, soprattutto alla foce del fiume Tevere. In questo sito, il più importante per dimensioni e dove la pesca è più organizzata, le catture totali hanno raggiunto minimi storici assoluti e questo nonostante i giorni di pesca siano stati intensificati anche per esigenze di monitoraggio.

Va sottolineato che l'attività di pesca è notevolmente cambiata negli anni recenti: mentre in passato la stagione di pesca durava circa 4 mesi, i pescatori ora dedicano alla pesca delle ceche al massimo due mesi.

Questa riduzione dello sforzo di pesca ha una duplice causa: in

parte è dovuta alla particolare gravità di eventi meteo-climatici che ha ostacolato la pesca, ma soprattutto è una conseguenza delle scarse catture, e non viceversa. Lo sforzo di pesca presso l'osservatorio permanente della foce del Tevere, infatti, sia in termini di giorni dedicati alla pesca, sia di numero di attrezzi installati per giorni, sia di tempo di permanenza in acqua degli attrezzi, è sempre stato modulato sull'intensità della migrazione. Il calo delle produzioni globali e l'andamento delle cpus stagionali, sono perciò una conseguenza diretta della riduzione dell'arrivo di ceche alla foce del Tevere.

La produzione alla foce del fiume Marta è dipesa essenzialmente dalla continuità della pesca nel corso delle stagioni; non vi sono state, infatti, catture eccezionali, ma costanti. Non disponendo di una serie storica di dati che possa consentire valutazioni comparative, si può per il momento affermare solo che la produzione è congruente con quella osservata dai pescatori nel corso degli anni '90.

Da un punto di vista della metodologia del monitoraggio si può affermare che i dati più interessanti riguardano il Marta e il Gariglia-

no che si presentano come siti particolarmente idonei al monitoraggio delle ceche. Il primo in relazione alla localizzazione e alla conformazione della foce, che permette di osservare in modo diretto la colonizzazione da parte delle ceche, il secondo per la quantità della montata di ceche intrastagionale e per la localizzazione della regione che consente di cogliere la prima fase della montata rispetto agli altri siti.

In questo quadro è molto importante che l'attività di monitoraggio continui alla foce del fiume Tevere, per garantire la continuità della serie storica dei dati raccolti finora. L'attività di monitoraggio negli altri siti appare invece molto promettente, sia per quanto riguarda le caratteristiche ambientali sia per i livelli di produzione che, anche se bassi, sono migliori.

Da un punto di vista generale, l'andamento della rimonta nelle aree monitorate appare in linea con quanto osservato in altri siti europei (ICES, 2001; DEKKER, 2002). Da qui l'importanza di verificare la successiva evoluzione del fenomeno e definire le misure gestionali da intraprendere per tutelare la risorsa.

BIBLIOGRAFIA

- DAVOUST O., ELIE P., FONTANELLE G., 1981. *Mise au point d'une methode d'analyse des captures de civelles d'Anguilla anguilla L. dans les estuaries de la Loire et de la Villaine*. CIEM, CM 1981/M: 34, 9 pp.
- DEKKER W., 2002. Status of the European eel stock and fisheries. Proceedings of the International Symposium "Advances in Eel Biology", Tokyo (Japan), 28-30 September 2001.
- DESAUNAY Y., GERAULT D., BELLOIS P., 1987.

- Dynamique de la migration anadrome de la civelle (Anguilla anguilla) dans l'estuaire de la Loire: role des facteurs climatiques vis-à-vis de la peche et du recrutement*. Cons. Int. Explor. Mer. CM 1987/M: 18, 22 pp.
- GASCUEL D., 1987. *Captures, C.P.U.E., abondances et dynamique de migration des civelles, dans l'estuaire de la Sevre Niortaise: 1961-1983*. FAO/EIFAC Working Party on Eel, Bristol 1986. 12 pp.
- GASCUEL D., FEUNTEUN E., FONTANELLE G.,

1995. Seasonal dynamics of estuarine migration in glass eels (*Anguilla anguilla*). *Aquat. Living Resour.*, 8: 123-133.
- GUEREAULT D., BEILLOIS P., DESAUNAY Y., DOREL, 1985. *Variation de l'abondance de la civelles, au travers des donnees de production-secteur Loire et Vilaine*. Cons. Int. Explor. Mer. CM 1985/M: 26.
- ICES, 2001. *Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels*. ICES C.M. 2002/ACFM: 03.

Biologia Ambientale, **18** (1): 201-206.

Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma

Primi risultati relativi alla messa a punto di un protocollo operativo per l'uso della pesca elettrica nel lago Trasimeno

Mario Mearelli^{1*}, Antonella Carosi², Martin A.J. Dörr¹, Giancarlo Giovanazzo¹,
Mauro Natali³, Gianandrea La Porta¹, Massimo Lorenzoni¹

¹ Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia dell'Università di Perugia, Via Elce di sotto - 06123 Perugia.

² Servizio Programmazione Ittiofaunistica della Provincia di Terni, Via Plinio il Giovane, 21 - 05100 Terni.

³ Ufficio Gestione Fauna Ittica - Servizio Programmazione e Gestione Faunistica, Via Palermo 21/c - 06100 Perugia.

* Referente per la corrispondenza: mearelli@unipg.it

Riassunto

La ricerca è consistita in una verifica sperimentale dei risultati che si conseguono modificando alcune caratteristiche fondamentali dei circuiti elettrici dei dispositivi di pesca. Sono state effettuate anche misure di campo elettrico. I risultati hanno permesso di individuare il numero di impulsi ottimale e la forma dell'anodo e del catodo che garantiscono le migliori prestazioni. Tutto ciò rappresenta la premessa per la stesura di un protocollo operativo finalizzato alla standardizzazione d'uso della pesca elettrica nel Lago Trasimeno.

PAROLE CHIAVE: pesci / pesca elettrica / CPUS / circuiti elettrici / campi elettrici

Electrofishing protocol in Trasimeno Lake (Italy)

The aim of this study was to compare the results obtained changing several fundamental characteristics of electric circuits in electrofishing tools. Measures of the electric field were also taken. Results allowed us to distinguish not even the best number of impulses but also the shape of the anode and cathode which optimize the performance of electrofishing. This work represents the first step for the elaboration of an operating protocol in order to standardize electrofishing in Trasimeno lake.

KEY WORDS: fish / electrofishing / CPUE / electrical circuit / electrical field

INTRODUZIONE

Qualsiasi tentativo di revisione critica dei metodi di impiego della pesca elettrica e delle relative attrezzature potrebbe essere considerato superfluo dal momento che tale tecnica si è da tempo affermata come il più diffuso sistema per lo studio delle popolazioni ittiche dulciacquicole e per il loro monitoraggio a fini gestionali (ALLEN-GILL, 2000). Tuttavia ciò può essere considerato, non solo opportuno, ma necessario alla luce delle considerazioni che seguono. Soprattutto nei laghi, è noto che la profondità, il grado di turbolenza e alcune ca-

ratteristiche fisico-chimiche dell'acqua, quali ad esempio la conducibilità (RANDALL, 1990) determinano numerose difficoltà nella messa a punto dell'apparecchiatura di pesca utilizzando i protocolli operativi tradizionali e tutto ciò determina insicurezza nell'interpretazione dei risultati.

Il secondo elemento da considerare è costituito dal fatto che un'attenta analisi della letteratura di settore rivela la costante mancanza di informazioni sull'uso della pesca elettrica, su come è stata valutata la sua efficienza, sulla pre-

cisione dei dati e sulla loro riproducibilità. Nella maggior parte dei casi queste informazioni mancano e si potrebbe essere indotti a concludere che, comunque e in qualunque condizione, gli apparecchi utilizzati garantiscono la stessa efficienza e precisione. Ma ciò non è sempre vero e non ammetterlo comporta l'introduzione di una fonte di errore sistematica e, di fatto, preclude qualsiasi possibilità di mettere a confronto i risultati conseguiti da ricercatori diversi.

C'è da considerare, infine, che la mancanza di protocolli operativi

comporta un forte dispendio di risorse umane, finanziarie e di tempo. Dalla letteratura di settore si hanno significativi contributi sia per ciò che concerne la conoscenza della pesca elettrica (REYNOLDS, 1996) che per la valutazione della sua efficienza (ZALEWSKI e COWX, 1990).

Soprattutto l'ultima considerazione acquisisce particolare rilevanza per il L. Trasimeno, ecosistema in cui le popolazioni ittiche costituiscono un'importante risorsa naturale ed economica. In tale ambiente opera un consistente numero di pescatori di professione, anche se da numerosi anni si sta assistendo ad un lento declino della pesca (diminuisce il numero dei pescatori ed aumenta la loro età media). In questo caso l'utilizzo della pesca elettrica può fornire un utile strumento d'indagine per il monitoraggio delle risorse ittiche. Ciò consentirebbe di intervenire in modo tempestivo nella protezione delle specie che assumono rilevanza dal punto di vista naturalistico e consentirebbe di pianificare gli interventi di sostegno e di regolamentazione della pesca professionale. Per questi motivi la Provincia di Perugia ha promosso una ricerca con le finalità di ottimizzare l'uso della pesca elettrica e per la messa a punto di un protocollo operativo riguardante la standardizzazione della tecnica e dei dispositivi di pesca.

L'attenzione di chi utilizza un dispositivo di pesca elettrica si concentra prevalentemente sui circuiti elettrici. Da questo punto di vista si considerano essenziali la potenza e le caratteristiche del generatore elettrico, il tipo di corrente, la forma e l'utilizzo degli elettrodi (anodo e catodo).

Del tutto ignorata è, invece, la teoria dei campi elettrici che permetterebbe di valutare la distribuzione dell'energia elettrica nell'ac-

qua, la quale è condizionata dalle caratteristiche del conduttore e dalla sua resistenza elettrica. Quest'ultima, a sua volta, aumenta con la lunghezza del conduttore e diminuisce all'aumentare della sua sezione. JESIEN e HOCUTT (1990) si sono occupati di tutte queste problematiche ed hanno fornito utili indicazioni su come valutare la risposta dei pesci ai campi elettrici.

Il requisito fondamentale delle apparecchiature di pesca elettrica è quello di trasferire l'energia proveniente da un carico ad un altro, e cioè dall'acqua ai pesci. La resistenza dei pesci è generalmente differente da quella dell'acqua. La differenza fra la resistenza dell'acqua e la resistenza dei pesci può limitare il trasferimento di energia elettrica e quindi l'efficacia di cattura dell'apparecchiatura. La resistenza dovuta all'acqua ed ai pesci, che insieme costituiscono il carico, deve assumere gli stessi valori di quella interna dovuta invece al catodo o alla barca, se questa viene elettrificata.

Le caratteristiche del campo elettrico cambiano non solo in funzione della corrente, ma anche in base alla forma, dimensione, posizione, distanza e orientamento degli elettrodi. In particolare molta attenzione va prestata alle dimensioni dell'anodo che dovrebbe essere di diametro il più grande possibile per non provocare danni ai pesci. L'aumento del diametro determina un aumento della dimensione del campo elettrico, da cui deriva una diminuzione dell'intensità della corrente nelle vicinanze dell'anodo stesso. Gli anodi possono essere di formato diverso e generalmente la forma ideale è una sfera che assicura una dispersione uniforme dell'energia elettrica. Tuttavia tale soluzione sarebbe poco pratica per peso, ingombro e resistenza. Per questo la soluzione più pra-

tica è costituita da un anello a forma di cerchio a cui possono essere applicate unità supplementari, costituite da cavi o strisce metalliche (anello di Winsconsin). Questo tipo di anodo, che simula una sfera, crea un campo elettrico tridimensionale che esercita i suoi effetti sia in superficie che in profondità.

È opportuno stabilire un rapporto paritario fra la superficie dell'anodo e quella del catodo. In questo senso è opportuno sostituire la coda di topo o la treccia di rame, normalmente forniti con l'elettrostorditore, con altri catodi a maggiore superficie.

MATERIALI E METODI

Ai fini della redazione di un protocollo operativo i punti assunti come riferimento per impostare il piano sperimentale sono i seguenti.

- determinare le catture per unità di sforzo (CPUS) in alcune tipologie lacustri omogenee.
- determinare le CPUS per alcune frequenze di impulsi.
- sperimentare l'applicazione di anodi e catodi di varia misura e forma per individuare l'attrezzatura ottimale ai fini della standardizzazione delle attività di pesca.
- effettuare misure preliminari di intensità di picco al fine di determinare le caratteristiche del campo elettrico.

Relativamente ai primi due punti l'attrezzatura utilizzata è la seguente: elettrostorditore da 4,5 Kw, anodo standard da 46 cm fornito con l'elettrostorditore, catodo costituito da un cavo multipolare in acciaio da 0,6 cm di diametro e 2 m di lunghezza.

L'attività di campionamento è stata condotta all'isola Polvese, a Panicarola e a S.Feliciano nel periodo luglio-agosto 2001 (Fig. 1). In ognuna di queste tre aree sono state analizzate tre diverse fasce: a)

fascia del canneto; b) fascia delle macrofite galleggianti; c) fascia delle acque aperte/macrofite sommerse. In tutti e tre i casi sono stati esaminati 4 tratti di 100 m di lunghezza. I parametri registrati durante la fase sperimentale sono i seguenti:

Tempo - è stato registrato il tempo complessivo effettivo del trattamento elettrico. In pratica si è tenuto conto di tutte le interruzioni di pesca determinate dal sollevamento dell'anodo dall'acqua.

Spazio - la lunghezza dei tratti esaminati è stata misurata mediante GPS. Ogni punto è stato codificato con una sigla a 6 caratteri. I primi due indicano la località di riferimento (PO- Polvese; PA- Panicarola; SF- S. Feliciano), i due seguenti il tipo d'habitat (CA- Canneto; MA- Macrofite; AP- Acque aperte), e gli ultimi due la sequenza spaziale dei punti del transetto (1-5).

Numero di impulsi - l'obiettivo principale era quello di saggiare la risposta dei pesci al trattamento elettrico. L'utilizzazione della corrente continua ha provocato il surriscaldamento e conseguentemente il blocco del generatore elettrico. Questo risultato è da attribuire in buona parte agli alti valori di conducibilità, ma, probabilmente, in futuro, si potrebbe ovviare a questo inconveniente mediante l'utilizzazione di apparecchi più potenti (10, 15, 20 Kw). La sperimentazione è stata quindi basata sull'impiego di corrente elettrica pulsata ed, in particolare, sono state saggiate quattro frequenze: 20, 40, 60 e 80 Hz.

All'attività di campionamento ittico è stata associata la determinazione di alcuni parametri ambientali, ritenuti utili ai fini della caratterizzazione delle acque nei

settori del lago prescelti. All'inizio ed alla fine di ogni settore sono stati considerati: temperatura dell'aria (°C), temperatura dell'acqua (°C) (superficie e fondo), pH (unità di pH), conducibilità ($\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25 °C), ossigeno disciolto (mg/L e saturazione %) (superficie e fondo).

Successivamente l'attività di ricerca è stata rivolta alla verifica della variabilità delle catture in funzione di elettrodi di forma e dimensione diverse. Per ciò che concerne i trattamenti elettrici, a differenza delle procedure impiegate nella prima fase, si è ricorsi ad una frequenza fissa (70 Hz).

Per evitare che eventuali differenziazioni di habitat nelle aree campionate interferissero sui risultati delle catture, è stato deciso di condurre tutta la campagna dei campionamenti su un canale poco a nord del molo di S. Arcangelo. Il canale ha una lunghezza di circa 70 m ed una larghezza di circa 20.

Al fine di permettere una ridistribuzione naturale dei pesci dopo ogni campionamento si è cercato di intercalare opportunamente le 6 giornate di pesca (settembre-ottobre 2001), evitando quindi, quanto più possibile di effettuare campionamenti ravvicinati (nella stessa giornata o in giorni successivi).

Per la valutazione della catturabilità si è tenuto conto dei seguenti parametri:

Tempo - è stato registrato il tempo complessivo effettivo del trattamento elettrico. In pratica si è tenuto conto di tutte le interruzioni di pesca determinate dal sollevamento dell'anodo dall'acqua.

Anodi - sono stati utilizzati anodi tradizionali, a forma di cerchio di dimensioni diverse: 46, 30, 25 cm. Al fine di sviluppare un campo elettrico tridimensionale è stato saggiato anche un anodo costituito da due cerchi saldati

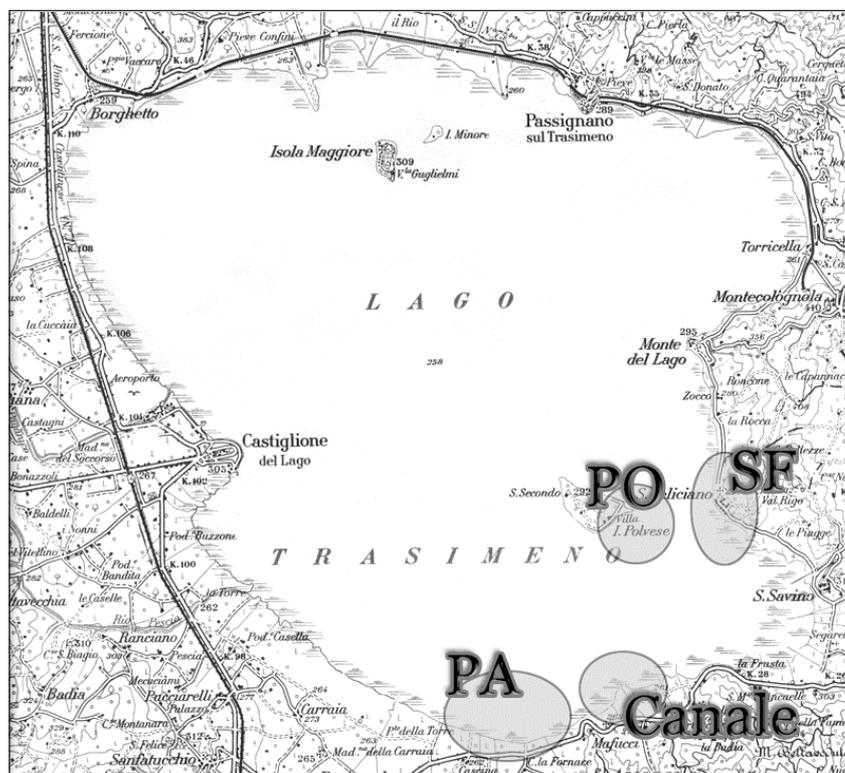


Fig. 1. Il Lago Trasimeno e le aree di campionamento.

tra di loro in modo ortogonale (“anodo palla”) (Fig. 2). Per simulare invece un anello di Winsconsin è stato realizzato un dispositivo come quello rappresentato nella foto (“anodo ombrello”) (Fig. 2).

Catodi - al posto della coda di topo sono state messe a punto due soluzioni. La prima è costituita da un cavo multipolare di rame di 2,5 cm di diametro lungo circa 3 m e di cui sono scoperti ed esposti in acqua solo gli ultimi 40 cm. Questa soluzione ha il vantaggio di aumentare la superficie del catodo riducendo quindi la dispersione di energia ed il contatto con il fondo argilloso del lago. La seconda soluzione è volta ad aumentare ulteriormente la superficie del catodo; a tal fine è stato realizzato un catodo costituito da una lastra di rame di 40x60 cm che è stata fatta aderire ad un foglio di polistirolo estruso per ottenerne il galleggiamento.

Repliche - Per ogni giornata e per ogni elettrodo sono state effettuate due passate di pesca. Ciò ha consentito una corretta stima del volume delle singole popolazioni ittiche.

Nell'ambito dell'attività sperimentale sono state effettuate alcune misure preliminari di campo elettrico utilizzando un rivelatore di campo ed una sonda proposte da L. Kolz (National Wildlife Research Center, 3550 Eastbrook Dr., Fort Collins, CO 80525). La strumentazione è stata assemblata sulla base

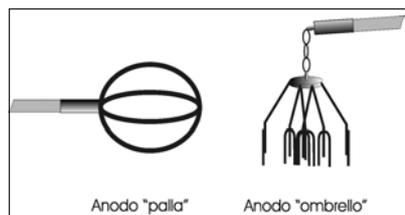


Fig. 2. Anodo “palla” e anodo “ombrello”

Tab. I. Statistica descrittiva dei parametri ambientali

	N. valori	V. Min.	V. Max.	V. Medio	Dev.st.	Coeff. Var. %
Temperat. acqua superf. (°C)	42	24,55	28,65	26,28	0,99	3,77
Temperatura acqua fondo (°C)	42	24,45	28,6	26,07	0,96	3,67
pH (unità di pH)	42	7,81	9,37	8,45	0,52	6,15
DO superficie (mg/L)	42	4,08	23,59	7,6	3,83	50,34
DO superficie (V.S. %)	42	41,68	185,4	88,9	36,6	41,18
DO fondo (mg/L)	42	0	13,62	4,17	3,59	86,12
DO fondo (V.S. %)	42	0	172,4	52,88	45,9	86,82
Conducibilità (µS/cm)	42	1346	1434	1401,7	25,6	1,82

degli schemi elettrici e delle indicazioni dell'autore. Il rivelatore di picco consente di mappare il gradiente di voltaggio a varie distanze dall'anodo. I valori estremi di riferimento per la valutazione dell'efficacia del campo elettrico sono i seguenti: al di sotto di 0,1 V/cm i pesci tendono a scappare, tensioni di picco superiori a 1 V/cm possono invece essere pericolose per i pesci (REYNOLDS, 2000). In definitiva, la mappatura consente di verificare l'ampiezza del raggio efficace (0,1-1 V/cm) dell'anodo. Tale approccio si inquadra nei termini di una verifica dell'efficienza dei sistemi di pesca elettrica anche attraverso misure elettriche nell'acqua (KOLZ e REYNOLDS, 1989; KOLZ, 1993).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Risultati ambientali

Quasi tutti i parametri dimostrano una sostanziale omogeneità di valori. Le considerazioni più significative sui dati riguardano la conducibilità che raggiunge valori particolarmente elevati (valore medio 1401,7 µS/cm) e i valori di marcata sottosaturazione dell'ossigeno disciolto sul fondo (valore medio 4,17 mg/L) (Tab. I).

Risultati ittici

In totale sono stati esaminati 29 punti stazione, le giornate di campionamento sono state 13, le

specie catturate 13 ed il numero complessivo di catture 812 esemplari. Il campione ittico evidenzia la dominanza di 3 delle 13 specie rinvenute, che complessivamente rappresentano il 91% del totale: il 44% è costituito da *Micropterus salmoides*, il 27% da *Carassius auratus*, il 20% da *Lepomis gibbosus* ed il restante 9% dalle restanti specie (*Alburnus alburnus alborella*, *Anguilla anguilla*, *Atherina boyeri*, *Cyprinus carpio*, *Esox lucius*, *Ictalurus melas*, *Perca fluviatilis*, *Pseudorasbora parva*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Tinca tinca*).

Durante l'attività di campionamento nella zona dell'Isola Polvese, Panicarola e S. Feliciano, sono state rinvenute 11 delle 13 specie complessivamente catturate.

I valori medi di CPUS delle tre aree esaminate sono marcatamente differenti. Il valore maggiore è stato calcolato per l'isola Polvese con un valore medio di CPUS pari a 1,68 ind/min; segue l'area di Panicarola con un CPUS uguale a 0,80 ed infine la zona di S. Feliciano con una CPUS di 0,26 ind/min (Tab. II). All'isola Polvese, la fascia del canneto e quella delle macrofite mostrano valori medi di CPUS decisamente superiori a quelli della zona aperta (canneto 0,60, macrofite 0,56, acque aperte 0,11). Per le altre due zone i valori si attestano intorno a 0,15 ind/min.

Le frequenze saggiate hanno

mostrato una diversa efficienza in termini di catture (Tab. III). Alla frequenza di 40 Hz è associato il maggior valore medio delle CPUS (0,96). Seguono in ordine di grandezza la frequenza di 80 Hz con una CPUS di 0,40 ed infine le frequenze di 60 e 20 Hz, rispettivamente con valori di CPUS pari a 0,27 e 0,12.

Delle 13 specie complessivamente catturate in tutta la campagna sperimentale, quelle ascrivibili al canale sono 11, non essendo state catturate anguilla e tinca. Dal confronto fra le catture conseguite con i singoli anodi emerge quanto segue. I dati delle catture rivelano differenze statisticamente significative fra i singoli anodi (ANOVA-1 via, $p < 0,01$). Carassio dorato, persico sole e persico trota sono stati catturati con tutti gli elettrodi saggiati. Persico reale e pseudorasbora non sono stati catturati con l'anodo da 46 cm, il più grande dei tre ad anello; l'alborella, al contrario, non è stata catturata con il più piccolo degli anodi ad anello, cioè con quello da 25 cm. Il latterino non è stato catturato con l'anodo da 25 cm e con quello da 46 cm. Luccio e pesce gatto sono stati catturati con un solo tipo di anodo (30 cm); scardola e carpa sempre con un solo anodo, quello da 46 cm (Tab. IV).

Nel complesso la più alta catturabilità di specie è stata ottenuta

Tab. II. CPUS disaggregate per area e per numero di impulsi

Tratto	Hz			
	20	40	60	80
PAAP		0,20	0,14	0,25
PAMA		0,50		0,50
POAP		0,25	0,19	
POCA	0,12	1,22	0,50	0,54
POMA	0,07	0,99	0,39	0,78
SFAP				
SFCA			0,19	0,36
SFMA				0,25

con l'anodo da 30 cm (9 specie su 11), un buon risultato è stato ottenuto anche con gli anodi "palla" e "ombrello" (7 specie su 11), con l'anodo ad anello da 46 cm si scende a 6 specie catturate e con quello da 25 cm a 5 (Tab. IV).

Un modo efficace per evidenziare le relazioni fra dati di CPUS, specie ittiche e tipo di anodo è quello di riordinare la variabilità complessiva mediante analisi multivariata. Per ottenere tale risultato è stata utilizzata l'analisi delle corrispondenze che permette di rappresentare l'associazione fra le due variabili categoriche (CPUS per specie e tipo di anodo) per mezzo di grafici di posizionamento delle rispettive modalità.

I risultati di tale elaborazione vengono discussi limitatamente alle prime due dimensioni che rappresentano il 92,43 % di inerzia, di cui il 72,46% relativa alla prima dimensione ed il 19,97% relativa alla seconda (Fig. 3).

La prima dimensione evidenzia una sostanziale corrispondenza dei dati di cattura da parte degli anodi ad anello da 25 e 30 cm. Le specie associate a tali anodi sono persico trota, persico reale, luccio e pesce gatto. A tale associazione risulta contrapposto l'anodo da 46 cm che appare selettivo soprattutto nei confronti della scardola. La seconda dimensione evidenzia l'associazione fra l'anodo "ombrello" e alcune specie che non figurano co-

Tab. III. CPUS disaggregate per specie e per numero di impulsi

Specie	Hz			
	20	40	60	80
<i>Alburnus alburnus alborella</i>		0,25		
<i>Anguilla anguilla</i>				0,14
<i>Atherina boyeri</i>			0,19	
<i>Carassius auratus</i>	0,11	0,88	0,18	0,60
<i>Ictalurus melas</i>				0,15
<i>Lepomis gibbosus</i>	0,20	3,30	0,65	0,83
<i>Micropterus salmoides</i>	0,07		0,38	0,47
<i>Perca fluviatilis</i>				0,30
<i>Pseudorasbora parva</i>	0,07			
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	0,07	0,17	0,10	
<i>Tinca tinca</i>	0,20	0,18	0,13	0,28
Media	0,12	0,96	0,27	0,40

Tab. IV. CPUS disaggregate per tipo di anodo e per specie

Specie	Anodi					Media
	25	30	46	ombrello	palla	
<i>Alburnus alburnus alborella</i>		0,30	0,19	0,72	0,18	0,35
<i>Carassius auratus</i>	0,77	1,19	3,75	2,47	4,17	2,47
<i>Cyprinus carpio</i>			0,19			0,19
<i>Atherina boyeri</i>		0,16		0,13	0,19	0,16
<i>Esox lucius</i>		0,17				0,17
<i>Ictalurus melas</i>		0,15				0,15
<i>Perca fluviatilis</i>	0,38	0,47		0,26	0,18	0,32
<i>Pseudorasbora parva</i>	0,13	0,16		0,26	0,36	0,23
<i>Lepomis gibbosus</i>	0,50	0,79	0,75	0,85	0,74	0,73
<i>Micropterus salmoides</i>	5,10	4,92	2,81	2,67	5,37	4,17
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>			0,84			0,84
Media	1,38	0,92	1,42	1,05	1,60	

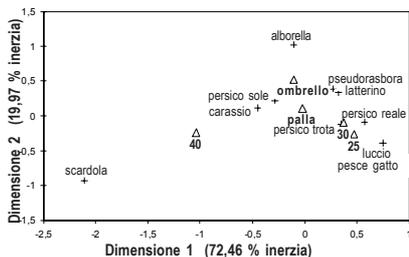


Fig. 3. Plot delle prime due dimensioni dell'analisi delle corrispondenze.

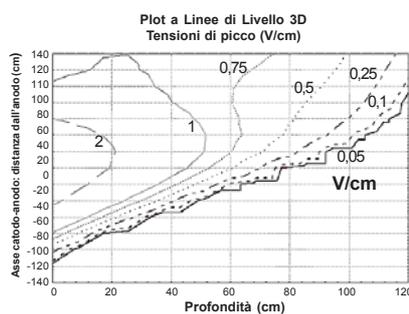


Fig. 4. Isoplete delle tensioni di picco rispetto alla distanza dall'anodo.

stantemente nel pescato quali alborella, pseudorasbora e latterino.

L'analisi delle corrispondenze conferma quindi l'importanza delle caratteristiche del circuito ed in modo particolare della forma e delle dimensioni dell'anodo rispetto alla catturabilità della fauna ittica.

Per ciò che concerne il confronto delle soluzioni adottate per

il catodo i test sono stati due: il cavo multipolare da 2,5 cm e la lastra di rame, entrambi utilizzati con un anodo da 46 cm. I risultati indicano chiaramente che la lastra di rame si è rivelata molto più efficace rispetto al cavo; infatti, nel primo caso, il numero di specie catturate è stato quasi doppio rispetto al secondo.

Infine, per ciò che concerne le misure del campo elettrico, le tensioni di picco sono state valutate a varie distanze dall'anodo in orizzontale ed in verticale (Fig. 4). La tensione di picco critica (0,1 V/cm) viene raggiunta a distanze dall'anodo di poco superiori ad 1 m, inoltre le isoplete delle tensioni di picco corrispondenti a 0,1 e 1 V/cm sono estremamente ravvicinate. Tutto ciò evidenzia l'estrema criticità delle condizioni di utilizzo della pesca elettrica nel Trasimeno.

CONCLUSIONI

Le condizioni ambientali nei tre settori esaminati, nel periodo luglio-agosto 2001, evidenziano l'assenza di processi di stratificazione termica. Le acque sono in serie debolmente alcalina e presentano elevati valori di conducibilità. Il dato più preoccupante è, però, rappresentato dall'ossigeno disciolto che,

soprattutto sul fondo, raggiunge valori prossimi all'anossia.

L'attività di campionamento con elettroscandore nei tre settori del lago ha portato alla cattura di 13 specie con 812 esemplari. Persico trota, carassio dorato e persico sole sono le specie dominanti (91% del pescato complessivo).

Le caratteristiche del circuito ed in modo particolare la forma e le dimensioni dell'anodo si sono rivelate componenti importanti ai fini della catturabilità della fauna ittica. I risultati sperimentali, anche se riferiti ad un breve periodo di osservazioni, possono essere considerati molto interessanti. In particolare si ritiene significativo aver individuato differenziazione nei dati di cattura fra le principali fasce del litorale del lago, aver accertato la frequenza di impulsi ottimali in termini di pescato e della selezione delle specie, aver conseguito alcune conoscenze di base sulla forma dell'anodo e del catodo ai fini dell'ottimizzazione dei circuiti elettrici nel Lago Trasimeno.

I risultati conseguiti possono essere quindi giudicati promettenti ai fini dello sviluppo di un protocollo definitivo per l'utilizzazione della pesca elettrica nel Lago Trasimeno.

Bibliografia

ALLEN-GILL S.M., 2000. *New perspectives in Electrofishing*. National Health and Environmental Effects Research Laboratory of the U.S. Environmental Protection Agency, 65 pp.

KOLZ A.L., 1993. *In-water electrical measurements for evaluating electrofishing systems*. Fish and Wildlife Biological Report 11. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC, 24 pp.

KOLZ A.L., J.B. REYNOLDS. 1989. *Determination of power threshold response curves*. Fish and Wildlife Technical Report 22. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C., 24 pp.

JESIEN R., HOCUTT R., 1990. Method for evaluating fish response to electric fields. In: I.G. Cowx (ed.), *Developments in Electric Fishing*. Fishing News Books, Cambridge, MA, 358 pp.

RANDALL R.G., 1990. Effect of water temperature, depth, conductivity and survey area on the catchability of juvenile Atlantic salmon by electric fishing in New Brunswick streams. In: I.G. Cowx (ed.), *Developments in Electric Fishing*. Fishing News Books, Cambridge, MA, 79-90.

REYNOLDS J.B., 1996. Electrofishing. In: B.R. Murphy and D.W. Willis (eds),

Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, MD: 221-253.

REYNOLDS J.B., 2000. Electrofishing theory. In: Allen-Gill S.M., 2000. *New perspectives in Electrofishing*. National Health and Environmental Effects Research Laboratory of the U.S. Environmental Protection Agency: 3-24.

ZALEWSKI M., COWX I.G., 1990. Factors affecting the efficiency of electric fishing. Pages. In: I.G. Cowx and P. Lamarque (eds), *Fish with Electricity*. Fishing News Books, Cambridge, MA: 89-111.

Biologia Ambientale, 18 (1): 207-209.

Atti 9° *Convegno Nazionale A.I.I.A.D.*, Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma

Biologia e gestione della pesca: modelli gestionali, ruoli degli ittiologi e delle associazioni piscatorie nella gestione delle popolazioni ittiche

Massimo Pascale

Via Città di Traunstein, 8 – Pinerolo (TO); fax 0121 397339; maxpascale.tin.it@tin.it

Riassunto

Da ormai più di una decina di anni a questa parte, da quando cioè la biologia ha incominciato ad interessarsi e confrontarsi con il mondo della pesca, sono state ribaltate molte delle vecchie concezioni su cui si basavano i metodi di gestione della fauna ittica. Primo frutto di questa nuova tendenza è stata l'introduzione delle Carte Ittiche, strumenti gestionali importantissimi che orientano gli enti gestori verso forme di controllo dell'attività di pesca e di ripopolamento che consentono di mediare tra la normale evoluzione e mantenimento delle popolazioni ittiche, soprattutto autoctone, e le istanze dei pescatori.

Il mondo della pesca ha risposto positivamente all'introduzione di questo nuovo importante strumento gestionale. Sono numerosi i casi in cui proprio dal mondo dell'associazionismo legato alla pesca è emersa la necessità di dotarsi di Carte Ittiche, collaborando fattivamente alla loro realizzazione. Oggi, poi, e questo è il secondo frutto, molte pubbliche amministrazioni ed associazioni gestrici della pesca si avvalgono della consulenza ittiologica di biologi, naturalisti e veterinari e questo è un segnale incoraggiante della volontà di passare da una gestione specialistica, ma limitata, ad una gestione complessiva basata su criteri scientifici. In futuro si dovrà assistere ad una maggiore interazione e ad una migliore convergenza di obiettivi tra gestione, ricerca e attività alieutiche.

PAROLE CHIAVE: Carta ittica / ittiologi / associazioni di pescatori

Biology and fishing: ichthyologists and anglers associations rule in fish populations management

Since few years ago biologists began to be involved in activities concerning fishes and fishing activity, and the problems of fishery management began to be faced from a scientific point of view. Such important documents as "fish maps" were made and anglers began to understand the importance of a correct management of fish populations. Anglers associations committed soon "fish maps" and other studies about fish biology. In the future we auspicate more interaction between ichthyologists and anglers, to protect ichthyofauna from faunistic and environmental modifications.

KEY WORDS: Fish map / ichthyologist / anglers association

Ho l'onore e l'onere di rappresentare idealmente una buona parte dei soci di quest'associazione che affiancano all'attività di ricerca pura attività con risvolti di tipo gestionale o che, come nel mio caso, conducono quasi esclusivamente la propria professione in ambito ge-

stionale, occupandosi delle popolazioni ittiche naturali per conto degli enti gestori.

Un ittiologo può svolgere dal punto di vista professionale la propria attività sostanzialmente attraverso due modalità:

- collaborazioni con enti gestori

quali province, parchi, associazioni come la F.I.P.S.A.S., limitate nel tempo e finalizzate alla realizzazione di documenti programmatici (carte ittiche, piani ittici provinciali o regionali ove previsti dagli impianti di legge regionali, lavori specifici sulla

gestione di specie particolari o popolazioni di singole specie).

- attività di tipo "continuativo", più o meno slegate dalla realizzazione dei documenti programmatici sopra citati. Caso tipico è quello che vede la collaborazione con molte amministrazioni, per lo più provinciali, che decidono di avvalersi di ittiologi con contratti annuali. Il profilo ed il ruolo professionale, dal punto di vista della "visibilità", sono qui molto legati all'immagine dell'ente committente da cui l'ittiologo dipende.

In entrambi i casi, comunque, il ruolo dell'ittiologo non può essere slegato o prescindere dalla collaborazione e dal confronto con il mondo della pesca, in forma singola ed associata, per una serie di motivi: questo è il bacino di utenza finale che si confronta con le scelte fatte; ne è, più o meno direttamente, il committente ed inoltre, in caso di progetti che prevedono attività su campo (ad es. carte ittiche), a livello locale, il contributo derivante dalla conoscenza delle realtà territoriali particolari, tipica dei pescatori, è fondamentale per la buona riuscita degli stessi.

Vorrei citare due esperienze recenti, una in provincia di Pistoia ed una forse un po' più datata in provincia di Massa Carrara, in cui, per la realizzazione di carte ittiche provinciali, la collaborazione del mondo della pesca, della F.I.P.S.A.S. nel primo caso, del Co.Ge.Ser. nel secondo, è stata determinante, sia nella fase propositiva (il finanziamento per la realizzazione dei documenti è stato richiesto dalle due associazioni alle rispettive province), sia in fase realizzativa, per gli aspetti logistici legati all'attività di campionamento.

Il ruolo che molti di noi associati riconosciamo al mondo della pesca è inoltre molto spesso deter-

minato ed amplificato dal fatto che gran parte dei soci A.I.I.A.D. sono pescatori od ex pescatori, che hanno fatto della propria passione una professione e che pertanto conoscono almeno alcune delle problematiche legate all'attività alieutica.

Ciò detto non va però dimenticato che la gestione dell'attività alieutica deve essere soprattutto gestione degli ecosistemi acquatici (e parlo di ecosistemi nel loro complesso, non solo di pesci), quale patrimonio naturale e fondamentale non solo dei pescatori, ma dell'intera collettività. Quindi la gestione della pesca va intesa come gestione delle popolazioni ittiche naturali ed artificiali inserite nel contesto ambientale e nella loro dinamica, resa differente da quella naturale anche a causa del prelievo e dei ripopolamenti determinati dall'attività alieutica.

È importante avere presente che qualunque intervento gestionale, soprattutto su popolazioni ittiche particolarmente pregiate perché appartenenti a specie autoctone od endemiche, deve tenere nella giusta considerazione il potenziale esito negativo o positivo che l'intervento può avere su quelle popolazioni, in termini di mantenimento di accettabili parametri popolazionistici.

Quando parlo di intervento gestionale non mi riferisco solo a quelli che regolano l'attività di pesca o di ripopolamento, ma ad ogni intervento che interessi la "risorsa acqua", sia che si parli, ad esempio, di prelievi idrici ad uso diverso, sia che si parli dei cosiddetti interventi di "messa in sicurezza dei corpi idrici".

Nel caso di interventi legati all'attività di pesca, questi devono quindi essere compatibili con la normale evoluzione delle specie e delle singole popolazioni, a garanzia della loro sopravvivenza, non

solo per intenti naturalistici, ma anche in un'ottica di soddisfacimento delle future generazioni di pescatori.

Ciò viene normalmente attuato attraverso l'applicazione di correttivi gestionali più o meno complessi che tutti noi conosciamo: misure minime di cattura più adeguate, periodi di "fermo pesca", istituzione di aree a regolamento specifico, più limitativi rispetto a quanto previsto dalle normative regionali, quasi sempre inadeguate rispetto alle differenti realtà locali.

Questi correttivi sono spesso fonte di scontro tra tecnici e pescatori, talora vengono utilizzati strumentalmente a livello politico e quasi mai vengono compresi nel loro significato.

Il mondo della pesca deve comprendere, ed il ruolo delle grandi associazioni può essere in questa fase determinante per permettere un maggiore dialogo e comprensione tra tecnici e pescatori, che questi interventi non devono essere intesi in senso coercitivo e penalizzante nei confronti del mondo alieutico, ma come un tentativo di garantire, e garantirsi, una risorsa, non illimitata, per il futuro. Credo che nessuno potrà negare che siano cambiate profondamente le condizioni ecologiche dei corsi d'acqua rispetto al passato e che le popolazioni ittiche, specialmente del fondovalle, si siano trasformate in modo radicale con l'ingresso di specie indesiderate. Il "capitale" (termine non bello, ma efficace) disponibile non è più lo stesso e quindi occorre rivedere integralmente o parzialmente gli articoli di legge che consentono prelievi ittici oggi insostenibili o immissioni di fauna alloctona scellerate.

È importante puntualizzare che il depauperamento delle popolazioni ittiche naturali non è in alcun modo reintegrabile con i ri-

popolamenti; abbiamo sentito in questi giorni quali siano i problemi derivanti dalle immissioni e quale sia lo standard di qualità, generalmente basso, del materiale immesso: al di là dei problemi di sempre minore variabilità genetica all'interno delle popolazioni ittiche, determinati dalla manipolazione umana, c'è il problema molto più comune della sostituzione, sottolineo sostituzione, di una specie con un'altra (come nel caso della trota marmorata e della trota fario di ceppo mediterraneo), per presunte carenze popolazionistiche o, più semplicemente, per la voglia di qualcosa di nuovo.

Io credo che un documento programmatico quale una carta ittica, nel giusto rispetto delle istanze ed aspettative di coloro ai quali il documento è indirizzato, debba evidenziare queste problematiche e cercarne delle soluzioni, anche con indicazioni "impopolari" per una parte dei pescatori. Chi realizza questi documenti e ne cura la relazione tecnica deve farsi carico, insieme con le associazioni, di comunicare queste problematiche a tutto il mondo della pesca, spiegando il perché di certe scelte.

Parimenti, però, ogni documento programmatico che si possa definire completo deve considerare anche interventi sugli ambienti flu-

viali, deve prevedere interventi di ripristino ambientale, deve individuare zone di elevato interesse naturalistico che vanno difese con i denti: sono le ultime rimaste.

Voglio fare, a questo punto, qualche cenno sul D.M.V., il cosiddetto Deflusso Minimo Vitale. In alcune realtà geografiche, quello che fino a qualche tempo fa appariva come utopia è realtà; nei corsi d'acqua soggetti a derivazioni di tipo diverso viene garantita una portata, quantificata con metodi anche piuttosto raffinati, tale da garantirne condizioni di qualità accettabile perché le comunità componenti le catene trofiche possano continuare a sopravvivere.

Il D.M.V., benchè una conquista importante per la tutela delle biocenosi acquatiche, non deve essere considerato come la "panacea" destinata a sanare i problemi dei corsi d'acqua, e soprattutto non deve divenire un pretesto per concedere, sempre e comunque, l'autorizzazione a derivare.

Partendo dalla considerazione che il deflusso minimo vitale è una condizione idrologica comunque molto pericolosa per il corso d'acqua, in quanto prossima alle portate minime, mantenuta per periodi molto lunghi, e dal fatto che in determinati ambienti, per caratteristiche idromorfologiche partico-

lari o per la presenza di importanti realtà faunistiche (ad es. endemismi) il D.M.V. non è sufficiente a garantire standard di qualità accettabili, occorre predisporre a livello locale elenchi di corsi d'acqua o di tratti degli stessi nei quali ogni richiesta di concessione di derivazione va rigettata e gli ambienti vanno mantenuti in condizioni naturali. Vi voglio ricordare che esistono nell'area alpina corpi idrici molto importanti nei quali non esistono tratti non sottesi da derivazioni ad uso potabile, idroelettrico ed irriguo, dalle sorgenti verso la foce. E questi ospitano importanti endemismi quali la trota marmorata od il barbo canino.

La mia conclusione, amara e relativa al territorio dove vivo, cioè la provincia di Torino, è che purtroppo, nonostante gli enormi sforzi compiuti nel senso del coinvolgimento e della responsabilizzazione dei pescatori e con l'applicazione di politiche gestionali attente alla protezione delle popolazioni autoctone, la situazione è senz'altro peggiorata.

Come quasi sempre accade, tecnici, associazioni e pescatori litigano su misure minime, zone kill e no kill ed altro, ed intanto c'è qualcuno che il fiume lentamente, ma neanche poi tanto, lo fa completamente sparire ...

Applicazione delle carte ittiche da parte delle Pubbliche Amministrazioni per una corretta e razionale attività di gestione delle acque interne

Mario Giannini

Autorità di Bacino del Fiume Po – Via Garibaldi 75, Parma; giannini@adbpo.it

Riassunto

Sebbene negli ultimi anni in Italia (in particolare nel settentrione) siano state elaborate numerose carte ittiche, non pare che queste abbiano portato ad un evidente miglioramento della situazione delle popolazioni ittiche. I motivi di tale discrepanza sono essenzialmente tre: 1) l'assenza di una precisa definizione di cosa sia una carta ittica; 2) la saltuarietà dell'esecuzione delle carte ittiche; 3) come conseguenza dei primi due, le carte ittiche non vengono riconosciute come strumento valido per la pianificazione generale delle risorse idriche.

Ciò risulta evidente dall'analisi degli strumenti normativi più recenti ed in particolare del Decreto legislativo 152/99 in materia di tutela delle acque. Tale importante norma, che costituisce il quadro d'azione per la tutela delle acque nei prossimi decenni, non comprende le carte ittiche fra gli strumenti tecnici per la valutazione dello stato dei corpi idrici e per la pianificazione delle azioni d'intervento. È pertanto necessario che gli ittiologi si attivino perché le carte ittiche assumano un livello scientifico di rilievo e ne propongano l'applicazione da parte degli enti competenti in materia di tutela delle acque.

PAROLE CHIAVE: Carte Ittiche

Ichthyological Master Plans application by public boards for a rational fish resources management

In spite of many Ichthyological Master Plans issued in Italy, fish populations are not improved. The reasons are: 1) lack of a clear definition of ichthyological master plans; their discontinuous execution; 3) consequently, they are not acknowledged as sound tools for fish resources planning.

Even recent Italian water protection Act not includes ichthyological master plans as technical tool for river assessment and fish protection planning. It is necessary that ichthyologists operate so that ichthyological master plans become of relevant scientific level and press concerned water boards for their application.

KEY WORDS: Ichthyological Master Plan / fish resources management

Devo dire che quando ho letto il titolo della tavola rotonda sulla locandina sono stato molto stimolato e ho chiesto di poter intervenire perché credo di poter portare nella discussione alcuni spunti interessanti. Da numerosi anni, almeno nella parte settentrionale del paese che è quella che conosco di più, di carte ittiche ne sono state fatte molte ma, purtroppo, pare che

a fronte di queste non ci sia stato un effetto evidente nella tutela della fauna ittica.

Perché?

Ritengo che i motivi siano essenzialmente tre:

1. l'assenza di una precisa definizione di cosa sia una carta ittica;
2. la saltuarietà della esecuzione delle carte ittiche;

3. (conseguenza dei primi due) le carte ittiche non sono riconosciute come strumento valido per la pianificazione generale delle risorse idriche.

Basta leggere anche solo superficialmente alcuni dei casi più recenti di tali elaborazioni per rendersi conto che tante sono le differenze d'approccio, d'impostazione e metodologia da far rendere tali

strumenti praticamente non confrontabili. Ciò non vuole dire che le singole indagini siano state mal condotte, vuol dire che nel loro complesso non costituiscono uno strumento generale di pianificazione e di conseguenza rappresentano solo strumenti locali e limitati di supporto alla gestione.

Inoltre il loro espletamento è frutto di una scelta facoltativa delle amministrazioni, in genere le Provincie, poiché lo strumento carte ittiche, se c'è, è previsto solo da Leggi regionali di settore mentre è assente in quelle norme che, per la loro più generale valenza, potrebbero rendere efficaci le indicazioni che escono dalle carte ittiche.

Di recente il nostro paese ha

approvato uno strumento legislativo importante, il Decreto Leg.vo. 152/99 in materia di tutela dei corpi idrici. Tale norma prevede che attraverso l'approvazione di piani di tutela delle acque da parte delle Regioni si pervenga ad un efficace recupero e protezione delle risorse idriche.

Purtroppo fra gli strumenti tecnici previsti da tale norma per la valutazione dello stato di qualità e per la formulazione di strategie d'intervento, le carte ittiche non sono previste e quindi pare che la fauna ittica non sia in alcun modo considerata nel processo di pianificazione delle risorse idriche.

Cosa si può fare?

Ritengo che le strade siano

due: la prima deve vedere gli ittiologi italiani lavorare sulla definizione di un protocollo condiviso che consenta di precisare, una volta per tutte, cosa si intenda per carta ittica in modo da rendere questi strumenti scientificamente validi e dare quindi ad essi un valore e un peso da spendere, non per la gestione settoriale della fauna ittica, ma nella più vasta e significativa gestione delle risorse idriche.

L'altra, strettamente correlata alla prima, deve essere la promozione a livello nazionale delle carte ittiche ed eventuali altri strumenti tecnici messi a punto dagli ittiologi perché entrino a far parte delle norme sulla tutela delle risorse idriche.

Valutazione di differenti sistemi di trasporto e di incubazione di uova di luccio, *Esox lucius* L.

Gianluigi Alessio^{1*}, Emiliano Belletti¹, Giuliano Luigi Gandolfi¹, Paolo Ercolini²

¹ Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale dell'Università, Parco Area delle Scienze 11/A - 43100 Parma

² Biologo libero professionista, via di Coli e Spezi 2653/b, Piano del Quercione - 55054 Massarosa (LU)

* Referente per la corrispondenza: fax: 0521-905657; e-mail: alessio@biol.unipr.it

Riassunto

In questo studio sono stati effettuati alcuni test di trasporto e di incubazione di uova embrionate di luccio, in differenti condizioni termiche, data la scarsità di dati di riferimento in letteratura.

Per il trasporto delle uova, effettuato mediante automezzo, sono stati utilizzati: sacchi di plastica riempiti per 2/3 con O₂; truogoli protetti di accoglimento in contenitore cilindrico di trasporto; telaini di asilo con contenitore cilindrico di trasporto. Giunti a destinazione, si è valutata la mortalità delle uova, separatamente per i tre sistemi di trasporto; il sistema di trasferimento più indicato è risultato l'utilizzo dei sacchi di plastica. Per l'incubazione delle uova, sono stati posti a confronto: vasi di Zougg, telai di supporto e nidi artificiali; di questi sistemi, l'impiego di vasi di Zougg ha dato la percentuale di sopravvivenza maggiore; tuttavia si segnala l'utilizzo dei nidi artificiali per l'estrema versatilità in riferimento a pratiche di ripopolamento.

PAROLE CHIAVE: luccio / trasporto ed incubazione uova.

Test of eggs transport and incubation in pike, *Esox lucius* L.

We made some transport and incubation tests with embryonated pike eggs in controlled (11±1 °C) and fluctuating (9.5-23 °C) termic conditions through different time duration. For carriages we used plastic sacks filled with 1/3 of eggs and water then inflated with oxygen, protected vassels, shelter frames. For incubation we used Zougg jars, floating frames and artificial nets built on purpose. We remarked that the use of plastic sacks is recommended for carriages. Resulting survival varied approximately from 85% to 35% for transport times between 2:50' and 12:30' hours. For incubation, artificial nets seemed to be very versatile, practical and not expensive. The results are discussed and compared to further improvement of modern exoculture techniques.

KEY WORDS: pike eggs, transport and incubation test.

INTRODUZIONE

Nell'ambito di indagini finalizzate al recupero ed alla reintroduzione della popolazione autoctona di luccio, *Esox lucius* L. nel comprensorio del bacino del Massaciucoli (ERCOLINI *et al.*, 2001), negli anni 2001 e 2002 sono stati effettuati alcuni test di trasporto e di incubazione di uova embrionate, in differenti condizioni termiche ed ambientali.

Mentre per i Salmonidi e per molte altre specie tipiche di acqua

dolce (prevalentemente Ciprinidi), oltretutto per alcune specie euriali (orata, spigola, Mugilidi, ecc.) sono disponibili dati più o meno dettagliati, frutto di ricerche e sperimentazioni, purtroppo per l'esocida si rimarca una pressoché totale carenza di informazioni in materia, salvo indicazioni marginali desumibili da HUET (1970), da GHITTI (1983) e dai compendi di esocultura di BILLARD (1983) e di RAAT (1988).

Le sperimentazioni effettuate costituiscono pertanto un primo sondaggio discriminativo in tale settore e sono certamente passibili di futuri miglioramenti e perfezionamenti.

MATERIALI E METODI

Le uova di luccio, ottenute per spremitura di riproduttori selvatici durante il periodo di frega nel mese di febbraio, sono state inseminate con metodi ormai col-



Fig. 1. Sacchetti di plastica, gonfiati con ossigeno, per il trasporto di uova embrionate di luccio.

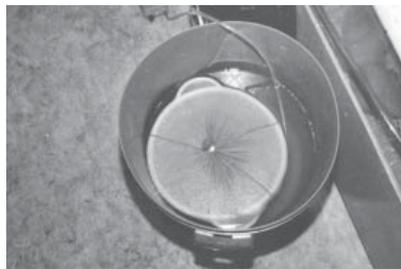


Fig. 2. Truogolo protetto di trasporto di uova embrionate di luccio, in contenitore cilindrico.

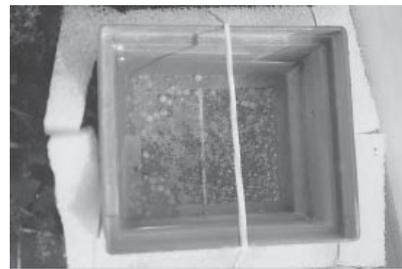


Fig. 3. Telaio di asilo per il trasporto di uova embrionate di luccio.

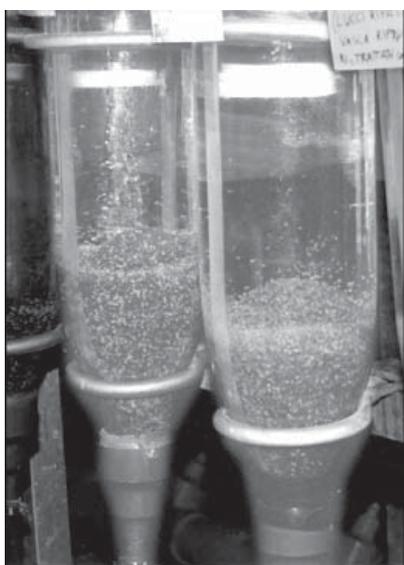


Fig. 4. Vasi di Zougg per il completamento dell'incubazione di uova di luccio.

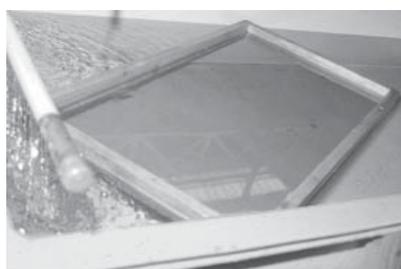


Fig. 5. Telaio di supporto per il completamento dell'incubazione di uova di luccio.



Fig. 6. Nidi artificiali, con protezione antipredatoria, per il completamento dell'incubazione e per la schiusa delle uova di luccio.

laudati di fecondazione artificiale (BILLARD, 1983; NATALI, 1991; ERCOLINI *et al.*, 2002). Lasciate sviluppare a 9,5-10 °C, allorché raggiunto lo stadio di 70-80 gradi/giorno, corrispondente alla formazione ed evidenziazione delle vescicole ottiche e della pigmentazione retinica (diametro medio: mm $2,84 \pm 0,02$ e.s.), esse sono state impiegate per le sperimentazioni.

Prelevate da un medesimo lotto e conteggiate volumetricamente -in relazione ad una stima (in accordo con VON LUKOWICZ, 1983) di 40-42.000 uova idratate ed embrionate/litro- esse sono state trasferite,

in stock di 2.500, 5.000 e 10.000 elementi, mediante automezzo, adottando differenti sistemi ed apparecchiature, talora appositamente allestite, e precisamente:

- sacchi di plastica riempiti per 1/3 con acqua e uova e gonfiati per 2/3 con ossigeno (Fig. 1), alloggiati in scatole di polistirolo;
- truogoli protetti di accoglimento (Fig. 2), in contenitore cilindrico di trasporto (con e senza aerazione);
- telaini di asilo (Fig. 3), in contenitore cilindrico di trasporto (con e senza aerazione).

Le condizioni termiche dell'acqua, durante i trasferimenti, sono state mantenute sia possibilmente stabili (11 ± 1 °C) grazie a pani di ghiaccio sintetico sia, in controprova, lasciate influenzare dalle contingenti situazioni climatiche stagionali e dalle condizioni occasio-

nali di viaggio (con oscillazioni uniformi e progressive entro valori di 9,5 °C e 23,0 °C). La durata dei trasferimenti (su autostrade, strade provinciali e vie sterrate comunali) è variata da 2h:50' fino a 12h:30'.

In tutti i casi, prima della semina, la temperatura del materiale biologico è stata adattata, con tempi variabili da 20' a 60', a quella del corpo idrico ricevente o della predisposta struttura di incubazione.

La mortalità delle uova così trasferite, allorché sistemate nelle strutture di destinazione per l'accoglimento ed il completamento dello sviluppo embrionario, è stata valutata (immediatamente o comunque entro 12 ore dall'arrivo) mediante esame microscopico di piccoli lotti casuali.

Per l'ulteriore e definitiva incubazione delle uova sono state impiegate sia attrezzature specifi-

che, quali vasi di Zougg (Fig. 4) e telai di supporto (Fig. 5), ancorchè modificate, sia pure nidi artificiali (cm 48 x 28) con capacità recettiva di circa 15-16.000 uova, appositamente progettati e costruiti con materiali poco dispendiosi (Fig. 6), di seguito alloggiati in bacini naturalizzati con fondo e sponde in terra ed antecedentemente approntati, mediante sovescio della vegetazione e/o concimazione organica, per la produzione di zooplancton alimentare endogeno (GHITTINO, 1969; HUET, 1970).

Le percentuali di schiusa sono state stimate, in riferimento ai singoli quantitativi di uova embrionate vitali giunte a destinazione, sia mediante subcampioni randomizzati, sia, per verifica, attraverso il computo e/o il calcolo delle pellicole ovariche residue e delle uova morte e talora, occasionalmente, per conteggio diretto mediante pipette Pasteur delle prelarve schiuse e con sacco vitellino.

Le prelarve e le larve di luccio ottenute sono state utilizzate tutte e restrittivamente per ulteriori analisi biologiche e sperimentazioni (accrescimento, alimentazione, comportamento predatorio, saggi di produttività di bacini artificiali circoscritti, ecc.).

RISULTATI

Nella figura 7 viene evidenziata la mortalità (%) delle uova embrionate in rapporto alle diverse durate dei tempi di trasporto ed in relazione alle condizioni termiche ambientali (stabilizzate oppure variabili).

Nella figura 8 la mortalità (%) registrata è correlata ai tempi di trasporto ed al tipo di attrezzature impiegate.

Nella figura 9 vengono riferite le diverse percentuali di schiusa rilevate (media \pm e.s.), per confronto tra i differenti sistemi di incuba-

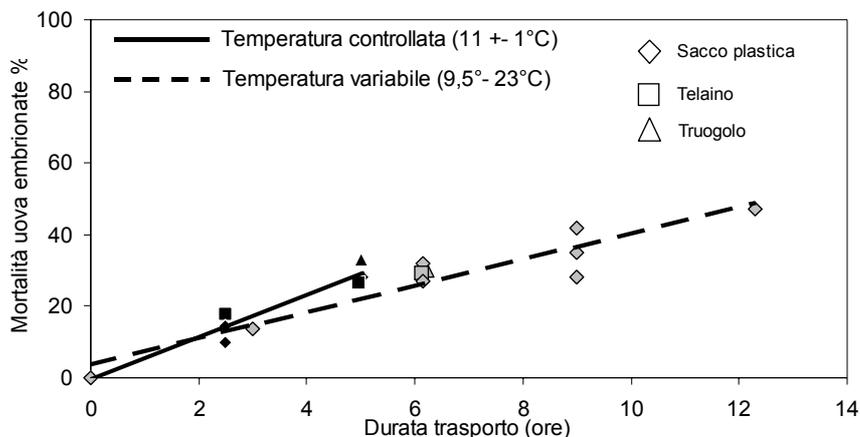


Fig. 7. Mortalità (%) delle uova embrionate in relazione alla durata dei trasferimenti ed alle condizioni termiche (stabilizzate o variabili).

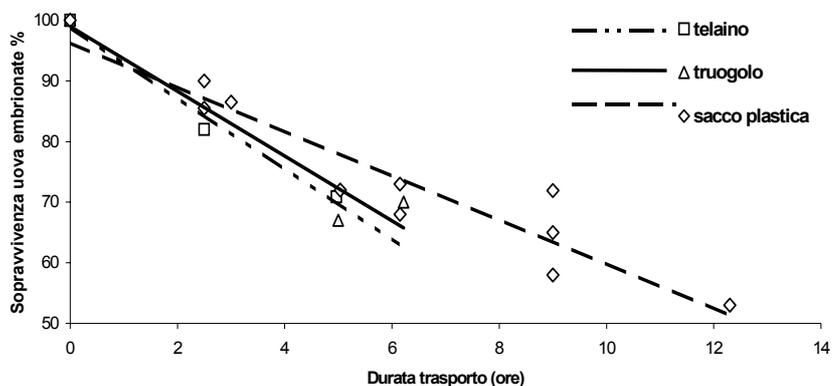


Fig. 8. Sopravvivenza (%) delle uova embrionate in relazione alla durata dei trasferimenti ed al tipo di attrezzature impiegate.

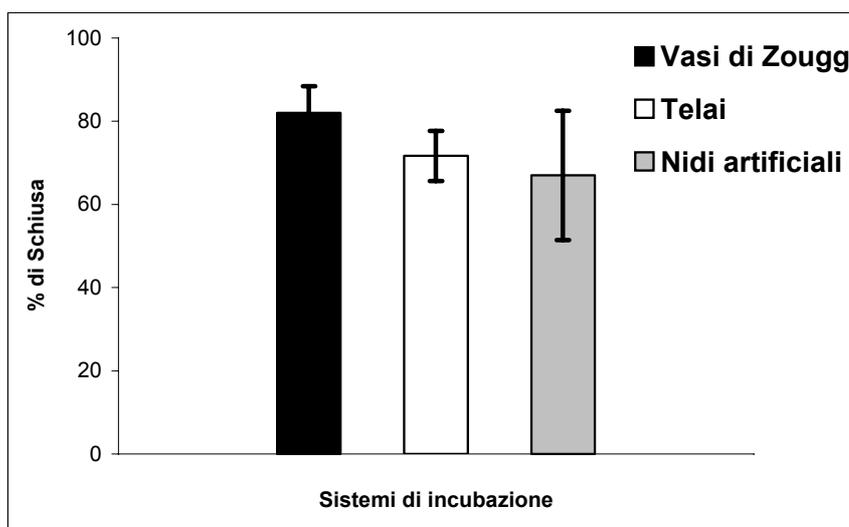


Fig. 9. Valori medi (\pm errore standard) di schiusa (%) delle uova embrionate in comparazione fra i diversi tipi di attrezzature impiegate.

zione adottati.

I tempi di sviluppo e di schiusa del materiale ittologico non si sono discostati da quelli tipici della specie (circa 115-125 gradi/giorno).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La mortalità delle uova embrionate di luccio, a seguito di trasporti su breve o lunga distanza, risulta inequivocabilmente correlata ai tempi, alla durata ed alle modalità tecniche delle operazioni.

Essa si verifica, verosimilmente, sia per danni meccanici, vieppiù ripetuti e frequenti in caso di lunghi trasferimenti, con shock traumatici e talora con rottura delle uova stesse, sia ancora per degradazione qualitativa dell'acqua di alloggiamento, con incremento crescente di sostanze organiche (prevalentemente proteine deutoplasmatiche, del tuorlo ed in generale delle uova lesionate).

L'incidenza delle variazioni termiche sulle uova in fase di trasporto sembra invece trascurabile, purchè le oscillazioni non superino le soglie di tolleranza (tuttora non chiarite) caratteristiche degli embrioni di luccio in fase di sviluppo.

Tra i sistemi di trasferimento l'impiego di sacchi di plastica appare essere il più indicato. Infatti

risulta particolarmente agevole a livello operativo e, soprattutto, dà luogo a mortalità assai contenuta. Nei sacchi di plastica, infatti, la pressione parziale dell'ossigeno sovrastante consente una continua e costante sua solubilizzazione nell'acqua di alloggiamento delle uova. Inoltre è lecito ipotizzare che, per la sua struttura e composizione, il materiale plastico attutisca, per così dire, gli effetti deleteri derivanti da urti e violenze meccaniche (determinati da brusche accelerazioni, violenti arresti, inerzia tangenziale, in curva, dell'acqua con uova a seguito del movimento dell'auto-mezzo di trasporto).

È da ritenersi che un futuro perfezionamento delle tecniche e delle attrezzature di trasporto possa apportare ulteriori miglioramenti in tale settore. Si prospettano quindi prossime sperimentazioni chiarificatrici, da un lato con trattamento continuo dell'acqua ed abbattimento delle schiume attraverso la filtrazione su resine a scambio ionico, dall'altro lato mediante supporto o sospensione dei contenitori di trasporto ad adeguato snodo cardanico.

Ai fini dell'incubazione e schiusa delle uova di luccio, come attendevasi, è risultato particolar-

mente fruttuoso l'impiego dei vasi di Zougg (o analoghe bottiglie). Per quanto concerne invece i nidi artificiali protetti, si reputa che essi non debbano essere sottovalutati, sia per la loro versatilità, con possibilità di collocazione diretta (= semina) nelle acque di destinazione indipendentemente dalle fasi di sviluppo delle uova, sia per i ridotti e contenuti impegni di manutenzione richiesti, sia infine per i costi alquanto modesti.

Benché i dati ottenuti risultino soddisfacenti, seppure non eccessivamente elevati, si pone tuttavia in evidenza che i risultati sono stati penalizzati da discreta mortalità e da forme gestionali degli stessi nidi poco corrette e nient'affatto ortodosse (mancata pulizia; omessa selezione ed eliminazione delle uova morte; scarsa cura nel ripristino delle reti antipredatorie; ecc.).

È auspicabile che la prosecuzione delle sperimentazioni e delle indagini intraprese, attuata su basi programmatiche e standardizzate, possa apportare ulteriori chiarimenti e risposte risolutive (certamente e comunque ottimizzabili) alle complesse problematiche relative ad un'esocoltura vieppiù avanzata e sempre meglio gestibile.

BIBLIOGRAFIA

- BILLARD R., 1983. *Le Brochet: gestion dans le milieu naturel et élevage*. INRA Publ., Paris.
- ERCOLINI P., ALESSIO G., BIANUCCI P., BERTOLUCCI A., 2001. Interventi preliminari per la riproduzione guidata del luccio, *Esox lucius* L., a scopo di recupero della popolazione autoctona nel comprensorio del Lago di Massaciuccoli (Toscana, Italia). *Quad. ETP*, **30**: 179-185.
- ERCOLINI P., ALESSIO G., BIANUCCI P., BELLETTI E., GANDOLFI G.L., 2002. Sperimentazioni per produzione di giovani lucci, *Esox lucius* L., ai fini di recupero della popolazione originaria del lago di Massaciuccoli. Atti 9° Convegno Naz. A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. F. Nonnis Marzano, M. Maldini, G. Gandolfi (eds.), A.I.I.A.D., Univ. degli Studi di Parma. *Biologia Ambientale*, **18** (1), 2004.
- GHITTINO P., 1969 - Piscicoltura e ittopatologia. *Riv. Zootecnica*, Torino, Vol. I: 334.
- GHITTINO P., 1983. *Tecnologia e patologia in acquacoltura*. Tipografia Emilio Bono, Torino.
- HUET M., 1970. *Traité de pisciculture*. Ed. C.H. De Wyngaert, Bruxelles.
- NATALI M., 1991. Allevamento del luccio (*Esox lucius* L.) a fini di ripopolamento. Atti IV Convegno Naz. AIIAD, Riva del Garda, 12-13 dicembre 1991: 345-353.
- RAAT A.J.P., 1988. Synopsis of biological data on the northern pike *Esox lucius* L. *FAO Fisheries Synopsis*, **30** (2): 178 pp.
- VON LUKOWICZ M., 1983. Production et élevage du brochet en République fédérale allemande. In: Billard R. *Le Brochet: gestion dans le milieu naturel et élevage*. INRA Publ., Paris: 225-234.

Presenza di fauna ittica esotica nelle acque della provincia di Milano

Michele Arcadipane^{1*}, Laura Vercelloni², Paolo Galli³, Fabrizio Stefani³, Giuseppe Crosa⁴, Giuliana Cavalli⁵

¹ ARPALombardia, Settore Risorse Idriche e Naturali, Viale Restelli 1, Milano

² Provincia di Milano, Servizio Caccia e Pesca, Viale Piceno 60, Milano

³ Università degli Studi di Milano Bicocca, Dipartimento di Biotecnologie e Bioscienze, Piazza della Scienza 2, Milano

⁴ Università degli Studi dell'Insubria, Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali, via Dunant 3, Varese

⁵ ERSAF - Presidio Territoriale Forestale (P.T.F.) di Insubria e Brianza, Via Adua 2, Erba (CO)

* Referente per la corrispondenza: fax 02 696662589; m.arcadipane@arpalombardia.it

Riassunto

La presenza di specie ittiche esotiche nelle acque interne italiane è in costante aumento. Nel corso di due campagne di censimento della fauna ittica nel territorio di competenza della Provincia di Milano è stata accertata la presenza di 14 specie esotiche che rappresentano circa il 34% delle specie ittiche presenti nel territorio provinciale, complessivamente distribuite nel 60% dei corsi d'acqua campionati.

PAROLE CHIAVE: ittiofauna / specie esotiche / distribuzione

Distribution of exotic species in the province of Milan

This research shows the distribution of exotic freshwater fishes in the province of Milan.

Samples were collected from 70 rivers in two different times. Results of these investigation showed that 34% of the freshwater fishes living in the province of Milan are exotic.

KEY WORDS: Fishes / exotic species / distribution

INTRODUZIONE

Un ecosistema è un'unità funzionale di base che include l'ambiente fisico e gli organismi che in esso vivono. Le interazioni reciproche tra gli organismi viventi e l'ambiente, uniti tra loro da legami indissolubili, consentono di mantenere in condizioni di equilibrio il sistema, contrastando le alterazioni che possono creare scompensi.

Tra i principali fattori che minano le condizioni di equilibrio e la qualità delle acque correnti

superficiali, troviamo soprattutto:

- la modifica dell'ambiente fisico causata da opere di derivazione, canalizzazioni, rettifiche del tracciato, sbarramenti trasversali che interrompono la continuità ambientale tra monte e valle, ecc.;
- l'immissione di sostanze inquinanti che ne alterano le caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche;
- l'introduzione di specie esotiche.

Gli effetti negativi prodotti dagli scarichi di sostanze tossiche come pesticidi, tensioattivi e altri inquinanti civili o industriali sono noti. Meno conosciuto è invece l'impatto che provoca l'introduzione di una specie esotica in una comunità in equilibrio. Quando una specie alloctona entra in contatto con la comunità originaria di un dato ambiente, può interagire con essa, alterandone in modo imprevedibile la condizione di stabilità. Ogni or-

ganismo assume nell'ambiente naturale un ruolo preciso (nicchia ecologica), definito da una grande varietà di parametri che comprendono il comportamento, le abitudini alimentari, le strategie riproduttive, e così via. La nuova specie può inserirsi improvvisamente e con forza nel nuovo ambiente, occupando la nicchia di specie con minori capacità adattative.

Va infine ricordato che, contestualmente all'introduzione di una specie esotica a vita libera, si introduce nell'ambiente anche un'intera comunità di organismi ad essa associati che conduce vita saprofita o parassitaria.

L'obiettivo dell'indagine, svolta negli anni 1998 e 2000, è stato quello di documentare direttamente, mediante catture con elettrostoridore, la presenza e la distribuzione di specie ittiche alloctone nei corsi d'acqua della provincia di Milano.

MATERIALI E METODI

La ricerca ha riguardato 70 corsi d'acqua appartenenti a tipologie di ambienti semi-naturali (rogge, fontanili e canali irrigui), ma anche naturali (torrenti, fiumi e loro rami laterali) e artificiali (cavi, navigli e scaricatori). Dei 70 corsi d'acqua indagati, 38 afferiscono al bacino del Ticino, 18 alla rete idrica dei Navigli Grande e Pavese e 14 al bacino dell'Adda.

Nel 1998 i 70 corsi d'acqua sono stati campionati una sola volta in periodi diversi (ARCADIPANE *et al.*, 2000).

Nel 2000, nell'ambito di uno studio condotto dalla Provincia di Milano, finalizzato al ripristino ambientale di alcuni corpi idrici, sono state ricampionate 12 rogge: Bergonza, Cornice, Delizia, Don Antonio, Eremita, Fagiolo, Fosson Morto, Gambarera, Gambarino, Moione, Molino e Rabica. Si tratta di ambienti che presentano popola-

zioni ittiche di particolare valenza ecologica, per i quali si è pensato di impostare programmi di recupero attraverso il ripristino dei loro habitat. Per questi corsi d'acqua, selezionati in base al campionamento del 1998, il monitoraggio è avvenuto nel corso di un anno con cadenza stagionale (4 campionamenti). Per ulteriori informazioni relative a questi ambienti è necessario consultare la Carta ittica della Provincia di Milano (ARCADIPANE *et al.*, 2000).

Il campionamento della fauna ittica è stato effettuato su tratti delimitati da reti, utilizzando il metodo della pesca con elettrostoridore. I pesci catturati sono stati misurati (peso e lunghezza) e collocati in recipienti idonei fino alla loro reintroduzione in corrispondenza del punto di prelievo.

Per ciascuno dei corpi idrici è stata effettuata anche una stima della densità dei popolamenti ittici

Tab. I. Frequenza delle specie ittiche alloctone presenti in provincia di Milano e data della loro prima segnalazione in Italia.

Nome comune	Nome scientifico	Famiglia [§]	Ordine [§]	Frequenza	1 ^a comparsa in Italia
Carassio	<i>Carassius carassius</i>	Cyprinidae	Cypriniformes	* * *	XIX secolo ^(a)
Carpa	<i>Cyprinus carpio</i>			* * *	prima del XVIII secolo ^(a)
Rovella	<i>Rutilus rubilio</i>			*	^(c)
Rodeo amaro	<i>Rhodeus sericeus</i>			* * *	1980-89 ^(a)
Pseudorasbora	<i>Pseudorasbora parva</i>			* * *	1975 ^(a)
Cobite di stagno orientale	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Cobitidae		*	1997 ^(b)
Persico sole	<i>Lepomis gibbosus</i>	Centrarchidae	Perciformes	* * * *	1900 ^(a)
Persico trota	<i>Micropterus salmoides</i>			*	1897 ^(a)
Lucioperca	<i>Stizosteidon lucioperca</i>	Percidae		*	1964-66 ^(a)
Pesce gatto	<i>Ictalurus melas</i>	Ictaluridae	Siluriformes	*	1800-1899 ^(a)
Siluro	<i>Silurus glanis</i>	Siluridae		*	1957 ^(a)
Gambusia	<i>Gambusia holbrooki</i>	Poeciliidae	Cyprinodontiformes	* * *	1922 ^(a)
Trota fario	<i>Salmo trutta trutta</i>	Salmonidae	Salmoniformes	* *	^(c)
Trota iridea	<i>Oncorhynchus mykiss</i>			* *	1985 ^(a)

Percentuale di corsi d'acqua interessati dalla specie: * >1% <5%; ** >5% <10%; *** >10% <25%; **** >25% <50%.

§ Gandolfi *et al.* 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

^(a) A Global Information System on Fishbase (www.fishbase.org)

^(b) La fauna ittologica in Provincia di Pavia (www.viviloltrepo.com/pesca/pesci/cobite.htm)

^(c) La rovella è una specie indigena nell'Italia centro-meridionale; la trota fario è da considerare indigena nell'arco alpino e nel versante settentrionale dell'Appennino.

attraverso l'applicazione del metodo dei passaggi successivi (*Removal sampling*) (ZIPPIN, 1958).

Lo scopo di un esperimento di cattura e ricattura (passaggi successivi) è quello di ridurre gradualmente le dimensioni reali della popolazione, ripetendo più volte il prelievo da un certo habitat degli organismi di cui si vuole stimare la densità. Se gli individui catturati ad ogni passaggio vengono rimossi, lo sforzo per unità di cattura diminuisce ad ogni campionamento successivo. Si tratta infatti di popolazioni chiuse, che stanno all'interno di un'area circoscritta, per i quali, diminuendo il numero di individui presenti ad ogni passaggio, si possono stimare i valori di densità sulla base del tasso di riduzione dello sforzo di campionamento. Nell'indagine condotta all'interno

del tratto in studio, delimitato a monte e a valle da reti, sono stati effettuati tre passaggi successivi di cattura.

RISULTATI

Nella tabella I sono mostrate le specie ittiche esotiche rinvenute e le rispettive frequenze (percentuale dei corsi d'acqua nei quali ogni specie è stata rinvenuta).

Nei campionamenti del 1998 è stata accertata la presenza di 10 specie esotiche: Carassio, Carpa, Rodeo amaro, Pseudorasbora, Persico sole, Persico trota, Lucioperca, Pesce gatto, Gambusia e Trota iridea.

Nei quattro campionamenti stagionali del 2000 è stata rilevata anche la presenza del Siluro e del Cobite di stagno orientale, con un solo individuo per ciascuna specie.

È stata così documentata la presenza di 14 specie alloctone, che rappresentano circa il 34% delle specie ittiche presenti nel territorio provinciale.

Corre l'obbligo ricordare che altre specie ittiche alloctone, non contemplate in questo lavoro, sono state occasionalmente segnalate nelle acque provinciali nel corso delle operazioni di recupero conseguenti alle asciutte dei canali irrigui. Si citano a tale proposito: il Rutilo (*Rutilus rutilus*), di origine asiatica; la Carpa erbivora (*Ctenopharyngodon idellus*), originaria dei grandi fiumi di pianura della Cina orientale; il Barbo del Danubio (*Barbus barbus*). Considerando anche queste specie, la percentuale di pesci esotici nelle acque della provincia di Milano sale al 39%.

Bibliografia

ARCADIPANE M., GALLI P., CROSA G., GARIBALDI L., BERTOGLIO S., RIVA M., BARCELLA M., BARZAGHI C., 2000. *Carta delle vocazioni ittiche. Caratterizzazione ambientale degli ecosistemi acquatici.*

Provincia di Milano, 340 pp.
GANDOLFI G., ZERUNIAN S., MARCONATO A., TORRICELLI P., 1991. *I pesci delle acque interne italiane.* Ministero dell'Ambiente, Ist. Poligrafico e Zecca dello

Stato, 597 pp.
ZIPPIN C., 1958. The removal method of population estimation. *J. Wildl. Mgmt.*, **22**: 82-90.

Biologia Ambientale, 18 (1): 221-225.

Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma

Status della trota lacustre (*Salmo [trutta] trutta morpha lacustris* L.) nel Lago di Garda e prospettive di gestione

Lorenzo Betti

Acquario di Trento S.r.l., Lung'Adige G. Leopardi, 107 - 38100 Trento. Fax 0461 260444; Betti.Lorenzo@tin.it

Riassunto

La popolazione endemica di trota lacustre (*Salmo [trutta] trutta morpha lacustris* L.) del Lago di Garda è soggetta da alcuni decenni a una repentina e progressiva riduzione numerica. Questo studio ha analizzato i dati disponibili sulla consistenza della popolazione e sulle cause della sua contrazione, indicando gli interventi prioritari per la sua tutela e il suo ripristino qualitativo e quantitativo.

È risultato che i fattori principali che hanno indotto la rarefazione della trota lacustre sono legati allo sfruttamento idroelettrico del Fiume Sarca, immissario del Lago di Garda e sito riproduttivo della specie, nonché alla realizzazione di opere idrauliche trasversali che compromettono la continuità longitudinale del fiume.

Il progetto di gestione, dunque, definisce gli interventi da mettere in atto per tutelare la rinnovazione spontanea della popolazione e scongiurare la definitiva estinzione.

PAROLE CHIAVE: ittiofauna / trota lacustre / conservazione / ripristino ambientale / ripopolamento

Status of the Lake Trout (*Salmo [trutta] trutta morpha lacustris* L.) in Garda Lake and management indications

The endemic population of the Lake Trout (*Salmo [trutta] trutta morpha lacustris* L.) of Garda Lake has been subject for some decades to rapid and progressive decrease. This study analyses the available data of the current population condition and the causes of its reduction, and indicates the priority-interventions for its safeguard and its qualitative and quantitative reinstatement.

Main factors influencing the decrease of the Lake Trout depends on the hydroelectric exploitation of Sarca River, the principal Garda Lake tributary and reproductive site of the species, and on the weirs construction, that compromises the river longitudinal continuity. The management-project therefore settles the necessary interventions to safeguard the spontaneous reproduction of the population and to avoid its definitive extinction.

KEY WORDS: ichthyofauna / Lake Trout / conservation / environmental restoration / fish restocking

INTRODUZIONE

La trota lacustre (*Salmo [trutta] trutta morpha lacustris* L.) è attualmente classificata come forma ecotipica della trota fario (Famiglia Salmonidae) (GANDOLFI *et al.*, 1991), sebbene siano note forme lacustri anche della trota marmorata.

Nel Lago di Garda vive una popolazione autoctona, con ogni probabilità caratterizzata da una propria individualità genetica dovuta a fenomeni di isolamento geo-

grafico (LARGAIOLLI, 1902; BERNARDI, 1956; D'ANCONA e MERLO, 1959; GANDOLFI *et al.* 1991).

La trota lacustre del Garda, la cui abbondante presenza nel Benaco e nel Fiume Sarca, suo principale immissario, è testimoniata da documentazione storica risalente fino al Medioevo, è un fattore locale, ma significativo, di biodiversità nell'ambito della fauna ittica alpina. Costituisce, inoltre, un elemento importante nella

rete trofica dell'ecosistema lacustre, ricoprendo un ruolo differenziato, con uno spettro alimentare che va dal planctofago delle fasi giovanili all'ittiofago prevalente degli adulti.

Questa popolazione ittica conserva tuttora una valenza per la pesca che, tra il primo Medioevo e l'Ottocento, ha riguardato prevalentemente l'economia di sussistenza delle popolazioni rivierasche, mentre nel passato recente e fino ad oggi ha interessato soprattutto la

pesca dilettantistica e la pesca professionale nei settori veronese e bresciano.

La nuova Carta ittica della Provincia di Trento (BETTI, 1999), attraverso i piani di gestione del basso corso del Fiume Sarca e del settore trentino del Lago di Garda, individua tra le priorità un'azione di tutela e ripristino della popolazione autoctona di trota lacustre che, da alcuni decenni, è soggetta ad un processo progressivo e intenso di contrazione numerica.

Per evitare l'estinzione di un componente significativo dell'ittocenosi dell'ecosistema lacustre è stato realizzato, su incarico del Servizio Faunistico della Provincia di Trento, uno studio di fattibilità di un progetto generale di recupero del pregiato salmonide, con l'obiettivo di definire le attuali condizioni numeriche della popolazione ittica, individuando i fattori che ne hanno provocato una così intensa rarefazione e indicando gli interventi necessari per la sua tutela e il suo ripristino numerico.

MATERIALI E METODI

L'analisi delle condizioni attuali della popolazione gardesana di trota lacustre sulla base dei dati e delle informazioni disponibili costituisce la prima parte dello studio. In particolare sono stati raccolti i dati bibliografici, anche storici, sulla presenza e sulla consistenza della popolazione sia nel Lago di Garda, sia nel suo principale immissario, il Fiume Sarca. Per il passato più recente sono stati raccolti i dati sul pescato, sia nel Garda, sia nelle acque ferme e correnti connesse, archiviati presso i competenti uffici delle Province di Trento, Verona e Brescia.

Per descrivere complessivamente le condizioni ecologiche dell'ambiente lacustre e fluviale, al fine di individuare i fattori di di-

sturbo della biologia della trota lacustre, sono stati presi in considerazione i dati relativi al monitoraggio della qualità delle acque superficiali (limnologici, chimico-fisici, biologici, batteriologici) e degli scarichi dei depuratori biologici nel tratto terminale del fiume. Sono stati studiati, inoltre, i progetti delle opere idrauliche presenti nel tratto terminale del Fiume Sarca, che sono state anche oggetto di rilievi diretti.

QUANTITÀ (in kg) DI PESCATO DI TROTE NEL GARDA VERONESE DAL 1988 AL 2000
fonte: Cooperativa fra Pescatori Garda

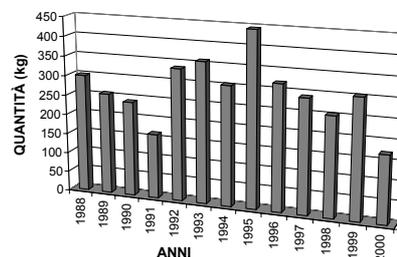


Fig. 1. Andamento del pescato annuo di trote nel settore veronese del Lago di Garda nel periodo 1988-2000.

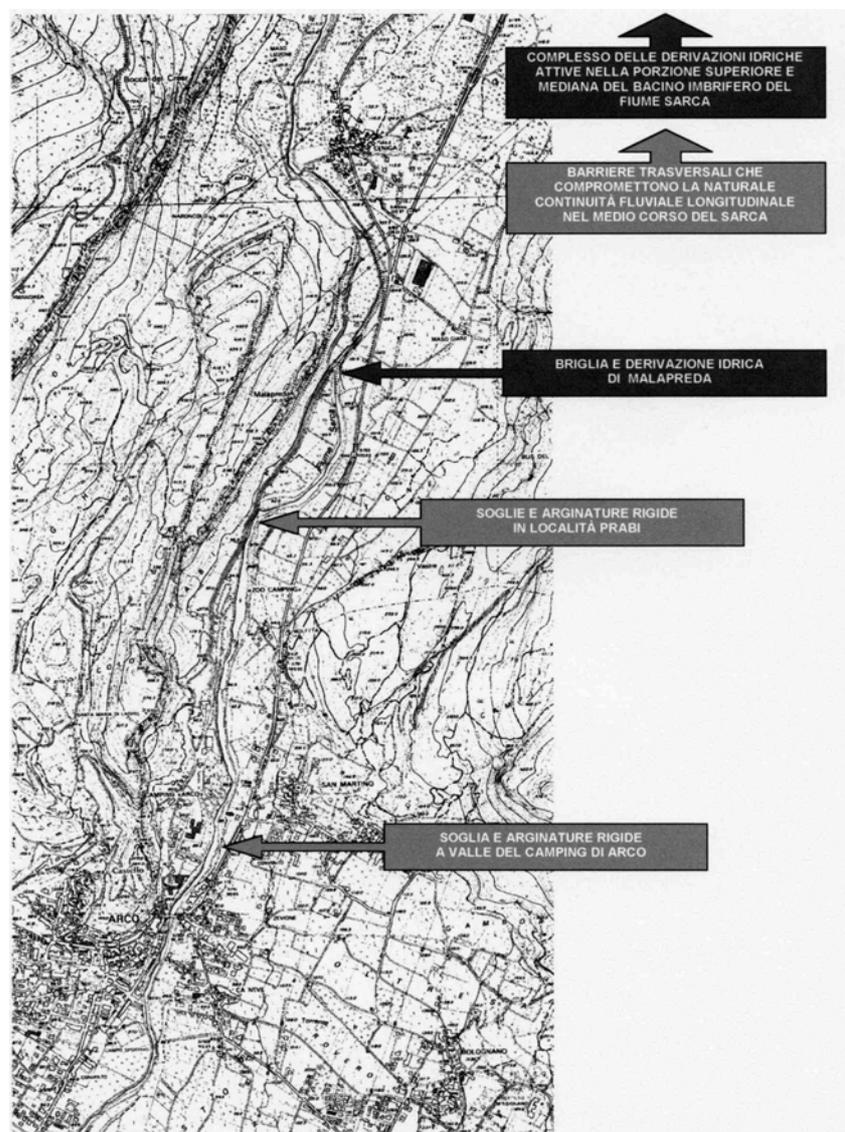


Fig. 2. Individuazione dei fattori di disturbo attivi lungo il F. Sarca nel tratto Dro-Arco (in colore scuro quelli prioritari).

Questa indagine compilativa, insieme ai ripetuti sopralluoghi lungo il corso d'acqua e alla raccolta di ulteriori informazioni presso i pescatori locali, ha consentito di definire, in relazione con l'autoecologia della specie e con i suoi caratteri riproduttivi e comportamentali, i fattori principali di disturbo per la sua biologia.

Nella parte progettuale, infine, sono state prospettate, in termini di progetto di massima, le soluzioni tecniche per il ripristino della continuità biologica del basso corso del Fiume Sarca. Sulla base delle metodologie indicative per la definizione dei deflussi minimi vitali e, in particolare, facendo riferimento per analogia al cosiddetto metodo del Montana (TENNANT, 1976), inoltre, sono stati indicati i valori di portata minima, modulati con cadenza mensile, da garantire nell'alveo del Fiume Sarca al fine di ripristinare i siti riproduttivi della trota lacustre e rendere effettiva la funzionalità degli interventi proposti di destrutturazione delle barriere artificiali trasversali che attualmente ostacolano la migrazione riproduttiva dei pesci.

RISULTATI E DISCUSSIONE

L'analisi dei dati storici sulla presenza e sull'abbondanza della trota lacustre nel Lago di Garda (CONFORTINI, 1995), pur nella loro natura frammentaria e sostanzialmente qualitativa, testimonia la rapida rarefazione del salmonide nel corso del XX secolo. Tale situazione è confermata dai dati sul pescato raccolti dalle amministrazioni provinciali rivierasche e riferiti, peraltro, alle catture generiche di trote, più che della trota lacustre in sé. La figura 1 riporta l'andamento del pescato negli ultimi tredici anni nel settore veronese del Benaco. Testimoniano una presenza marginale della trota lacustre anche i

dati relativi alle catture dei pescatori dilettanti nel periodo 1991-2000 nel Basso Sarca, dove un tempo erano attivi sbarramenti stabili per la loro cattura, noti come pescaie o "peschère", e il pescato annuo si aggirava, secondo le fonti storiche consultate (MARTINELLI, 1998), tra le 10 e le 50 tonnellate.

L'esame dei dati relativi alle condizioni ambientali del Lago di Garda (AA.VV., 1996) e del Fiume Sarca (AA.VV., 1975, 1997, 2000,

2001; BETTI, 1998) ha permesso di definire con sufficiente precisione lo stato ecologico complessivo degli ecosistemi rilevanti ai fini dello studio. Il Lago di Garda, che costituisce l'ambiente trofico della trota lacustre, mostra modesti sintomi di alterazione. Nonostante la progressiva tendenza all'aumento del grado di trofia, infatti, anche le acque profonde mantengono contenuti in O_2 disciolto mai inferiori a 6 mg/L e consentono la permanenza della

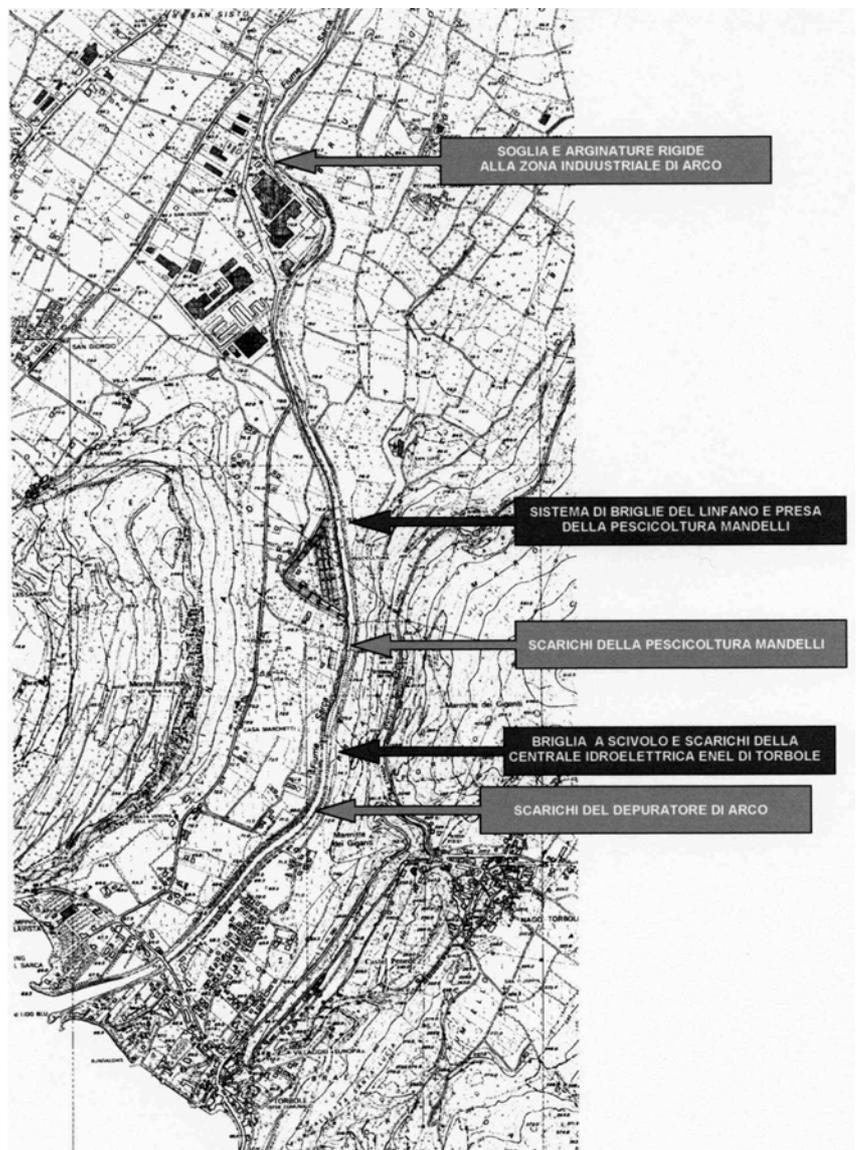


Fig. 3. Individuazione dei fattori di disturbo attivi lungo il F. Sarca nel tratto Arco-foce (in colore scuro quelli prioritari).

fauna ittica durante tutto l'anno in profondità. Il grande volume dell'ipolimnio impedisce che i processi di degradazione della abbondante sostanza organica morta in caduta provochino fenomeni di anossia o di forte riduzione dell'ossigeno disciolto negli strati profondi. Lo stato trofico del lago è attualmente oligo-mesotrofico, con valori medi della clorofilla pari a 2-3 mg/L. L'ambiente lacustre mantiene, dunque, condizioni limnologiche assolutamente compatibili con la presenza della trota lacustre, sebbene possa essere in atto qualche interferenza competitiva di altre specie ittiche esotiche introdotte, come il Lavarello che, tuttavia, si ritiene non possano costituire un fattore prioritario di disturbo per il salmone.

Ben diverso è il quadro delle condizioni ecologiche del basso corso del Fiume Sarca, che appare fortemente alterato nei suoi caratteri strutturali per effetto dei grandi prelievi idroelettrici attivi nell'intero bacino imbrifero -che riducono di circa il 90 % la portata media annua- e a causa di alcune opere idrauliche trasversali che interrompono la naturale continuità fluviale del corso d'acqua e, di conseguenza, la transitabilità da parte dei pesci dal lago verso monte. L'individuazione di questi fattori di disturbo prioritari per la biologia della trota lacustre (Fig. 2 e 3) ha permesso di definire gli interventi di massima necessari per evitare la definitiva scomparsa della popolazione autoctona e per favorirne attivamente la ripresa numerica.

Gli interventi primari previsti dal progetto consistono in alcune modifiche strutturali volte a ridur-

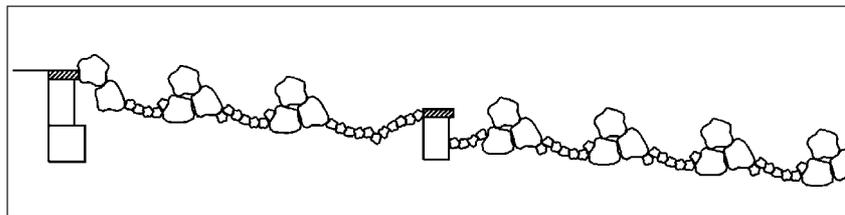


Fig. 4. Schema di progetto (sezione) della rampa in massi in corrispondenza delle briglie "Mandelli".

re gli ostacoli trasversali presenti nel tratto terminale dell'alveo del Fiume Sarca. Al fine di ripristinare la continuità longitudinale del fiume e il suo scambio ittico con il Lago di Garda è stata progettata la destrutturazione delle opere esistenti (in particolare dello scivolo della centrale ENEL della Brossera) e la mitigazione delle briglie "Mandelli" e di Malapreda attraverso la costruzione di rampe in massi (Fig. 4).

In secondo luogo è stato prospettato il parziale ripristino delle portate naturali del Fiume Sarca con l'obiettivo di rendere efficaci i passaggi per pesci progettati e migliorare le condizioni dell'ambiente riproduttivo, ripristinando in scala ridotta l'andamento idrologico stagionale e conservando livelli di portata costanti nel periodo che va dalla deposizione delle uova, all'incubazione, fino alla schiusa e allo svezzamento delle larve delle trote (Fig. 5).

Con il significato di azione coadiuvante, vista la criticità delle condizioni attuali della popolazione, il progetto prevede anche l'attuazione immediata di un programma di riproduzione artificiale, a partire dai residuali riproduttori in risalita, come supporto alla riproduzione spontanea. Si indica, infine, la necessità di regolamentare la

PORTATE MINIME INDICATIVE DEL BASSO CORSO DEL SARCA NECESSARIE PER GARANTIRE L'ATTIVITÀ RIPRODUTTIVA

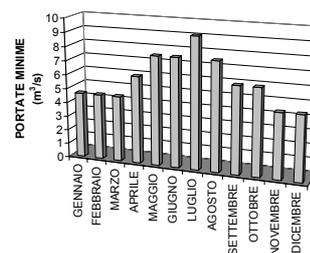


Fig. 5. Portate minime mensili da garantire in alveo nel basso corso del Fiume Sarca a garanzia dell'attività riproduttiva della Trota lacustre e dei siti di frega.

pesca e i ripopolamenti ittici nel Garda e nel Sarca, escludendo l'immissione di pesci in qualche modo concorrenti con la trota lacustre e limitando la pesca professionale e dilettantistica, con il fine di evitare un'eccessiva pressione di pesca e la conseguente vanificazione dei risultati dell'intero progetto.

Ringraziamenti

Si ringraziano, per il fattivo contributo alla realizzazione del presente studio, la dott.ssa Paola Testa (Provincia di Trento), la dott.ssa Maria Pia Vigliane (Provincia di Brescia), il dott. Ivano Confortini (Provincia di Verona), il geom. Renzo Dori (ENEL S.p.A.) e l'ing. Giuliano Trentini, che ha curato l'analisi progettuale di fattibilità tecnica ed economica degli interventi di ingegneria idraulica.

Bibliografia

AA.VV., 1975. *Annali idrologici*. Ufficio idrografico - Prov. Aut. di Trento.

AA.VV., 1996. *Quaderno del Garda 1995*. ISMA, Prov. Aut. di Trento, 137 pp.

AA.VV., 1997. *Monitoraggio per il controllo della qualità dell'acqua del*

- bacino dell'Alto Sarca*. Ag. Prov. Protezione Ambiente, Prov. Aut. di Trento, 112 pp.
- AA.VV., 2000. *Gli impianti di depurazione pubblici della provincia di Trento: caratteristiche, dati di funzionamento e rendimenti, triennio 1996-1998*. SOIS, Prov. Aut. di Trento.
- AA.VV., 2001. *Qualità delle acque superficiali. Monitoraggio dei corsi principali in provincia di Trento: elaborazione complessiva per il decennio 1990-1999*. Ag. Prov. Protezione Ambiente, Prov. Aut. di Trento: 48-52.
- BERNARDI C., 1956. Considerazioni sulla paleodiffusione nelle nostre acque alpine di alcune rare specie di "Salmo" e sulle ragioni che impongono l'adozione di misure protettive idonee a impedirne il prevedibile prossimo annientamento. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, vol. X, 1.
- BETTI L., 1998. *Perizia per la valutazione del danno alla fauna ittica e all'ambiente del Fiume Sarca in seguito all'inquinamento del 15-16 ottobre 1997*. Associazione Pescatori Basso Sarca.
- BETTI L., 1999. *Revisione della Carta ittica della Provincia di Trento*. Servizio Faunistico P.A.T.
- CONFORTINI I., 1995. *L'ittiofauna del Lago di Garda*. Provincia di Verona e Cooperativa tra pescatori Garda, 222 pp.
- D'ANCONA U., MERLO S., 1959. La speciazione nelle trote italiane e in particolare quelle dal Lago di Garda. *Atti Ist. Veneto Sci. Lett. Arti*, 117: 19-26.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A. 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Ministero dell'Ambiente, Unione Zoologica Italiana, Roma: 285-292.
- LARGAIOLLI V., 1902. *I Pesci del Trentino*. Volume secondo - Parte speciale, Soc. Tipogr. Edit. Trentina, Trento.
- MARTINELLI F., 1998. *Pesca e Piscicoltura nel Sommolago*. Museo Civico di Riva del Garda, 168 pp.
- TENNANT D.L., 1976. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources. In: Orsborn and Aliman (Ed.): "Proceeding on instream flow needs": 359-373.

Riproduzione e allevamento larvale di barbo (*Barbus plebejus* Bonaparte, 1839)

Andrea Dees^{1*}, Oliviero Mordenti², Alessandra Roncarati¹, Paolo Melotti¹

1 Centro Universitario di Ricerca e Didattica in Acquacoltura e Maricoltura. Università degli Studi di Camerino. Viale Europa 6 – 63039 San Benedetto del Tronto (AP).

2 DI.MOR.FI.PA. Università di Bologna.

* Referente per la corrispondenza: fax 0735 7897409; adees@disa.unibo.it

Riassunto

L'Università degli Studi di Bologna ed il Centro Universitario di Ricerca e Didattica in Acquacoltura e Maricoltura dell'Università di Camerino, in collaborazione con la Provincia di Ravenna, hanno condotto una sperimentazione con l'obiettivo di riprodurre in condizioni controllate il barbo comune, importante specie ittica le cui popolazioni, in molte acque nord appenniniche, stanno andando incontro ad una sempre maggior contrazione. Lo scopo era rivolto all'ottenimento di novellame autoctono da immettere nei corsi d'acqua vocati, dove la presenza di questo pesce era evidentemente compromessa. I corpi idrici prescelti per le prove, nell'ambito della Provincia di Ravenna, sono stati il fiume Lamone e il fiume Senio, individuando tratti in cui il barbo un tempo era presente con popolazioni ben strutturate, mentre risultava quasi del tutto assente al momento dell'avvio della sperimentazione.

Impiegando 18 femmine, dopo un periodo di latenza di 12-14 ore, sono state ottenute 820 g di uova, corrispondenti al 14,2% del peso vivo, che sono state fecondate con il liquido seminale di 28 maschi. Il tasso di fecondazione si è attestato mediamente sul 57%. La schiusa, avvenuta fra il V ed il VI giorno successivo alla fecondazione, si è attestata intorno al 90%. Al termine della sperimentazione sono stati liberati complessivamente 45.000 giovanili.

PAROLE CHIAVE: barbo comune / riproduzione controllata / allevamento larvale / salvaguardia delle specie ittiche autoctone.

Reproduction and larval rearing of common barbel *Barbus plebejus* (Bonaparte, 1839)

Bologna University and Center of Research in Aquaculture and Mariculture of Camerino University, in cooperation with the Province of Ravenna, have lead a trial with the objective to reproduce with artificial technique the common barbel, important fish species whose populations, in many North Apennine stream, are coming on always greater contraction. The aim of the research was to obtain juveniles to transfer in the typical water where the presence of this fish was evidently compromised. Lamone river and Senio river have been the water bodies selected for the trials where the barbel a time was present with populations very structured, while it turned out nearly absent at the moment of the start of this trial.

Submitting 18 females to hormonal treatment, after 12-14 h latency period, 820 g of eggs (14.2% b.w.) were obtained and fertilized by milt from 28 males. Fertilization rate was around 57%. The hatching rate took place on day V-VI after the fertilization and resulted about 90%. At the end of experiment, a total of 45,000 juveniles were introduced in the rivers.

KEY WORDS: common barbel / controlled reproduction / larval rearing / restocking of autochthonous fish species.

INTRODUZIONE

Il crescente degrado dei corpi idrici dovuto all'inquinamento e alla riduzione delle portate, con conseguente scomparsa di idonee aree di frega, ha portato ad una progressiva contrazione delle popo-

lazioni di barbo comune (TORTONESE, 1971).

I ripopolamenti effettuati con specie provenienti dalla penisola iberica e dal centro e nord Europa, già insediate nel bacino del Po,

stanno portando a rischio di estinzione e di inquinamento genetico la specie autoctona (GANDOLFI *et al.*, 1991; GRIMALDI *et al.*, 1994).

La sperimentazione condotta si è posta l'obiettivo di riprodurre

in ambiente controllato il barbo (*Barbus plebejus*) allo scopo di ripopolare le acque pubbliche con giovanili di comprovata qualità ed origine.

MATERIALI E METODI

La riproduzione è stata condotta a partire da stock di riproduttori selvatici la cui cattura è stata effettuata nel mese di maggio mediante l'impiego di apparecchiature per l'elettropesca (elettrostorditore) (HUET, 1964; AA.VV., 1992). Le zone di cattura sono state scelte tenendo in considerazione, oltre alla presenza delle specie oggetto di sperimentazione, anche delle problematiche di carattere tecnico-logistico e organizzativo. I soggetti di taglia maggiore sono stati trattenuti e trasportati presso un'avannotteria, convenzionata con l'Università degli Studi di Bologna, mediante l'utilizzo di sacchi in polietilene, della capacità di 50 L, che sono stati riempiti per un terzo del volume con acqua e, dopo l'immissione dei soggetti, per i rimanenti due terzi con ossigeno.

I soggetti selezionati per la prova sono stati sottoposti al rilievo dei principali parametri biometrici (peso, lunghezza totale, età) (BAGENAL, 1978).

Per il rilievo del peso ci si è avvalsi di bilancia elettronica con grado di precisione 1 g, specifica per animali vivi, mentre la lunghezza totale, è stata misurata mediante l'utilizzo di un apposito strumento in plexiglass (ittiometro) (GILES, 1980).

Dai parametri lunghezza e peso è stato poi ricavato, per ogni soggetto catturato, l'indice o fattore di condizione *k*, espresso dalla formula: $W/LT^3 \times 100$, dove *W* rappresenta il peso in grammi del pesce e *LT* la sua lunghezza totale in centimetri. Tale indice ha consentito di selezionare i soggetti più idonei da

sottoporre alla riproduzione artificiale.

Di tutti i pesci campionati è stata determinata l'età mediante scalimetria, prelevando alcune squame dalla regione superiore alla linea laterale in prossimità del capo, procedendo poi con l'ausilio di un microscopio binoculare al conteggio degli anelli di accrescimento del tessuto osseo, potendo con questa tecnica verificare classi di età comprese tra 2+ e 4+. In occasione delle operazioni di cattura sono state eseguite analisi in campo e prelevati campioni di acque al fine di determinarne i principali parametri fisico-chimici (A.P.H.A., 1995).

Per le operazioni volte ad ottenere la riproduzione della specie in oggetto, i barbi venivano stabulati nelle vasche dell'avannotteria convenzionata con l'Università di Bologna.

RISULTATI

Per la riproduzione sono state utilizzate vasche in vetroresina, di forma parallelepipedica della capacità unitaria di 4 m³ (lunghezza 2 m, larghezza 2 m, altezza 1 m) provviste di dispositivo di immissione e scarico delle acque in grado di assicurare ricambi idrici pari a circa 36 L/min; era inoltre presente un sistema di aerazione dell'acqua tale da mantenere l'ossigeno disciolto sopra i 5-6 ppm ed un sistema di controllo termico delle acque, regolato su valori di 15±1 °C.

Nel mese di maggio sono stati catturati 18 barbi di sesso femminile, del peso medio di g 320,44 ±

89,15 e 28 maschi del peso medio di g 198,9 ± 43,6 (Tab. I). Le femmine rientravano in due classi di età 3+ e 4+, mentre nel caso dei maschi sono stati riscontrati soggetti di età variabile tra 2+ e 4+. Le femmine venivano uniformemente suddivise in vasche aventi le medesime caratteristiche (PHILIPPART *et al.*, 1989).

Il giorno successivo all'arrivo dei riproduttori si procedeva al trattamento ormonale delle sole femmine, mediante una tecnica già puntualizzata per altre specie di ciprinidi che prevedeva la somministrazione intramuscolo di estratti ipofisari di carpa in dosi pari a 4 mg/kg di peso vivo dei soggetti (WOYNAROVICH e HORVATH, 1981; HANYU *et al.*, 1982). I maschi non venivano sottoposti ad alcun trattamento ormonale in quanto risultavano fluenti già al loro arrivo in avannotteria.

Dopo un periodo di latenza che è risultato, per tutte le femmine, compreso tra le 12 e le 14 ore, sono state ottenute per spremitura, 820 g di uova (105-110.000 uova), corrispondenti al 14,2% del peso vivo, che sono state raccolte in apposite bacinelle asciutte e fecondate con il liquido seminale dei maschi. Solo qualche secondo dopo, si procedeva all'aggiunta di soluzione fertilizzante a base di cloruro di sodio (0,4 %) ed urea (0,3%). Dopo le operazioni di lavaggio, le uova venivano trasferite negli apparati di incubazione (vasi di Zug) della capacità di 8 litri, alla temperatura di 18±1 °C.

Il giorno successivo all'inizio

Tab. I. Età, peso medio, lunghezza media e indice di condizione dei riproduttori di barbo impiegati

	N.	Età	Peso medio g	Lungh. media cm	Indice di condizione <i>k</i>
Maschi	28	2+/4+	198,9±43,6	25,78±5,6	1,16±0,25
Femmine	18	3+/4+	320±89,15	28,11±7,8	1,44±0,40

dell'incubazione venivano immediatamente rimosse le uova infconde, riconoscibili per la caratteristica colorazione opaca del deutoplasma.

Per controllare gli agenti fungini, soprattutto saprolegnia, è stato giornalmente eseguito, per tutto il periodo di incubazione un bagno con cloruro di sodio alla dose del 10‰, della durata di 2 ore. Il tasso di fecondazione si è attestato mediamente sul 57%.

La schiusa è avvenuta fra il V ed il VI giorno successivo alla fecondazione e si è attestata intorno al 90%. Le larve con sacco vitellino venivano raccolte mediante sifonamento e poste in vasche in vetroresina, con fondo tronco conico, della capacità unitaria di 1 m³ funzionanti a ciclo aperto e provviste di scarico centrale schermato con rete avente maglia con lato pari a 220 micron.

L'acqua, mantenuta ad una temperatura di 19±1 °C, era costantemente aerata mediante l'impiego di diffusori porosi in ceramica; il fotoperiodo era in regime naturale (WEIL *et al.*, 1986).

Una volta terminato il riassorbimento del sacco vitellino al V giorno e insufflata la vescica natatoria al VI-VII giorno, veniva avviato un programma alimentare (LOSOS *et al.*, 1980) che prevedeva la somministrazione di rotiferi (5-6/mL) per i primi due giorni sostituiti poi con nauplii di *Artemia salina* (3-4/mL). La distribuzione dell'alimento vivo avveniva ogni 5 ore protrandosi sino al XV giorno di età dei giovanili, interrompendola esclusivamente nelle ore notturne (RONCARATI *et al.*, 1995). La mortalità è risultata piuttosto contenuta, non avendo superato complessivamente al termine di questa fase, il tasso del 18%.

Trascorso un periodo variabile dal XV a XX giorno gli avannotti

sono stati raccolti e trasportati, con le stesse modalità descritte per i riproduttori, ed immessi in alcuni tratti del fiume Lamone e Senio precedentemente individuati.

La scelta dei siti di immissione è avvenuta in collaborazione con il personale del servizio dell'Amministrazione Provinciale di Ravenna prendendo in considerazione alcuni parametri quali la morfologia del corpo idrico (portata, velocità della corrente, profondità, tipologia del fondo, ombreggiatura dell'alveo, presenza di zone di rifugio), la presenza e distribuzione dell'ittiofauna, la quantità e qualità della fauna bentonica, le principali caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua ed i principali impatti antropici. Le zone di rilascio erano inoltre caratterizzate da una scarsissima o nulla presenza di barbi. Tale condizione ha facilitato la verifica dei risultati ottenuti con gli interventi di ripopolamento.

Al termine della sperimentazione sono stati liberati complessivamente 45.000 giovanili.

I successivi campionamenti, finalizzati ad accertare l'avvenuto insediamento dei pesci seminati, hanno consentito di verificare una rilevante presenza di barbi di età e dimensioni riconducibili (Fig. 1) a quelle del lotto riprodotto artificialmente.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Nell'ottica di giungere ad una gestione della fauna ittica corretta da un punto di vista tecnico-scientifico, è di fondamentale importanza poter conseguire una progressiva autonomia per quanto riguarda la produzione di materiale da ripopolamento, con particolare riferimento alle specie pregiate, al fine di ridurre, per quanto possibile, i pesanti fenomeni di inquinamento genetico, derivanti dalla immissione



Fig. 1. Giovanile di barbo di 8 mesi di età.

ne di ceppi non autoctoni di tali popolazioni (BORRONI, 1986).

Tale affermazione discende dal concetto espresso da alcuni ricercatori (GRIMALDI *et al.*, 1994) secondo cui la costituzione di uno stock di riproduttori di ceppo appenninico è l'obiettivo a cui si deve tendere, poiché il materiale da ripopolamento da questi prodotto avrà sicuramente tutte le caratteristiche di adattabilità e rusticità necessarie per un buon ambientamento.

Mediante tecniche di riproduzione indotta, già puntualizzate per altri ciprinidi, è stata dimostrata la possibilità di ottenere uova feconde anche dal barbo comune, specie di grande interesse per il ripopolamento; soprattutto in termini di schiusa delle uova sono stati ottenuti risultati estremamente soddisfacenti e significativamente superiori a quelli riportati da altri Autori (PONCIN, 1988, 1989, 1992) riferiti a *Barbus barbus*. Le attività condotte hanno pertanto favorito il ripristino di popolazioni di barbo comune nei corpi idrici oggetto di studio.

Ringraziamenti

Ricerca condotta con contributo dell'Ufficio Pesca dell'Amministrazione Provinciale di Ravenna. Un sentito e doveroso ringraziamento va al Dr. Mazzolani, responsabile del suddetto ufficio, per la preziosa e fattiva collaborazione prestata.

Bibliografia

- A.P.H.A., 1995. *Standard methods for examination water and wastewater*. 17th ed. American Public Health Association Washington D.C.
- AA.VV., 1992. *Elementi di base per la predisposizione della carta ittica regionale*. Regione Emilia Romagna, vol II.
- BAGENAL T., 1978. *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. IBP Handbook n. 3, 3rd edition, Blackwell, Oxford. Blackwell Scientific Publications.
- BORRONI I., 1986. Requisiti sanitari del materiale ittico per ripopolamento. *Quaderni E.T.P.*, Udine, **14**: 53-62.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Ministero dell'Ambiente, U.Z.I., Istituto Poligrafico dello Stato.
- GILES H., 1980. A stomach sampler for use on live fish. *J. Fish Biol.*, **16**: 441-444.
- GRIMALDI E., VAINI F.A., NATALI M., 1994. *Un esempio di approccio concettuale: i problemi dei ripopolamenti e delle introduzioni degli esotici*. Atti del Comitato Scientifico F.I.P.S.A.S.: 9-30.
- HANYU I., ASAHINA K., SHIMIZU A., 1982. The role of light and temperature in the reproduction cycles of three bitterlings species: *Rhodeus ocellatus ocellatus*, *Acheilognatus tabira* and *Pseudoperilampus typus*. In: Richter C.J.J., Goos H.J. Th. (eds.), *Proceedings of the International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish*. Wageningen, Pudoc: 229-232.
- HUET M., 1964. The evaluation of the fish productivity in fresh waters. *Verh. Internat. Verein Limnol.*, **15**: 524-528.
- LOSOS B., PENAZ M., KUBICKOVA J., 1980. Food and growth of fishes of the Jihlava river. *Acta Sc. Nat. Brno*, **14**: 1-46.
- PHILIPPART J.C., MELARD CH., PONCIN P., 1989. Intensive culture of the common barbel, *Barbus barbus* (L.) for restocking. In: De Pauw N., Jaspers E., Ackefors H., Wilkins N. (eds.), *Aquaculture - A biotechnology in progress*. European Aquaculture Society, Bredene Belgium.
- PONCIN P., 1988. Effects of different photoperiod on the reproduction of the barbel *Barbus barbus* (L.) reared at constant temperature. *J. Fish Biol.*, **35**: 395-400.
- PONCIN P., 1989. Le control environnemental et hormonal de la reproduction du barbeau, *Barbus barbus* (L.) et du chevaine *Leuciscus cephalus* (L.) en captivite. *Chaiier d'ethologie appliquee*, **8**: 178-181.
- PONCIN P., 1992. Influence of the daily distribution of light on reproduction in the barbel *Barbus barbus* (L.). *J. Fish Biol.* **41**: 993-997.
- RONCARATI A., POLIDORI P., MELOTTI P., MORDENTI O., 1995. Prove di riproduzione artificiale del barbo comune (*Barbus barbus plebejus*). In: *Atti del Convegno Internazionale "Parliamo di... Acquacoltura"*, Fossano (Cuneo) 13-14 ottobre 1994: 299-302.
- TORTONESE E., 1971. *Osteichthyes, Fauna d'Italia*. Parte I - Vol. X, Calderini, Bologna; XIII + 545 pp.
- WEIL C., FOSTIER A., BILLARD R., 1986. Induced spawning (ovulation and spermiation) in carp and related species. 119-137. In: R. Billard, J. Marcel (eds.), *Aquaculture of Cyprinids*. INRA Paris.
- WOYNAROVICH E., HORVATH L., 1981. *La reproduction artificielle des poissons en eau chaude: manuel de vulgarisation*. FAO Doc. Tech. Peches, 201, 29-96.

Capacità e limiti adattativi di *Gambusia holbrooki* Girard alle variazioni di salinità

Giuliano Luigi Gandolfi*, Gianluigi Alessio, Emiliano Belletti

Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale dell'Università, Parco Area delle Scienze 11/A 43100 Parma

* Referente per la corrispondenza: fax 0521 905657; alessio@biol.unipr.it

Riassunto

La gambusia, *Gambusia holbrooki* Girard, è maggiormente abbondante in biotopi dulcicoli, ma non è infrequente il suo rinvenimento in acque lagunari salmastre, come ad esempio l'area deltizia del Po e le acque lagunari di Orbetello, caratterizzate anche da ampie fluttuazioni aline, a causa dei fenomeni ricorrenti di marea.

Mediante prove di laboratorio con trasferimento da acque segnatamente dulcicole sino a condizioni di acqua marina o di ipersalinità (35-40 g/L), si è cercato di definire i limiti di sopportazione e sopravvivenza del Pecilide a differenti concentrazioni saline. Complessivamente sono state utilizzate 199 gambusie provenienti da due diversi ambienti di acqua dolce ove i Pecilidi non erano soggetti a variazioni della concentrazione salina.

I risultati evidenziano che tutte le gambusie saggiate, comunque originarie, sono suscettibili a mortalità ad una dose letale media (DLM 50%) di salinità intorno a 25 g/L. Le femmine sono più resistenti dei maschi.

In conclusione la gambusia può essere considerata eurialina e si rivela una specie caratterizzata da un'ampia valenza ecologica. Può quindi essere ben utilizzata in programmi di controllo delle fastidiose infestazioni di zanzare anche in ambienti lagunari e salmastri, ancorché non originari della specie.

PAROLE CHIAVE: gambusia / tolleranza alla salinità / dose letale media

Adaptive capacities and boundaries of *Gambusia holbrooki* Girard to salinity variations

Gambusia holbrooki Girard, can be found mostly in fresh biotopes, but its recovery is easy in brackish lagoon waters, as for example the Po delta and the Orbetello lagoon waters, which are characterized even by wide saline fluctuations, due to the recurrent tide.

Through laboratory tests with transfer from freshwaters to conditions of sea-waters or hypersaline waters (35-40 g/L), we tried to clear up and define the limits of bearing and survival of the Poeciliid at different saline concentrations.

As a whole 199 gambusia from two different fresh water environments were used, where the Poeciliid were not subject to changes of the saline concentration.

The results point out that all the gambusia tested, however they were native, are liable to mortality with an average lethal dose (DLM 50%) of salinity around 25 g/L. In respect to males the females are more resistant.

In conclusion, gambusia can be considered euryhaline and it proves to be a species which is characterized by a wide ecological valence. Therefore, it can be used in control programmes about the bothersome infestations of mosquitos also in lagoon and brackish environments, even if they are not the original ones of the species.

KEY WORDS: gambusia / salinity tolerance / average lethal dose

INTRODUZIONE

La gambusia, *Gambusia holbrooki* Girard, Poeciliidae introdotta in Italia nel 1922 (TORTONESE, 1970; GANDOLFI *et al.*, 1991) per scopi di lotta biologica ai Culicidi, è una delle relativamente poche spe-

cie di pesci Teleostei capace di adattarsi e tollerare ampie variazioni nella concentrazione salina degli ambienti colonizzati. La specie, alloctona, è maggiormente abbondante in biotopi dulcicoli, ma non è

infrequente il suo rinvenimento in acque lagunari salmastre caratterizzate anche da ampie fluttuazioni aline, a causa dei fenomeni ricorrenti di marea.

Negli anni recenti, a seguito

dell'esacerbazione dell'infestazione di zanzare in molti territori, ascrivibile, in parte, sia a mutate condizioni ecologiche sia a nuovi sistemi agricoli intensivi ed innovativi, la gambusia è diventata oggetto di rinnovato e particolare interesse, ai fini di tutela della salute e del benessere delle cittadinanze infestate (BELLINI *et al.*, 1994, VERONESI *et al.*, 1995; COCCHI *et al.*, 1998; PENSA-TI, 1998, RONGONI *et al.*, 1999; SANI *et al.*, 2001).

Il presente studio è finalizzato a definire i limiti di sopportazione e sopravvivenza della gambusia a differenti concentrazioni saline, da acque segnatamente dulcicole sino a condizioni di concentrazioni saline di 35-40 g/L.

MATERIALI E METODI

Le gambusie utilizzate sono state complessivamente 199, di cui 20 provenienti dal tratto di fiume Mincio tra Rivalta e Mantova e 179 dalle risaie nei pressi di Vercelli: due ambienti diversi di acqua dolce in cui i Pecilidi non erano soggetti a variazioni della concentrazione salina.

Sono state allestite 3 sperimentazioni in laboratorio, una con le gambusie provenienti dal Mincio (15 femmine e 5 maschi) e una seconda, con ripetizione, con quelle provenienti dal Vercellese (rispettivamente: 30 femmine e 49 maschi).

Uno stock di 62 gambusie (28 femmine e 34 maschi) è stato mantenuto permanentemente in acqua dolce ed in condizioni analoghe per tutto il periodo sperimentale e considerato come riferimento di controllo.

La taglia dei soggetti, tutti adulti, è variata da 17 mm a 50 mm, con una media di 30,79 mm. Fra i pesci saggati erano presenti anche femmine gravide.

Sono state utilizzate vasche

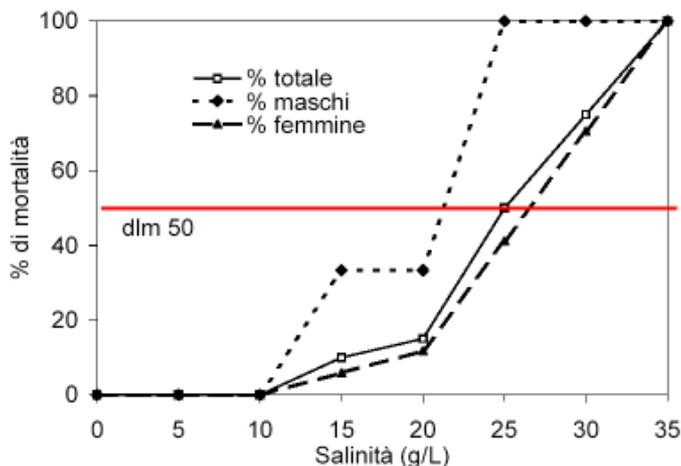


Fig. 1. Percentuali di mortalità delle gambusie del Mincio (sia globalmente sia distintamente per sesso), agli incrementi ebdomadari (7 gg) di salinità.

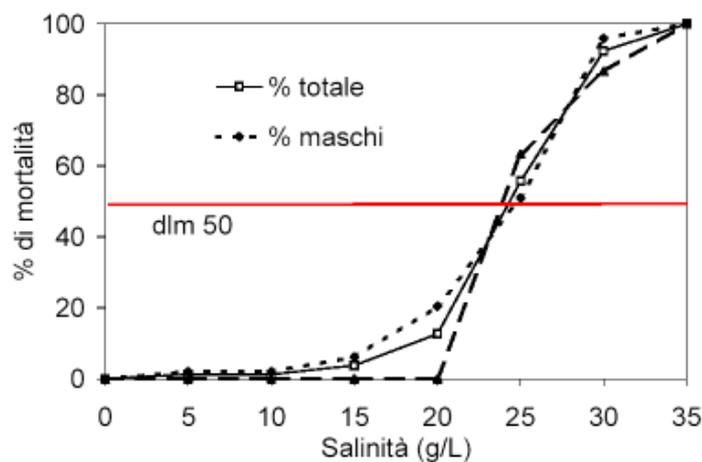


Fig. 2. Percentuali di mortalità delle gambusie vercellesi (sia globalmente sia distintamente per sesso) agli incrementi ebdomadari (7 gg) di salinità.

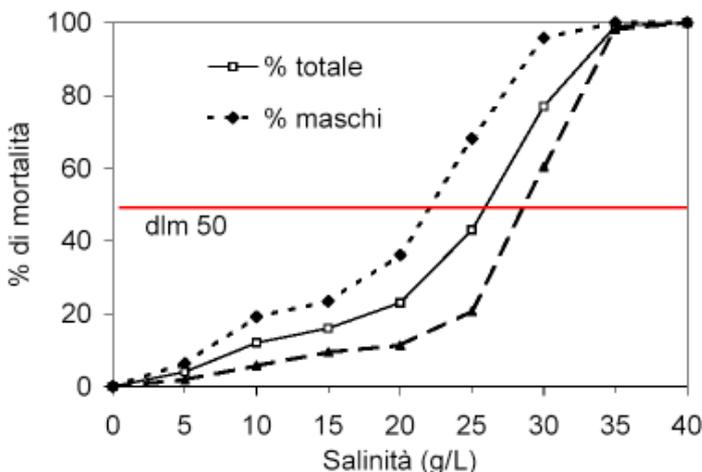


Fig. 3. Percentuali di mortalità delle gambusie vercellesi (sia globalmente sia distintamente per sesso) agli incrementi ebdomadari (7 gg) di salinità. Replica.

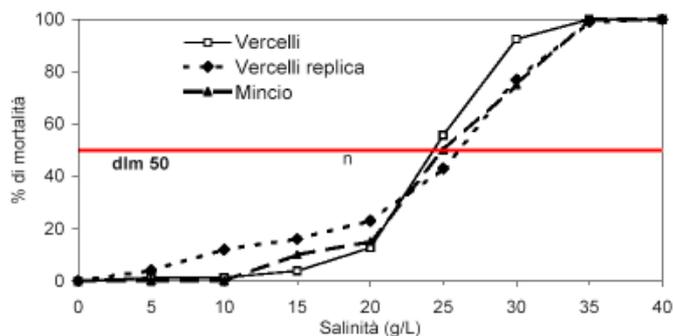


Fig. 4. Confronto della resistenza (= sopravvivenza) alle variazioni ebdomadarie (7 gg) di salinità di gambusie provenienti dal Mincio e dall'area di Vercelli (con replica).

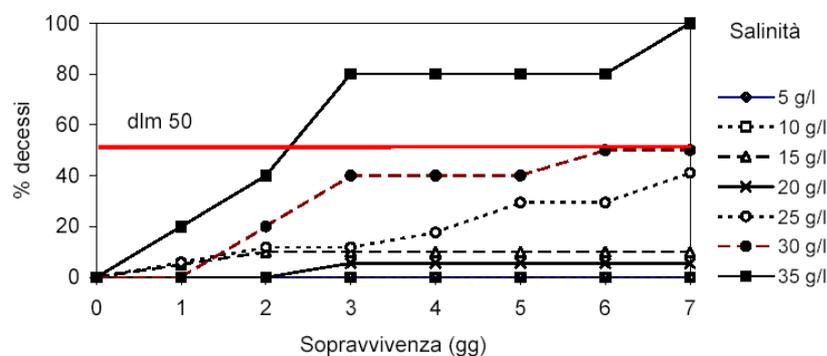


Fig. 5. Sopravvivenza (in gg) delle gambusie del Mincio a differenti concentrazioni di salinità.

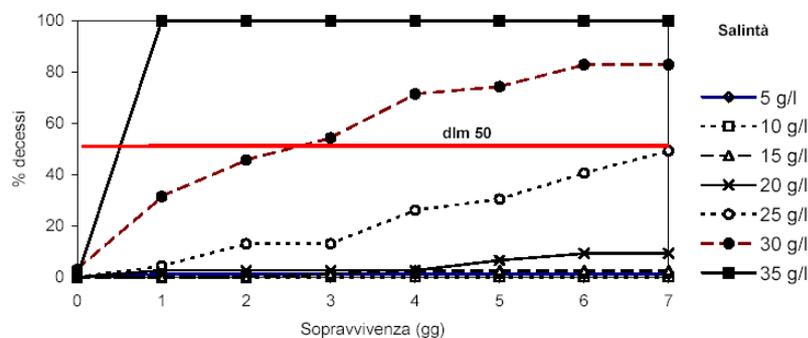


Fig. 6. Sopravvivenza (in gg) delle gambusie vercellesi a differenti concentrazioni di salinità.

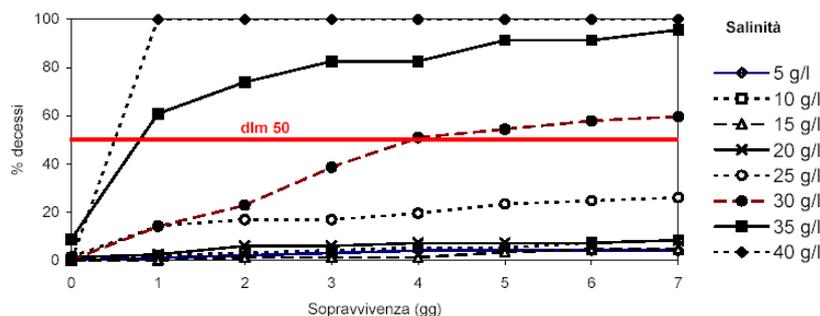


Fig. 7. Sopravvivenza (in gg) delle gambusie vercellesi a differenti concentrazioni di salinità. Replica.

dalla capacità di 53 L; la filtrazione è stata ottenuta mediante un filtro esterno a cassetta, dotato di pompa da 378 L/h e con substrato di carbone attivo e lana sintetica quale materiale filtrante. La struttura filtrante garantiva comunque una soddisfacente ossigenazione dell'acqua, periodicamente rilevata mediante ossimetro portatile, che si è mantenuta entro valori di 7,3-8,2 mg/L di O₂.

La durata giornaliera dell'illuminazione è variata fra 11-13 ore circa. Le diverse concentrazioni saline sperimentali sono state preparate mediante opportune diluizioni di acqua marina sintetica prodotta con sale marino integrale e controllate mediante refrattometro ottico.

Le gambusie sono state inizialmente introdotte in acqua dolce e lasciate acclimatare per un periodo di 7 giorni, trascorso il quale la salinità è stata gradualmente aumentata per valori di 5 g/L in un tempo di 24 ore. Gli animali sono stati nutriti, due volte al giorno, mediante larve surgelate di Chironomide e mangime di base in scaglie.

L'operazione di incremento salino è stata ripetuta ogni 7 giorni sino a raggiungere salinità finali di 35-40 g/L. Giornalmente venivano rimossi, contati e sessati gli individui morti e venivano eseguiti controlli della concentrazione salina e della temperatura dell'acqua, che si è mantenuta a $21,5 \pm 0,5$ °C per tutta la durata delle sperimentazioni.

RISULTATI

Nelle figure 1, 2 e 3 sono espresse le percentuali di mortalità delle gambusie provenienti rispettivamente dal Mincio e dall'area di Vercelli (prova + replica), in relazione alle variazioni di salinità (con intervalli crescenti di 5 g/L di concentrazione salina) indotte a ritmi setti-

manali. Nella figura 4 sono confrontati, per le tre prove effettuate, i dati ottenuti di resistenza agli incrementi alini.

Nelle figure 5, 6 e 7 vengono invece evidenziati i giorni di sopravvivenza registrati per i tre gruppi sperimentali in funzione dei differenti valori di concentrazione della salinità.

Nel gruppo di controllo non è stata registrata alcuna mortalità per tutto il periodo di osservazione.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

I risultati ottenuti evidenziano che tutte le gambusie saggiate, comunque originarie, sono suscettibili a mortalità ad una dose letale media (DLM 50%) di salinità intorno a 25 g/L. Tale dato concorda perfettamente con quanto osservato, per la stessa *Gambusia holbrooki*, da NORDLIE e MIRANDI (1996) che fissano tale concentrazione come limite superiore di tolleranza della specie.

Non è tuttavia da escludere

che *Gambusia holbrooki* possa resistere, almeno per pochi giorni (da 1 a 4) a salinità di 30-35 g/L. In caso di acque ipersaline (35-40 g/L) la sopravvivenza dei pesci si riduce drasticamente a 2-1 giorni e talora meno.

Infatti sull'elevata resistenza dei Pecilidi alla salinità, osservazioni analoghe già furono effettuate da AL-DAHAM e BHATTI (1977) con la specie *Gambusia affinis*, che tuttavia risultava alquanto più sensibile e soccombeva in tempi più brevi ed a concentrazioni saline inferiori. Sulla medesima specie *Gambusia affinis*, però, CHERVINSKI (1983) faceva osservare che gli animali riuscivano a sopravvivere fino a condizioni di salinità marina ($S = 39$ g/L) se adattati gradualmente (nell'arco di 48 ore) alle variazioni aline.

I dati da noi ottenuti pongono in evidenza che, rispetto alle femmine, più tolleranti e spesso di taglia maggiore, i maschi risultano invece più sensibili e meno resistenti, giacché iniziano a soccom-

bere già a circa 22 g/L di salinità.

In condizioni di salinità equivalenti a quelle marine oppure di ipersalinità (da 35 g/L fino a 40 g/L) la sopravvivenza individuale delle gambusie da noi saggiate è risultata inferiore e/o prossima a 24 ore ma, sorprendentemente, ha raggiunto i 4 giorni già con concentrazioni saline di 30 g/L.

In conclusione si ritiene lecito affermare che la gambusia (*Gambusia holbrooki*) attualmente presente in Italia è caratterizzata da un'ampia valenza ecologica e può ben essere utilizzata in programmi di controllo delle fastidiose invasioni ed infestazioni di zanzare anche in ambienti lagunari e salmastri, ancorché non originari della specie. In tali ecosistemi, infatti, la gambusia (eurialina) è in grado di sopravvivere grazie alla sua capacità di osmoregolazione plasmatica, attuata in parte attraverso l'emuntorio renale e soprattutto mediante le numerose "cellule a cloruri" presenti sui filamenti branchiali.

Bibliografia

- AL-DAHAM N. K., BHATTI M. N., 1977. Salinity tolerance of *Gambusia affinis* (Baird & Girard) and *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Journal of Fish Biology*, **11**: 309-313.
- BELLINI R., VERONESI R., RIZZOLI M., 1994. Efficacy of various fish species (*Carassius auratus* [L.], *Cyprinus carpio* [L.], *Gambusia affinis* [Baird and Girard]) in the control of rice field mosquitoes in northern Italy. *Bull. Soc. Vector Ecol.*, **19** (2): 87-99.
- CHERVINSKI J., 1983. Salinity tolerance of mosquito fish, *Gambusia affinis* Baird and Girard. *Journal of Fish Biology*, **22**: 9-11.
- COCCHI M., TAMBURRO A., MENICETTI D., RAFFAELLI L., ROMI R., 1998. Sperimentazione di *Gambusia holbrooki* Girard, 1859, per il controllo integrato dei Culicidi nei comprensori risicoli del grossetano. *Parassitologia*, **40** (Suppl. 1): 34.
- GANDOLFI G., MARCONATO A., TORRICELLI P., ZERUNIAN S., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- NORDLIE F.G., MIRANDI A., 1996. Salinity relationships in a freshwater population of eastern mosquitofish. *Journal of Fish Biology*, **49**: 1226-1232.
- PENSATI F., 1998. Lotta biologica ai Culicidi: la sperimentazione in provincia di Vercelli. In: *Esperienze di lotta biologica alle zanzare in Piemonte*. Atti Convegno, Casale Monferrato (AL), 24-25 novembre 1998: 14-17.
- RONGONI A., SANI L., ALESSIO G., FRUCIS S., 1999. Prime osservazioni, in ambiente di risaia, sull'attività trofica e riproduttiva di *Gambusia holbrooki* Girard a fini di lotta biologica ai Culicidi. *Quaderni ETP*, **28**: 185-190.
- SANI L., RONGONI A., ALESSIO G., 2001. Attività trofica di *Gambusia holbrooki* Girard in due differenti ambienti naturali: Parco del Mincio e Parco del Delta del Po (Nord Italia). *Quaderni ETP*, **30**: 87-95.
- TORTONESE E., 1970. *Osteichthyes*. Parte I. Fauna d'Italia, 10. Edizioni Calderini, Bologna.
- VERONESI R., DONATI L., BELLINI R., 1995. Studio sulle specie di zanzare nocive nell'area del Delta del Po e sul loro contenimento. *Quad. Staz. Ecol. civ. Mus. St. nat. Ferrara*, **9**: 261-273.

Biologia Ambientale, 18 (1): 235-240.

Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma

Distribuzione del novellame di Mugilidi (Pisces, Mugilidae) e di spigola (Pisces, Moronidae) in habitat costieri italiani a differente tipologia[§]

Giuseppe Maio^{1*}, Thomas Busatto¹, Renata Trisolini², Federico Riccato³, Piero Franzoi³

¹ AQUAPROGRAM srl, via Borella 53, I-36100 Vicenza, Italy,

² Via Einaudi – I-30174 Venezia-Mestre;

³ Dip. di Scienze Ambientali, Università di Venezia, Castello 2737/b, I-30122 Venezia

* Referente per la corrispondenza: fax 044 4301212; aqp@tiscali.it

§ Lavoro svolto con un contributo del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali

Riassunto

Nel caso del novellame di pesci eurialini, un'efficace azione di tutela della montata non può prescindere dalla salvaguardia degli ambienti costieri che fungono da aree di *nursery* per queste specie. Un primo passo in questa direzione è sicuramente la caratterizzazione ecologica degli ambienti costieri di *nursery* presenti lungo le coste italiane.

Nel biennio 2000-2001 è stata indagata la distribuzione del novellame di spigola e di Mugilidi in ambienti costieri di differente tipologia. A questo fine, durante il periodo primaverile di montata degli avannotti è stata monitorata l'attività di pesca di un gruppo di pescatori che si è spostato lungo le coste italiane utilizzando un camion opportunamente attrezzato per il trasporto in vivo e la stabulazione del pescato, e sono state rilevate, in contemporanea, le principali variabili e caratteristiche ambientali dei siti di pesca visitati.

I risultati ottenuti, seppure preliminari, hanno evidenziato una differente distribuzione del novellame delle diverse specie in habitat costieri a differente tipologia. Gli avannotti di spigola si concentrano soprattutto negli ambienti costieri a prevalente influsso marino, con acque più salate e fondale sabbioso. Nel caso del novellame di Mugilidi è stato osservato un gradiente da specie abbondanti in ambienti ancora sotto l'influsso marino e con fondo a granulometria più grossolana (*Liza aurata*, *Liza ramada*), a specie che si concentrano soprattutto negli habitat di estuario, caratterizzati da acque oligoaline e da fondali a granulometria fine (*Chelon labrosus*, *Mugil cephalus*).

PAROLE CHIAVE: novellame da semina / spigola / Mugilidi / habitat costieri / montata

Distribution of seabass and grey mullet fry in Italian coastal environments

Seabass and grey mullets fry (about 14-40 mm of S. L.) migrate from the open sea into coastal marine, brackish and freshwater habitats, where they find more favourable conditions to their growth and refuge from predation. In Italy fry of these species are intensively caught by specialized fishermen moving with trucks equipped with tanks and oxygenation systems. Destination of fry is restricted to aquaculture and restocking.

During springtime of 2000 and 2001 years was monitored the fishing activity of one "Fishing Sample Unit" along Italian shores, and at the same time were recorded selected environmental variables of fishing places. On the whole, 75 different fishing areas were visited in more than 200 surveys. Environmental data (average values for each individual site) was utilized to perform a Cluster Analysis in order to obtain a preliminary classification of shore fry habitats.

Dicentrarchus labrax fry were caught almost all in marine coastal habitats, greater abundances were recorded along sea shore with sandy bottom. Grey mullets *Liza aurata* and *Liza ramada* were often caught together, but *Liza ramada* fry were more abundant in oligohaline and fresh water coastal environments, while *Liza aurata* was found out mainly into harbours and along sea shores. *Chelon labrosus* fry were caught mostly in oligohaline waters, near mouths of streams, in estuarine areas, and into harbours and harbourages. During spring months, *Mugil cephalus* juveniles were above all concentrated in coastal fresh waters.

KEY WORDS: finfish fry / seabass / grey mullets / habitat utilization / inshore migration

INTRODUZIONE

Gli avannotti di spigola (*Dicentrarchus labrax*) e di Mugilidi (*Mugil cephalus*, *Liza aurata*, *Liza ramada*, *Liza saliens*, *Chelon labrosus*) affluiscono stagionalmente dal mare negli ambienti costieri, dove rimangono per un periodo variabile secondo le diverse specie (BRUNELLI, 1916; GANDOLFI *et al.*, 1981; TORRICELLI *et al.*, 1981; ROSSI, 1986). In particolare, gli stadi postlarvali e giovanili (noti complessivamente come “novellame” o “pesce novello”) di queste specie euriterme ed eurialine trovano negli ambienti costieri di estuario e di laguna le condizioni termiche e trofiche ottimali per lo svolgimento della fase iniziale del loro ciclo vitale (FERRARI e CHIEREGATO, 1981; ROSSI, 1986). Questa migrazione dal mare all'interno degli ambienti costieri è nota come “rimonta” o “montata” ed il periodo dell'anno in cui essa si verifica è diverso da specie a specie, dipendendo dall'epoca di riproduzione, dalla distanza dalla costa delle aree riproduttive, dall'area geografica considerata e da fattori meteorologici variabili da un anno all'altro (ROSSI, 1988; ROSSI *et al.*, 1999).

Gli avannotti vengono catturati, durante la fase di montata, da pescatori specializzati e vengono utilizzati per fini di ripopolamento e di acquacoltura. Durante i mesi primaverili la pesca si concentra soprattutto sul novellame di spigola, *L. ramada*, *L. aurata* e *C. labrosus*; in autunno, vengono catturati gli avannotti di *M. cephalus* (ROSSI, 1981; FRANZOI *et al.*, 1999). Dal 1988 è stato avviato un monitoraggio del reclutamento del novellame di spigola e Mugilidi lungo le coste italiane, attraverso il controllo dei quantitativi di avannotti catturati dai pescatori professionisti che visitano le zone di costa logisticamente accessibili durante il periodo di

rimonta di queste specie. I dati di pesca, opportunamente standardizzati, hanno permesso di raccogliere informazioni sulla dinamica temporale e sulla distribuzione della montata del novellame lungo le coste italiane (FRANZOI *et al.*, 2001).

La montata degli avannotti di *D. labrax*, *L. ramada*, *L. aurata*, *C. labrosus* e *M. cephalus* è un fenomeno diffuso in una varietà di habitat costieri lungo le coste italiane. Gli avannotti di queste specie vengono infatti catturati in ambienti costieri tipicamente marini, nelle acque salmastre e anche nelle acque interne prossime alla costa (BRUNELLI, 1916; ROSSI, 1988; FRANZOI *et al.*, 1996, 1999).

Un'efficace azione di tutela della montata, nel caso del novellame di pesci eurialini, non può prescindere dalla salvaguardia degli ambienti che fungono da aree di *nursery* per queste specie (CATAUDELLO *et al.*, 1999). Un primo passo in questa direzione è sicuramente la caratterizzazione ecologica degli ambienti costieri di *nursery* presenti lungo le coste italiane.

Al fine di approfondire le conoscenze sulle relazioni tra tipo di habitat costiero e montata delle singole specie, nel biennio 2000-2001 sono state rilevate le principali variabili e caratteristiche ambientali dei siti di pesca del novellame. Su questa base, è stato effettuato uno studio preliminare sulla distribuzione della montata di ciascuna specie in habitat costieri a differente tipologia.

MATERIALI E METODI

Durante le stagioni primaverili di pesca del novellame degli anni 2000 e 2001 è stata seguita direttamente l'attività di una “unità campione di sforzo” costituita da tre pescatori che si sono spostati lungo le coste italiane per mezzo di un camion attrezzato per il traspor-

to in vivo degli avannotti (per ulteriori dettagli, si rimanda a FRANZOI *et al.*, 2001). Per la pesca degli avannotti è stata utilizzata una piccola sciabica trainata a mano, lunga 10 m, alta 2 m e con maglia di 2-4 mm da nodo a nodo. Lo sforzo di pesca è stato di volta in volta concentrato sulle specie più abbondanti ed in quelle aree, comunque facilmente accessibili ai pescatori, tradizionalmente caratterizzate da una maggiore presenza di avannotti (FRANZOI *et al.*, 1999).

Dall'apertura della pesca (secondo lunedì del mese di marzo) fino a metà aprile, lo sforzo di pesca è risultato mirato soprattutto alla cattura del novellame di *L. ramada* e *L. aurata*. In aprile ed in maggio, invece, sono stati catturati soprattutto gli avannotti di spigola e di *C. labrosus*. *M. cephalus* rimonta negli ambienti costieri già in autunno ma, dopo un periodo di stasi invernale, la montata di questa specie riprende durante i mesi primaverili (ROSSI, 1988; ROSSI *et al.*, 1999). Durante la presente indagine, infatti, avannotti di questo Mugilide sono stati catturati nei mesi di marzo e di aprile.

In ognuno dei due anni di studio, durante la stagione di pesca del novellame, sono state effettuate 4 campagne di rilevamento, della durata di 4 giorni ciascuna, nelle quali, oltre ai dati di abbondanza delle catture effettuate dai pescatori, sono state rilevate le principali variabili e caratteristiche ambientali dei singoli siti di pesca esplorati. Per ottenere una descrizione sufficientemente completa della tipologia ambientale dei siti di pesca, sono stati considerati parametri nominali, ordinali e quantitativi (Tab. I).

Per la misura delle variabili chimico fisiche è stata utilizzata una strumentazione portatile (conduttimetro, termometro e pHmetro

Tab. I. Variabili ambientali rilevate

Variabile	Unità/Categoria
Ossigeno disciolto	mg/L
pH	Unità di pH
Conducibilità	$\mu\text{S}/\text{cm}^2$
Trasparenza	0 (bassa) – 5 (alta)
Distanza dal mare	km
Composizione del fondo	(%)
Fondo soffice (fango, detrito vegetale)	%
Sabbia	%
Chiaia	%
Fondo duro (massi, rocce, cemento)	%
Copertura vegetale del fondo	%
Utilizzo ambientale	Riva o spiaggia
	Porti
	Approdi
	Canali
Difese di costa	Assenti
	Diga foranea
	Frangiflutti
	Altre difese
Classificazione ambientale	Costa
	Foce di fiume
	Foce di canale
	Fiume
	Canale
Scarichi	Presenti/assenti

Delta Ohm, ossigeno disciolto misurato con metodo Winkler).

Durante i due anni di indagine, sono stati complessivamente visitati 75 siti diversi, distribuiti lungo le coste del medio e basso Tirreno, dello Ionio, del medio e del basso Adriatico (Tab. II). La maggior parte dei siti è stata visitata più di una volta, per un totale di 200 sopralluoghi. Durante ogni campagna di rilevamento, sono stati prelevati campioni di 50-200 individui per specie dalle catture effettuate dai pescatori, che sono stati immediatamente fissati in formalina al 10% neutralizzata. In laboratorio gli esemplari raccolti sono stati misurati con un calibro (lunghezza standard, L.S.; $\pm 0,1$ mm); le misure di lunghezza sono state poi approssimate al mm. Le dimensioni degli avannotti catturati sono risultate comprese fra gli 11 ed i 44 mm di

lunghezza standard. L'osservazione dei campioni in laboratorio ha permesso inoltre di convalidare, in tutti i casi, la classificazione effettuata sul campo dai pescatori, che veniva registrata all'atto del campionamento.

I dati ambientali, espressi come valore medio tra i sopralluoghi per ognuno dei 75 siti considerati, sono stati utilizzati per effettuare un'analisi dei cluster: come indice di somiglianza è stato utilizzato l'indice di Gower, che permette di considerare insieme dati di tipo diverso (GOWER, 1971); come algoritmo di clustering è stato utilizzato il legame completo (STATSOFT ITALIA, 1997). Con l'analisi dei cluster sui dati ambientali, è stato possibile raggruppare e classificare i siti di campionamento in tipologie omogenee. Per verificare eventuali differenze significative nell'en-

Tab. II. Ripartizione geografica dei siti visitati

Regione	N° di siti	N° sopralluoghi per sito
Lazio	16	32
Campania	30	110
Puglia	7	14
Abruzzo	4	8
Molise	4	8
Marche	9	18
Basilicata	5	10
Totale	75	200

tità della montata del novellame di ciascuna specie nelle diverse tipologie di nursery individuate con l'analisi multivariata, i valori medi di abbondanza (catture per habitat per giorno) sono stati confrontati utilizzando il test non parametrico "U" di Mann-Whitney.

RISULTATI

L'analisi dei cluster (Fig. 1) ha permesso di evidenziare due raggruppamenti principali, ognuno dei quali a sua volta suddiviso in tre gruppi ad un maggior livello di similarità. Nel complesso, i siti di pesca esplorati durante le due campagne annuali di rilevamento sono classificabili in 6 differenti tipologie di habitat (Tab. III).

Tre tipologie (gruppi 4, 5 e 6) sono riconducibili ad ambienti costieri meno influenzati dall'afflusso di acque continentali. Il gruppo 4 è risultato costituito dai siti di pesca localizzati all'interno di porti e porticcioli di diversa estensione, cioè di aree marine più o meno confinate. In questo caso, non è stato rilevato il tipo di fondale, visto che la pesca del novellame viene praticata trainando la rete lungo banchine di cemento o calcestruzzo oppure lungo massicciate di pietra, che sono state considerate, ai fini del presente lavoro, come un substrato duro. In questi siti la profondità dell'acqua è risultata

superiore a quella rilevata nelle altre aree di pesca indagate, risultando in genere maggiore di 2 m, mentre i valori di salinità (33-37‰) sono tipicamente marini. Gli altri due gruppi raccolgono i siti caratterizzati da bassi fondali (<1,5 m) sabbiosi (gruppo 6) o misti (gruppo 5), localizzati o in aree litorali tipicamente marine o in prossimità delle foci di corsi d'acqua. I valori di salinità sono simili per i due gruppi di siti e sono compresi nell'intervallo 20-35‰.

I rimanenti tre gruppi (1, 2 e 3) raccolgono gli ambienti di pesca classificabili come acque interne. Si tratta, infatti, di siti localizzati a monte delle foci a mare di corsi d'acqua naturali e artificiali. I tre gruppi si distinguono soprattutto per la distanza dal mare e la natura del fondale. Il gruppo 1 è risultato costituito dai siti più distanti dalle foci a mare ("alto estuario") e con valori di salinità di 0-3‰, caratterizzati inoltre da fondo prevalentemente fangoso-limoso e da valori relativamente minori di ossigeno disciolto. Il gruppo 3, al contrario, raccoglie quei siti che sono localizzati in corrispondenza delle foci a mare ("basso estuario"), caratterizzati da acque oligoaline (5-15‰) e fondo prevalentemente sabbioso. Il gruppo 2 infine, è costitui-

to da pochi siti che rappresentano in un qualche modo una situazione intermedia rispetto a quelle descritte per i due gruppi precedenti. Si tratta infatti di ambienti in prossimità delle foci, ma posti più internamente rispetto a quelli del gruppo 3, caratterizzati da acque dolci o oligoaline (0-8‰) ("medio estuario").

Durante i due anni di indagine, più di 3.800.000 avannotti sono stati complessivamente catturati dall'unità campione di pesca di cui è stata monitorata l'attività. Le cat-

ture sono risultate così ripartite per specie (valori approssimati al migliaio di individui): 2.015.000 avannotti di *L. ramada* (L.S. 14-28 mm), 764.000 di *C. labrosus* (L.S. 12-27 mm), 590.000 di *L. aurata* (L.S. 18-44 mm), 364.000 di *D. labrax* (L.S. 11-29 mm) e 99.000 di *M. cephalus* (L.S. 16-42 mm). Il novellame di spigola è risultato più abbondante negli ambienti del Tirreno Centrale, quello dei Mugilidi del genere *Liza* nel Tirreno Centrale e Meridionale, mentre i giovani di *C. labrosus* sono stati catturati in quan-

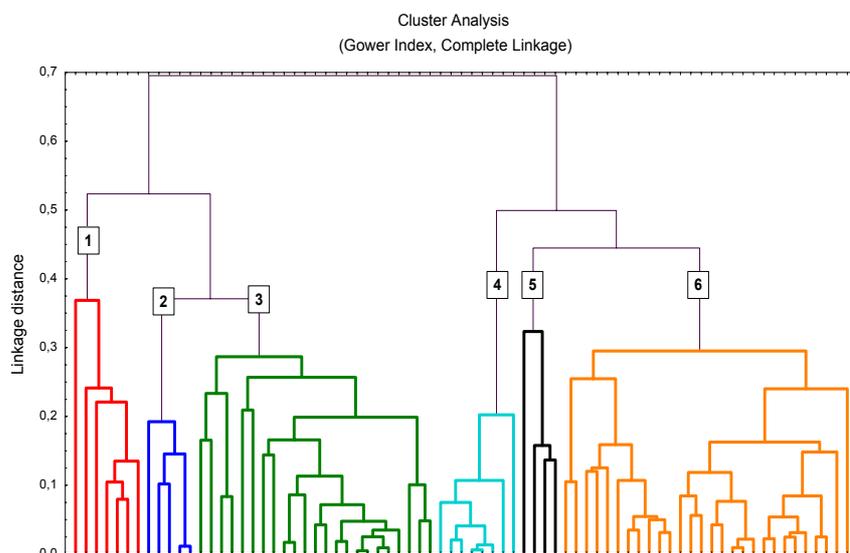


Fig. 1. Dendrogramma per il raggruppamento dei siti di campionamento sulla base delle variabili ambientali rilevate.

Tab. III. Valori medi e deviazione standard delle variabili ambientali rilevate nei gruppi identificati con l'analisi dei cluster. Nell'ultima riga è riassunta la tipologia ambientale che descrive il singolo gruppo.

	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4	Gruppo 5	Gruppo 6
Ossigeno disciolto (mg/L)	5,37±1,56	7,41±1,47	6,28±1,39	6,80±0,66	7,39±0,79	7,03±2,33
pH	7,98±0,31	7,48±0,78	8,12±0,19	7,98±0,66	8,22±0,10	8,04±0,44
Conducibilità (µS/cm ²)	3104±4107	4931±7812	7628±12941	54025±4274	43670±15214	38325±17198
Distanza dal mare (km)	1,1±0,47	0,34±0,19	0,15±0,12	0	0,05±0,10	0,02±0,06
Fondo soffice (%)	80±28,43	7,0±13,04	5,65±13,42	0	11,25±19,31	0,36±1,89
Sabbia (%)	15,0±25,65	92±12,55	91,09±13,73	0	7,5±9,57	94,46±10,30
Ghiaia (%)	3,571±6,27	0±0	1,96±5,38	0	56,25±44,98	2,14±9,47
Fondo duro (%)	1,43±3,78	1,0±2,24	1,30±3,44	100±0	25,0±46,73	3,04±5,15
Cop. veg. del fondo (%)	2,86±5,67	0,4±0,89	1,72±4,93	0	0	1,87±5,95
Tipo di habitat	Ambienti di Alto Estuario	Ambienti di Medio Estuario	Ambienti di Basso Estuario	Amb. marini confinati	Amb. marini-salmastri a fondo eterogeneo	Amb. marini-salmastri a fondo sabbioso

Tab. IV. Valori delle medie e di deviazione standard delle catture per gli ambienti identificati con l'analisi dei cluster e applicazione del test U di Mann-Whitney. Sono stati considerati solo i gruppi con numero di osservazioni >10.

Le medie in grassetto e con lettera diversa in apice sono significativamente diverse tra i gruppi.

(1) periodo Aprile-Giugno; (2) periodo Marzo-Aprile; (3) periodo Maggio-Giugno.

A=Assente; O=Occasionale

Specie e periodo	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4	Gruppo 5	Gruppo 6
<i>D. labrax</i> (1)	A (N=17)	O (N=65)	O (N=32)	420±1402 (N=44) ^a	1500±4243 (N=8)	6806±5718 (N=49) ^b
<i>L. aurata</i> (2)	A (N=12)	1250±4371 (N=36) ^a	1133±2630 (N=10)	6090±7363 (N=46) ^b	5370±6860 (N=9)	3670±5710 (N=56) ^b
<i>L. ramada</i> (2)	2000±4750 (N=12) ^a	23490±14260 (N=35) ^b	18000±10330 (N=10)	16191±15840 (N=43) ^c	7500±10750 (N=9)	4050±9050 (N=56) ^a
<i>C. labrosus</i> (3)	8170±2860 (N=6)	8935±5570 (N=38) ^a	7740±4142 ^c (N=28) ^a	5600±4215 (N=24) ^c	3670±4230 (N=4)	820±2200 (N=12) ^b
<i>M. cephalus</i> (2)	2920±2575 (N=12) ^a	1640±2910 (N=36) ^a	500±1580 (N=10)	O (N=43)	A (N=9)	A (N=56)

titativi maggiori lungo le coste ioni-
che. Per un'analisi dettagliata del-
la distribuzione per mare del novel-
lame di queste specie si rimanda a
FRANZOI *et al.* (2001).

Sulla base delle schede com-
pilate giornalmente, che riportava-
no oltre alle catture anche l'indica-
zione del sito di pesca e delle carat-
teristiche ambientali dello stesso, è
stato possibile organizzare i dati di
pesca nelle sei tipologie di habitat
individuate con la classificazione
ambientale dei siti. I dati di abbon-
danza, espressi come catture gior-
nalieri medie per tipo di habitat,
sono riportati nella tabella IV. Per
ciascuna specie, il confronto stati-
stico tra le abbondanze medie in
ognuna delle tipologie ambientali
identificate è stato limitato a quei
casi nei quali il numero di osserva-
zioni è risultato superiore a 10.

Gli avannotti di spigola sono
stati catturati principalmente in
acque marine e salmastre e, soltan-
to occasionalmente, all'interno del-
le foci di fiumi e canali. Le abbon-
danze sono risultate significativamen-
te maggiori nei tratti di costa a
fondale sabbioso, rispetto alle aree
marine più confinate come i porti
ed i porticcioli (Tab. IV).

L. aurata e *L. ramada* sono

state spesso catturate assieme, ma
L. ramada è risultata più abbon-
dante in ambienti oligoalini e d'ac-
qua dolce, mentre *L. aurata*, pur
rinvenendosi anche all'interno deg-
li estuari, sembra preferire acque
a maggiore salinità. Nel caso di
L. ramada, le abbondanze sono risul-
tate significativamente maggiori nel
tratto medio degli ambienti di estua-
rio; nel caso della specie congenerica,
i valori sono risultati maggiori
negli ambienti marini confinati ed
in quelli marini o salmastri a fon-
do sabbioso o misto (Tab. IV).

Il novellame di *C. labrosus* è
risultato concentrato soprattutto

negli ambienti di estuario e all'in-
terno di porti e porticcioli (Tab. IV).
Infine, gli avannotti di *M. cephalus*
sono stati rinvenuti con le maggio-
ri abbondanze negli ambienti co-
stieri di acqua dolce (Tab. IV).

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti con la pre-
sente indagine, seppure di tipo pre-
liminare, mettono in evidenza una
differente distribuzione del novel-
lame delle diverse specie in habitat
costieri a differente tipologia (Fig.
2). Gli avannotti di spigola sembra-
no essere legati soprattutto ad habi-
tat a prevalente influsso marino,

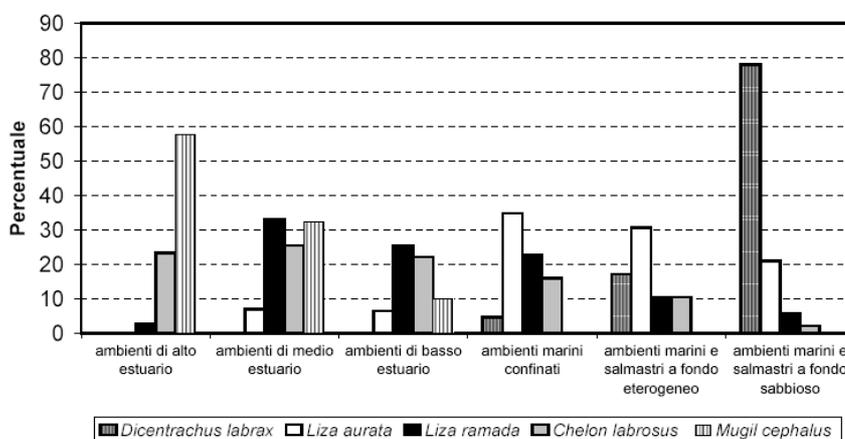


Fig. 2. Ripartizione percentuale del novellame ripartito tra gli habitat costieri a differente tipologia.

con acque più salate e fondali sabbioli. Nel caso del novellame di Mugilidi è evidenziabile un gradiente da specie abbondanti in habitat ancora sotto l'influsso marino e con fondo a granulometria più grossolana, a specie il cui novellame mostra preferenze crescenti per gli habitat di acque interne con fondali a granulometria più fine, secondo la sequenza: *L. aurata*, *L. ramada*, *C. labrosus*, *M. cephalus*.

C'è però da tenere presente che gli avannotti di *L. aurata* e *M. cephalus* si avvicinano agli ambienti costieri già durante i mesi autunnali, e questo spiega la presenza in primavera di individui di dimensioni mediamente maggiori rispetto alle altre specie considerate (ROSSI *et al.*, 1999). È possibile quindi che

gli individui di queste specie catturati durante la stagione di pesca primaverile abbiano svernato nelle acque interne vicine alla costa, nel caso di *M. cephalus*, e in ambienti marini o salmastri riparati nel caso di *L. aurata*. Le preferenze di habitat osservate possono quindi essere il risultato di un processo di progressiva acclimatazione degli avannotti. Nel caso delle altre specie, invece, il periodo di pesca coincide con il periodo di montata dal mare, e quindi il pattern di distribuzione osservato potrebbe essere influenzato, oltre che dalle preferenze ambientali degli avannotti, anche da fattori che determinano la fase di trasporto in mare di uova e larve.

Bisogna inoltre tenere presente che le differenze nei calendari di

arrivo sotto costa degli avannotti e le differenze geografiche della distribuzione della montata, possono aver influenzato la distribuzione degli avannotti in habitat a differente tipologia, rendendo meno significativo il confronto tra le diverse specie. Ad esempio, la minore penetrazione di *L. ramada* all'interno di fiumi e canali, rispetto a *C. labrosus*, potrebbe essere influenzata dalla temperatura dell'acqua. Al momento della montata della specie del genere *Liza*, infatti, le temperature delle acque interne sono ancora relativamente basse (12-17 °C), mentre si vanno rapidamente e progressivamente riscaldando (20-24 °C) al momento dell'arrivo sotto costa del novellame di *C. labrosus* (ROSSI *et al.*, 2000).

Bibliografia

- BRUNELLI G., 1916. Ricerche sul novellame dei muggini con osservazioni e considerazioni sulla muginicoltura. *Mem. R. Com. talassogr. Ital.*, **54**, 45 pp.
- CATAUDELLA S., FRANZOI P., MAZZOLA A., ROSSI R., 1999. Pesca del novellame da allevamento: valutazione di una attività e sue prospettive. In: *La pesca del novellame, Laguna (suppl.)* **6/99**: 129-135.
- FERRARI I., CHIEREGATO A.R., 1981. Feeding habits of juveniles stages of *Sparus auratus* L., *Dicentrarchus labrax* L. and Mugilidae in a brackish embayment of the Po River Delta. *Aquaculture*, **25**: 243-257.
- FRANZOI P., TRISOLINI R., ROSSI R., 1996. Montata e pesca del novellame di mugilidi lungo le coste italiane. *Biol. Mar. Medit.*, **3** (1): 408-410.
- FRANZOI P., TRISOLINI R., ROSSI R., 1999. La pesca del novellame di pesce bianco da semina in Italia. In: *La pesca del novellame, Laguna (suppl.)* **6/99**: 38-58.
- FRANZOI P., PRANOVI F., TORRICELLI P., MAIO G., TRISOLINI R., ROSSI R., 2001. Osservazioni sulla montata del novellame di spigola (*Dicentrarchus labrax*) e Mugilidi lungo le coste italiane: analisi del periodo 1988-2000. *Quaderni ETP*, **30**: 103-110.
- GANDOLFI G., ROSSI R., TONGIORGI P., 1981. Montata del pesce novello lungo le coste italiane. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, **3** (suppl. 1): 215-232
- GOWER J.C., 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, **27**: 857-871.
- ROSSI R., 1981. Osservazioni sulla montata del pesce novello da semina nell'area meridionale del Delta del Po. Atti del Convegno del Progetto Finalizzato CNR, *P.F. Risorse Biologiche e inquinamento marino*, Roma: 529-538.
- ROSSI R., 1986. Occurrence, abundance and growth of fish fry in Scardovari Bay, a nursery ground of the Po River Delta (Italy). *Archo Oceanogr. Limnol.*, **20**:259-279.
- ROSSI R., 1988. Ricerche sulla rimonta lungo le coste italiane del pesce novello destinabile all'allevamento. *Il Pesce*, **1**: 29-33.
- ROSSI R., FRANZOI P., 1999. La tecnica di pesca del pesce novello da semina. In: *La pesca del novellame, Laguna (suppl.)* **6/99**: 31-37.
- ROSSI R., FRANZOI P., CATAUDELLA S., 1999. Pesca del pesce novello per la vallicoltura: una esperienza nord-adriatica per la salvaguardia delle zone umide. In: *La pesca del novellame, Laguna (suppl.)* **6/99**: 6-20.
- ROSSI R., CATAUDELLA S., FRANZOI P., MAIO G., TRISOLINI R., PELLIZZATO M., TUROLLO E., 2000. *Monitoraggio delle quantità di avannotti di pesce bianco e di ceche (anguilla) che vengono annualmente catturate lungo le coste italiane dalla pesca di mestiere per essere destinate alla semina nelle valli da pesca. Valutazione degli stocks naturali di pesce novello destinabile all'allevamento.* Relazione per Ministero per le politiche agricole e forestali, Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura, IV Piano Triennale della pesca e dell'acquacoltura in acque marine e salmastre.
- STATSOFT ITALIA, 1997. *STATISTICA per Windows*. Vigonza (Padova).
- TORRICELLI P., TONGIORGI P., ALMANSI P., 1981. Migration of grey mullet fry into the Arno River: seasonal appearance, daily activity and feeding rhythms. *Fisheries Research*, **1**: 219-234.

Aspetti della biologia di *Barbus caninus* (Bonaparte, 1839) (Osteichthyes, Cyprinidae) nel torrente Agno (bacino del Fratta-Gorzone, Vicenza)

Stefano Salviati¹, Enrico Marconato¹, Giuseppe Maio¹, Andrea Timillero², Elisabetta Pizzul^{2*}

¹ Aquaprogram s.r.l., Via Borella 53, 36100 Vicenza.

² Dip. Biologia, Università di Trieste, Via Weiss 2 - 34100 Trieste

* Referente per la corrispondenza: fax 040 5582011; pizzul@univ.trieste.it

Riassunto

Tramite monitoraggio, in quattro diversi periodi dell'anno, di otto stazioni poste lungo il tratto del torrente Agno compreso tra i paesi di Recoaro e Valdagno, è stato possibile analizzare alcuni aspetti della biologia di *Barbus caninus*, specie tipica del distretto padano-veneto, attualmente in forte decremento. Nel tratto di torrente analizzato, biomassa e densità di popolazione non sono risultate costanti, denunciando una predilezione della specie per le zone con fondali costituiti da ciottoli e ad elevato idrodinamismo. La popolazione è risultata costituita da esemplari di età compresa tra 0 e 5 anni; nelle singole classi di età il rapporto sessi è risultato notevolmente diverso, con una netta predominanza di femmine nelle ultime classi.

PAROLE CHIAVE: *Barbus caninus* / struttura di popolazione / riproduzione / Nord-Est Italia

Aspects on biology of *Barbus caninus* (Bonaparte, 1839) (Osteichthyes, Cyprinidae) in Agno stream (Fratta-Gorzone basin, Vicenza, Italy)

The present study shows some aspects on biology of *Barbus caninus*, a typical species of padano-veneto region district, actually in deep decrease. The analyses were performed during the monitoring on eight sample stations located on Agno stream between the towns Recoaro and Valdagno, in four different seasons of the year. In different reaches of the stream analysed, differences in the population biomass and density were observed. The species was abundant in the zones with bottom composed of pebbles and high hydrodynamic characteristics. The population was composed of individuals of the age between 0 and 5 years. Inside the single age class, remarkable differences in sex ratio were observed, with net predominance of females in the higher classes.

KEY WORDS: *Barbus caninus* / population structure / reproduction / North-Eastern Italy

INTRODUZIONE

Il barbo canino, *Barbus caninus*, è un Ciprinide dalle abitudini bentoniche che colonizza preferibilmente i piccoli corsi d'acqua del tratto pedemontano o collinare tra i 100 ed i 300 m di quota. In gran parte dell'areale di distribuzione, la specie è tipica nel distretto padano-veneto, le popolazioni sono tuttavia in forte contrazione; le cause vengono attribuite alla pesante riduzione delle portate dei corsi d'ac-

qua, all'inquinamento ed alle modificazioni antropiche degli alvei fluviali (GANDOLFI *et al.*, 1991).

Piuttosto numerose sono le ricerche volte al chiarimento della confusa posizione tassonomica della specie (KARAMAN, 1971; MACHORDOM *et al.*, 1990; PHILIPPART e BERREBI, 1990; BERREBI *et al.*, 1993). In base a studi morfologici, condotti da BIANCO (1995), le popolazioni italiane, precedentemente ascritte alla

specie *Barbus meridionalis* Risso (1826), sono state classificate come appartenenti alla specie *Barbus caninus* (Bonaparte, 1839). Una notevole distanza genetica tra queste due specie è risultata anche da analisi elettroforetiche condotte da TSI-GENOPOULOS *et al.* (1999). Molto scarse sono invece le informazioni riguardanti la biologia, in particolare per quanto attiene al territorio italiano. Tra questi alcuni studi ri-

guardano l'alimentazione (RONCO *et al.*, 1987; CARRUBA, 2000), altri la riproduzione e l'accrescimento, ma prevalentemente nei territori dell'ex-Yugoslavia (SORIC' e JANKOVIC', 1989; SORIC', 1990; SUMER e POV•, 1998).

Il presente lavoro è volto quindi ad approfondire alcuni aspetti riguardanti la biologia di questa specie, in una delle poche zone italiane in cui è ancora presente.

MATERIALI E METODI

Nel tratto di torrente compreso tra i paesi di Recoaro e Valdagno (Fig. 1) sono state fissate 8 stazioni, in cui precedentemente era stata segnalata la presenza della specie (SALVIATI *et al.*, 1997). I campionamenti nelle singole stazioni sono stati condotti nel luglio e novembre '98, nel febbraio e giugno '99.

Per la cattura del materiale ittico è stato utilizzato un elettro-storditore a corrente continua pulsata a voltaggio modulabile (0,3-7,0 A; 150-380 V). Allo scopo di stimare la numerosità della specie nelle singole stazioni è stato applicato il *removal-method*, e quindi in ogni stazione sono stati condotti due passaggi ripetuti con elettro-storditore all'interno di un tratto della lunghezza di 150 m, chiuso a monte e a valle da reti ad imbocco.

Tutti gli esemplari catturati (1080 in totale) sono stati identificati tassonomicamente, misurati (lunghezza totale e lunghezza alla furca) e pesati. Sui barbi canini, inoltre, sono state prelevate alcune scaglie per la determinazione dell'età in laboratorio e, quando possibile, è stato determinato sul campo il sesso. Per ogni classe d'età, un numero di esemplari (78 complessivamente), proporzionato alle dimensioni della popolazione al momento del campionamento, è stato prelevato e congelato per le successive

analisi in laboratorio. Su questi, oltre alle analisi sopra esposte, è stato calcolato per entrambi i sessi il rapporto gonado-somatico:

$$GSI = \frac{\text{Peso}_{\text{gonadi}}}{\text{Peso}_{\text{somatico}} - \text{Peso}_{\text{gonadi}}}$$

RISULTATI E DISCUSSIONE

La comunità ittica nei siti di campionamento è risultata composta, oltre che dal barbo canino, da *Phoxinus phoxinus* e *Padogobius*

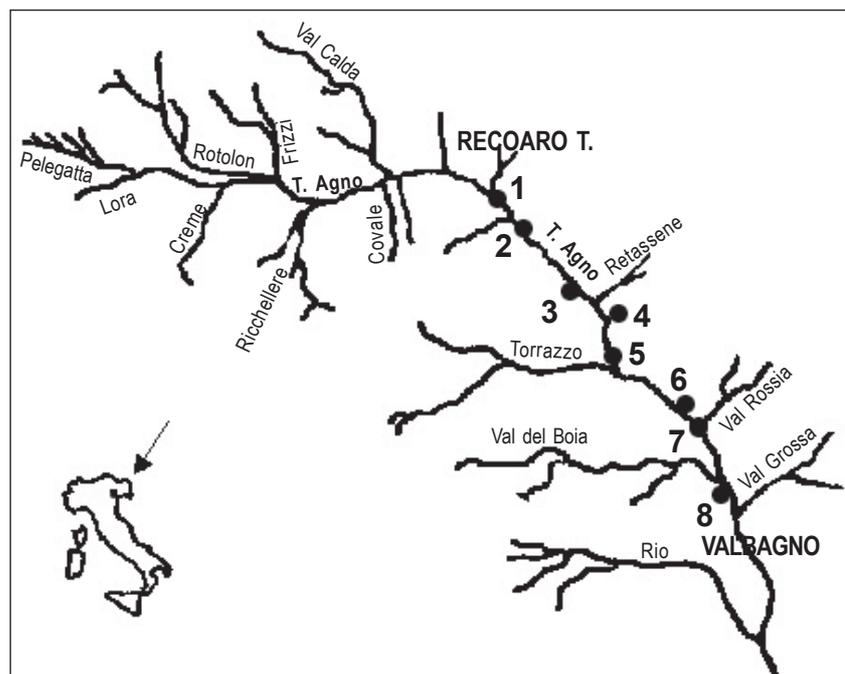


Fig.1. Torrente Agno con indicate le stazioni di campionamento

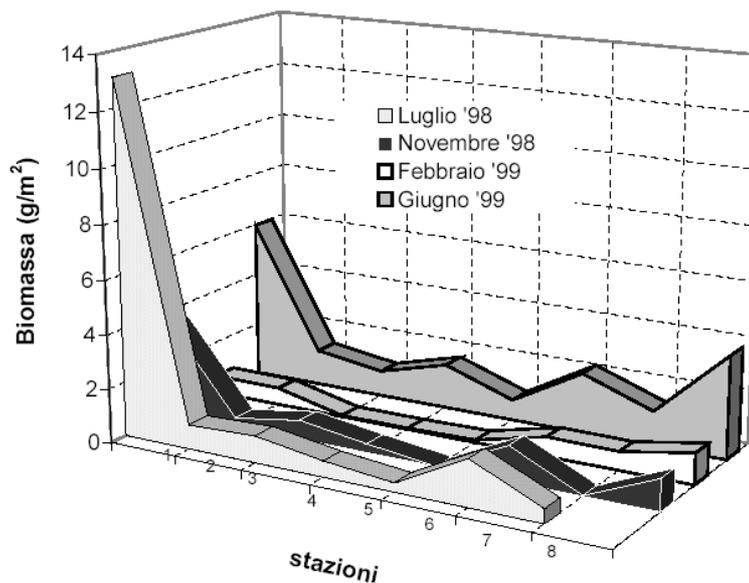


Fig. 2. Andamento della biomassa nel tratto analizzato nei diversi periodi dell'anno

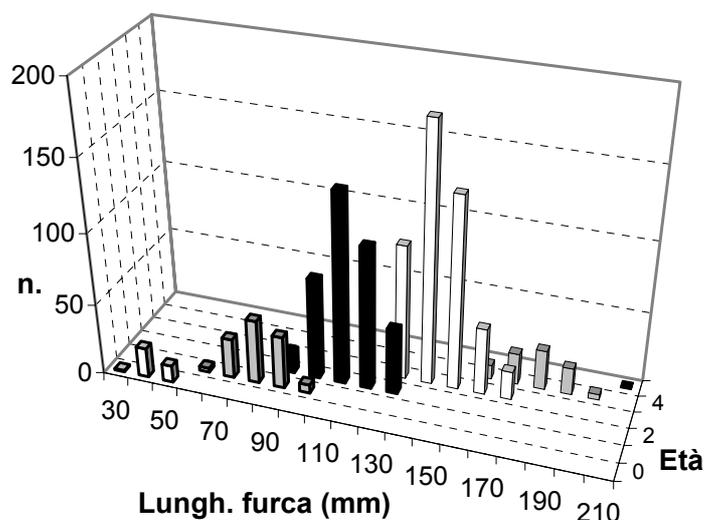


Fig. 3. Distribuzione delle lunghezze alla furca nelle diverse classi d'età

martensii, nonché da specie immesse a scopi aleutici quali: *Salmo [trutta] trutta* ed *Oncorhynchus mykiss*.

Per il barbo canino i valori più elevati di biomassa sono stati registrati nelle stazioni poste rispettivamente agli estremi del tratto analizzato, ovvero la stazione 1 e le stazioni 6, 7, 8 (Fig. 2), mentre valori medio-bassi sono stati osservati nelle stazioni intermedie; ciò probabilmente è da mettere in relazione con i recenti lavori di sistemazione idraulica condotti nella parte centrale dell'area.

Durante l'arco dell'anno i valori di biomassa e densità sono risultati più bassi nei mesi invernali (0,51 g/m² e 0,04 ind/m³ in febbraio); la specie, infatti, in questo periodo si rifugia nelle zone più profonde dove più difficile è la cat-

tura.

Dai valori di densità lungo il tratto investigato è stata osservata una netta predilezione per le zone con fondali costituiti da ciottoli ed a elevato idrodinamismo (0,034 ind/m² e 0,005 ind/m² rispettivamente in presenza di ciottoli e di ghiaia), mentre nessun esemplare è stato catturato in zone a fondale sabbioso e corrente moderata; ciò in accordo con quanto riportato da (GANDOLFI *et al.*, 1991).

La popolazione è risultata complessivamente composta da esemplari di età compresa tra 0 e 5 anni (Fig. 3).

Nelle singole classi di età il rapporto sessi è risultato notevolmente diverso, con una netta dominanza delle femmine nelle ultime classi (3-4-5 anni), come rilevato

anche da CARRUBA (2000). Complessivamente queste ultime costituivano il 58% del totale.

Gli esemplari catturati presentavano lunghezze totali comprese tra 43,9 e 204 mm. I valori medi delle lunghezze totali nelle singole classi di età sono di seguito riportati accanto a quelli rilevati per la specie da altri Autori. Non è possibile effettuare un confronto su base statistica poiché i dati rinvenuti in letteratura mancano dei parametri necessari; tuttavia si può osservare che, per tutte le classi d'età, i valori riscontrati sono leggermente inferiori alle medie riportate dagli altri Autori (Tab. I).

L'indice gonadosomatico (GSI) ha presentato nei due sessi un andamento analogo, con valori minimi in periodo invernale (in novembre 0,017 per i maschi e 0,053 per le femmine) massimi in periodo estivo (in luglio 0,057 per i maschi e 0,26 per le femmine), collocando in giugno-luglio il periodo riproduttivo.

I dati fin qui ottenuti richiedono ulteriori approfondimenti che, tuttavia, avrebbero richiesto il sacrificio di un numero troppo elevato di esemplari rispetto alla numerosità della popolazione residente. È intenzione degli autori proseguire le ricerche, auspicando che in questo torrente, già pesantemente soggetto a modificazioni di natura antropica, possa ulteriormente diffondersi e svilupparsi questa specie.

Tab. I. Lunghezze totali medie (mm) nelle singole classi di età.

Età	GANDOLFI <i>et al.</i> , 1991 1991	SUMER e POVZ, 1998 torr. Sora	SUMER e POVZ, 1998 torr. Gracnica	CARRUBA, 2000 torr. Groina	Nostri dati
0	40-50	80	59,5	68,3	43,9
1	80-100	110,3	87,5	88,87	62,4
2	130-150	155,6	120,2	110,88	103,1
3	-	181,3	154,1	138,53	125,1
4	-	195,7	169,4	165	147,6
5	-	212,6	175,9	-	184,4

Bibliografia

- BERREBI P., CATTANEO-BERREBI G., LE-BRUN N., 1993. Natural hybridization of two species of tetraploid barbels: *Barbus meridionalis* and *Barbus barbus* (Osteichthyes, Cyprinidae) in southern France. *Biol. J. Linn. Soc.*, **48** (4): 319-333.
- BIANCO G., 1995. A revision of the Italian *Barbus* species. *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, **6** (4): 305-324.
- CARRUBA F., 2000. *Osservazioni sulla biologia di Barbus meridionalis, Risso (1826) (Osteichthyes, Cyprinidae) nel torrente Groina (bacino del fiume Isonzo)*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Trieste, 37 pp.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Min. dell'Ambiente e Unione Zoologica Italiana. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma: 11-12, 115-120, 196-206.
- KARAMAN M.S., 1971. Süßwasserfische der Turkey. 8. Teil. Revision der Barben Europas, Vorderasiens und Nordafrikas. *Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst.*, **67**: 175-254.
- MACHORDOM A., BERREBI P., DOADRIO I., 1990. Spanish barbel hybridization detected using enzymatic markers: *Barbus meridionalis* Risso x *Barbus haasi* Mertens (Osteichthyes, Cyprinidae). *Aquat. Living Resour. Ressour. Vivantes Aquat.*, **3** (4): 295-303.
- PHILIPPAT J.C., BERREBI P., 1990. Experimental hybridization of *Barbus barbus* and *Barbus meridionalis*: Physiological, morphological, and genetic aspects. *Aquat. Living Resour. Ressour. Vivantes Aquat.*, **3** (4): 325-332.
- RONCO S., CURRADO I., GIANNATELLI R., 1987. Note sull'alimentazione di *Barbus barbus plebejus* Val. e di *Barbus meridionalis* Risso in Piemonte (Pisces, Cyprinidae). In: Atti II° Conv. Naz. Ass. Ital. Ittiologi Acque Dolci "Biologia e gestione dell'ittiofauna autoctona", Regione Piemonte Assessorato Pesca, Provincia di Torino Assessorato Pesca: 281-285.
- SALVIATI S., MARCONATO E., MAIO G., PERINI V., 1997. *La carta ittica della provincia di Vicenza*. Amministrazione Provinciale di Vicenza-Assessorato alla Pesca, 378 pp.
- SORIC' V., 1990. Struktura populacije i reproduktivni potencijal *Barbus meridionalis* peteniy (Cyprinidae, Pisces) u reci Gruzij. *Ekologija*, **26** (2): 43-52.
- SORIC' V., JANKOVIC' D., 1989. Characteristics of growth and sexual maturity of *Barbus meridionalis*. *Acta Biol. Jugosl. E. Ichthyol.*, **21** (1): 27-37.
- SUMER S., POV• M., 1998. Age and growth of *Barbus meridionalis* (Cyprinidae) from two rivers in Slovenia. *Ital. J. Zool.*, **65** suppl.: 237-239.
- TSICENOPoulos C.S., KARAKOUSIS Y., BERREBI P., 1999. The North Mediterranean *Barbus* lineage: phylogenetic hypotheses and taxonomic implications based on allozyme data. *J. Fish Biol.*, **54**: 267-286.

Caratterizzazione morfologica ed ecologica del salmerino alpino (*Salvelinus alpinus* L. 1758) del Lago Santo Parmense

Milena Maldini^{1*}, Francesco Nonnis Marzano¹, Armando Piccinini²,
Giampaolo Rossetti³, Federica Arduini⁴, Ugo Pedesini⁵, Gilberto Gandolfi¹

¹ Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze 11/a, 43100 Parma

² AcquaEco, via Augera 5, Cadelbosco Sopra (RE)

³ Dipartimento di Scienze Ambientali, Università degli Studi di Parma

⁴ Parco dei Cento Laghi, P.zza Ferrari 5, 43013 Langhirano (PR)

⁵ S.p.s. Cannisti Val Parma, 43021 Corniglio (PR)

* Referente per la corrispondenza: fax 0521 905657; milena.maldini@tin.it

Riassunto

Nel Lago Santo Parmense (Appennino Settentrionale) è presente una popolazione di salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*) frutto di immissioni compiute nel 1949. Dato l'importante valore faunistico e biogeografico di questa specie, è stata eseguita una caratterizzazione ecologica e genetica del popolamento, che risulta affetto da nanismo. Oltre alla determinazione di alcuni caratteri morfo-meristici per l'identificazione tassonomica degli esemplari, si è proceduto all'analisi dei contenuti gastrici e del grado di sviluppo delle gonadi. Il conteggio dei caratteri meristici (scaglie lungo la linea laterale, branchiospine, vertebre e raggi delle pinne) ha portato ad una prima differenziazione di questi esemplari dai ceppi nordeuropei. Dalle analisi morfometriche sono emerse alcune asimmetrie nello sviluppo degli organi pari che, associate ai bassi valori del fattore di condizione K, confermano una valutazione critica dello stato trofico degli individui esaminati. I contenuti gastrici hanno evidenziato che la popolazione di salmerino presenta una dieta strettamente bentofaga (prevalentemente costituita da larve di Chironomidi e Anfipodi), probabilmente insufficiente per le esigenze nutrizionali della popolazione. Il salmerino in questo lago rimane, infatti, confinato nella zona ipolimnica, mentre le risorse trofiche della zona litorale e degli strati più superficiali del comparto pelagico sono sfruttati dalla trota fario, specie competitivamente favorita rispetto al salmerino. I risultati di questa ricerca hanno consentito la pianificazione di interventi gestionali tesi al mantenimento e al rafforzamento del contingente di salmerini e al contemporaneo contenimento della popolazione di trote.

PAROLE CHIAVE: *Salvelinus alpinus* / nanismo / bentofagia / fattore K

Morphological and ecological characterization of the Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L. 1758) of the Lago Santo Parmense

A population of the Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) was stocked in the Lago Santo Parmense (Northern Italy) in 1949. Due to the conservation and biogeographic value of this species, ecological and genetic studies were performed to characterize this population which appeared to be affected by severe dwarfism. For the taxonomic identification, morphological and meristic characters (number of shreds along the lateral line, gill spines, vertebrae and fin rays) were analysed, and gut contents and gonad development were also examined. The high rate of asymmetry in paired structures and the low values of the K-factor indicated a critical nutritional situation in the analysed specimens. The Arctic charr resulted to have a very restricted diet (mainly *Chironomus* larvae and Amphipods) that probably is insufficient to sustain the food requirements of this species. In this lake the Arctic charr is confined to the unproductive hypolimnic waters, and suffers from competition from the Brown trout (*Salmo trutta trutta*) which occupies the littoral zone and the upper layers of the pelagic compartment. The results of this research aim at defining management options for the conservation and the restocking of the Arctic charr population and the concomitant control of the Brown trout flock.

KEY WORDS: *Salvelinus alpinus* / dwarfism / "charr problem" / K-factor

INTRODUZIONE

Il Lago Santo Parmense (1507 m s.l.m., profondità massima 22,5 m), è un lago oligo-mesotrofico situato all'interno del Parco Regionale dei Cento Laghi (Appennino Settentrionale). Presenta normalmente una copertura ghiacciata da novembre a maggio e due periodi di piena circolazione delle acque, in primavera e autunno (MORONI, 1962). In questo bacino è insediata una popolazione di salmerino alpino che deriva dall'immissione di 1000 esemplari, di provenienza sconosciuta, effettuata da una società di pesca sportiva nel 1949. Per oltre 50 anni non sono stati fatti altri ripopolamenti di questa specie.

La popolazione è affetta da una pronunciata forma di nanismo (Fig. 1). Questo fenomeno è frequentemente riscontrabile anche in altri bacini situati su entrambi i versanti dell'arco alpino. Queste forme stanziali lacustri si differenziano nettamente, da un punto di vista morfologico ed ecologico, da quelle anadrome dell'Europa settentrionale (GANDOLFI *et al.*, 1991): queste ultime raggiungono notevoli dimensioni corporee, in quanto trascorrono la fase trofica in mare per poi ritornare nei fiumi o nei laghi in cui sono nate durante il periodo riproduttivo. La specie è considerata quindi altamente polimorfica e politipica, presentando forme con abitudini trofiche, biolo-

giche e riproduttive nettamente diversificate. Marcate differenze possono essere riscontrate anche all'interno di una stessa popolazione lacustre (NORDENG, 1961).

Nei laghi il salmerino alpino occupa generalmente il livello più elevato della rete trofica e le popolazioni tendono a suddividersi in più classi di taglia, isolate riproduttivamente tra loro, per diminuire la competizione intraspecifica e per un più efficace sfruttamento delle risorse alimentari del bacino (HINDAR e JONSSON, 1982). Si identificano quindi forme di più piccola taglia (bentofaghe e planctofaghe), altre di dimensioni intermedie (entomofaghe) e quelle più grandi (ittiofaghe) che talvolta presentano attitudini al cannibalismo. Gli stadi giovanili hanno caratteristiche morfologiche uniformi; la successiva diversificazione in classi dimensionali si realizza in base al numero di nicchie trofiche disponibili e alla densità del popolamento (PARKER e JOHNSON, 1991; PARKER *et al.*, 2001a). La tendenza a suddividersi in classi di taglia diverse, definita "charr problem", è interpretata come un inizio di speciazione entro una stessa popolazione o come una soluzione per far fronte a fattori ambientali sfavorevoli, come ad esempio il basso trofismo di alcuni laghi (NORDENG, 1983). In laghi in cui si ha la presenza di altre specie ittiche che competono con il salmerino, non si manifesta la differenziazione sopra descritta e si osservano, di solito, fenomeni di nanismo, con individui di taglie omogenee ed estremamente ridotte (10-20 cm).

Sono numerosi i segnali di un recente declino del salmerino e, in alcuni casi, anche fenomeni di estinzione locale. Il suo areale di distribuzione, soprattutto nelle regioni dell'Europa centro-meridionale, appare in forte contrazione e le popolazioni sono estremamente

frammentate (BETTI, 2003). Questa specie, rigidamente frigidostenoterma, necessita dunque di particolari forme di tutela e salvaguardia, soprattutto negli ambienti d'alta quota in cui le popolazioni sono riuscite ad acclimatarsi e ad autosostenersi. Il Lago Santo Parmense costituisce uno di questi casi; ulteriore elemento di interesse deriva anche dal fatto che la popolazione di questo lago è probabilmente la più meridionale in Europa. È stata dunque avviata una ricerca per mettere a punto strategie gestionali finalizzate alla conservazione e al rafforzamento della popolazione di salmerino e, contemporaneamente, al controllo delle biomasse di trota fario (*Salmo trutta trutta*) che è la specie competitivamente favorita nello sfruttamento delle risorse alimentari del lago.

MATERIALI E METODI

Nel 2000 e 2001, tra aprile e novembre, nel Lago Santo Parmense sono stati catturati con tecniche di pesca a fondo 25 esemplari di salmerino alpino e 18 di trota fario. La maggior parte delle catture è stata effettuata in primavera e autunno. Sugli individui sono state effettuate misurazioni morfometriche e meristiche, l'analisi dei contenuti gastrici, il controllo dello stato di sviluppo delle gonadi e la stima dell'età dall'analisi degli opercoli. Le determinazioni meristiche sui salmerini sono state effettuate per confermare lo stato tassonomico degli esemplari ed hanno riguardato il conteggio delle vertebre, delle scaglie lungo la linea laterale e delle branchiospine associate al numero dei raggi delle pinne pettorali, pelviche e dorsale. Sono state effettuate ulteriori misurazioni sullo sviluppo degli organi pari quali le pinne pettorali (Lpp) e pelviche (Lpv), le orbite oculari (Dor calcolata nel diametro orizzontale e ver-



Fig. 1. Esemplare di salmerino alpino del Lago Santo Parmense affetto da nanismo.

ticale) e la dimensione del muso (Lcp). La presenza di asimmetrie significative per questi parametri è stata saggiata mediante regressioni lineari, utilizzando il pacchetto statistico SPSS versione 10.0.

Le dimensioni dei salmerini e delle trote fario sono state determinate come lunghezza standard (Ls, in mm, calcolata dall'apice del muso all'inserimento della coda) e peso (W, in g). In base a tali parametri è stato calcolato il fattore di condizione K:

$$K = W \cdot 10^5 / Ls^3$$

Su individui di salmerino provenienti da diversi settori dell'arco alpino (1 dal Lago d'Iseo, 3 dall'incubatoio sito presso il Lago di Cavazzo in provincia di Udine, 7 dal Lago Sankt-Wolfgang presso Salisburgo, Austria e 22 provenienti dall'incubatoio di Morgex in provincia di Aosta) sono state effettuate le stesse analisi morfologiche descritte sopra e sono stati considerati caratteri fenotipici (come la livrea e la conformazione del capo) a scopo comparativo.

Sugli esemplari di salmerino alpino e trota fario del Lago Santo Parmense è stata eseguita anche l'analisi dei contenuti gastrici, per valutare le preferenze trofiche delle due specie. Ad ogni individuo è stato assegnato un indice indicativo di ripenezza gastrica, che varia da 1 (contenuto nullo o molto scarso) a 4 (contenuto molto abbondante). Per gli esemplari di salmerino alpino, inoltre, sono stati valutati i differenti stadi di sviluppo delle gonadi in diverse fasi stagionali, mediante asportazione degli ovari e conteggio degli oociti.

È stato condotto un esperimento in vivo su 3 esemplari adulti (2 maschi e una femmina) di salmerino provenienti dal Lago Sankt-Wolfgang, mantenuti in cella termostata a temperatura di 7-9 °C all'interno di una vasca del volu-

me di circa 300 L. Gli individui sono stati alimentati giornalmente con cibo naturale (larve di Insetti e Lombrichi) per valutarne l'accrescimento e il comportamento in cattività.

RISULTATI

I dati ottenuti dal conteggio dei caratteri meristici dei salmerini provenienti da diverse aree geografiche (Tab. I) e i valori del fattore di condizione K per i salmerini e le trote (Tab. II) sono riportati come intervallo di variazione.

Dalle misure morfometriche relative agli organi pari, solo le asimmetrie rilevate sullo sviluppo delle orbite oculari (rilevate sui due diametri verticale e orizzontale) dei salmerini alpini del Lago Santo Parmense sono risultate significative. In questi esemplari erano inoltre particolarmente evidenti anche i caratteri fenotipici legati al nanismo. In particolare, la grandezza

del capo era sproporzionata se paragonata alle dimensioni corporee, mentre appariva ridotta in relazione alle grandi orbite oculari.

L'analisi delle gonadi ha permesso di determinare che le femmine di salmerino del Lago Santo Parmense presentavano ovari in fase di maturazione già nel mese di maggio, ma con oociti estremamente eterogenei (con diametri compresi tra 1-2 mm) che, nell'insieme, non superavano i 600 elementi. Con l'avanzare della stagione è risultata evidente una progressiva diminuzione del numero delle uova (intorno a 500 oociti) e uno sviluppo asimmetrico dei due ovari. Le femmine pescate in luglio mostravano inoltre gonadi in regressione, con numerosi oociti in riassorbimento. In novembre l'unica femmina catturata aveva ancora gonadi in maturazione, ma con uova più numerose (circa 750) ed omogenee con diametri ≥ 3 mm. Negli esemplari

Tab. I. Intervallo di variazione dei caratteri meristici rilevati sugli esemplari di Salmerino alpino confrontati con i dati riportati in letteratura (GANDOLFI *et al.*, 1991).

Esemplari	S.L.L.	B.A.B.	R.P.P.	R.P.V.	R.P.D.
S (25)	118-140	23-29	11-14	8-10	10-12
M (22)	123-145	20-28	10-13	6-11	10-12
I (1)	127	23	12-13	8-9	11
C (3)	134-139	12-23	12-14	8-9	11-12
SW (7)	124-129	22-25	12-14	8-9	10-12
Gandolfi et al., 1991	190-240	18-30	12-13	8-11	12-16

S: Lago Santo Parmense; M: Morgex; I: Lago d'Iseo; C: Lago di Cavazzo; SW: Sankt-Wolfgang. Tra parentesi è riportato il numero di individui esaminati. S.L.L.: numero di scaglie lungo la linea laterale; B.A.B.: numero di branchiospine del primo arco branchiale; R.P.P.: numero di raggi delle pinne pettorali; R.P.V.: numero di raggi delle pinne ventrali (pelviche); R.P.D.: numero di raggi della pinna dorsale.

Tab. II. Intervallo di variazione del fattore di condizione K dei Salmerini alpini nei diversi laghi (S: Lago Santo Parmense; M: Morgex; I: Lago d'Iseo; C: Lago di Cavazzo; SW: Sankt-Wolfgang) e delle Trote fario del Lago Santo Parmense (T). Tra parentesi è riportato il numero di individui esaminati.

Esemplari	S (25)	M (22)	I (1)	C (3)	SW (7)	T (18)
fattore K	0,69-1,22	1,27-1,84	1,53	1,53-1,59	1,12-1,47	1,18-1,81

della Valle d'Aosta le femmine presentavano ovari ben sviluppati, con oociti più numerosi (circa 900 per ovario) e di dimensioni maggiori (diametro compreso tra 4 e 5 mm).

Nei contenuti gastrici del salmerino del Lago Santo Parmense sono state trovate prevalentemente larve e pupe di Chironomidi ed esemplari dell'Anfipode *Gammarus lacustris*. Occasionalmente sono stati osservati frammenti di Ditteri e di detrito di fondo; sporadica era la presenza di microcrostacei, tra cui il Cladocero *Daphnia longispina* e il Copepode Calanoide *Eudiaptomus intermedius* che sono le forme dominanti dello zooplancton di questo lago (LANDI, 2002). Nel periodo immediatamente successivo al disgelo di maggio sono stati calcolati i valori più alti (compresi tra 2 e 3) degli indici di ripenezza gastrica; con l'avanzare della stagione, nei contenuti stomacali sono progressivamente diminuite sia la varietà delle prede che la quantità di cibo. La dieta della trota è risultata invece costituita soprattutto da insetti adulti (Carabidi, Imenotteri e Ditteri) e, con minore frequenza, comparivano anche resti di Anfipodi, larve di Chironomidi, Cladoceri e Copepodi Ciclopoidi. I valori dell'indice di ripenezza gastrica sono rimasti piuttosto elevati durante tutta la durata della ricerca, se si eccettua la sensibile diminuzione nel mese di agosto, quando prevale una dieta a base di zooplancton.

I tre esemplari di salmerino mantenuti in acquario, che presentavano le stesse dimensioni iniziali di circa 10 cm di lunghezza, hanno mostrato diversi livelli di sviluppo corporeo dopo 18 mesi: uno si è accresciuto fino a una taglia di 30 cm, mentre gli altri hanno raggiunto dimensioni nettamente inferiori (Fig. 2). In particolare, l'esemplare più grande è risultato anche il maschio dominante, in grado di inibi-

re l'aggressività dei conspecifici e di ottenere così un accesso più frequente alle risorse alimentari.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Nel Lago Santo Parmense si hanno condizioni di buona ossigenazione e temperature inferiori a 10 °C lungo l'intera colonna nella fase stagionale che segue lo scioglimento della coltre ghiacciata (LANDI, 2002). In questo periodo è stata catturata circa la metà di tutti gli esemplari esaminati, probabilmente perché la popolazione aveva una discreta mobilità. L'aumento delle temperature nella fase di avanzata stratificazione estiva fa sì che solo nella zona ipolimnica vi siano valori ottimali per il salmerino, anche se il prolungato confinamento delle acque profonde genera condizioni di ipossia. La mancata cattura di individui in questo periodo sembra indicare una scarsa attività della popolazione. In autunno, con la fase di piena circolazione, si ha una rapida ricarica di ossigeno disciolto su tutta la colonna e il ripristino di condizioni favorevoli a questa specie.

La prevalente distribuzione ipolimnica della popolazione di sal-

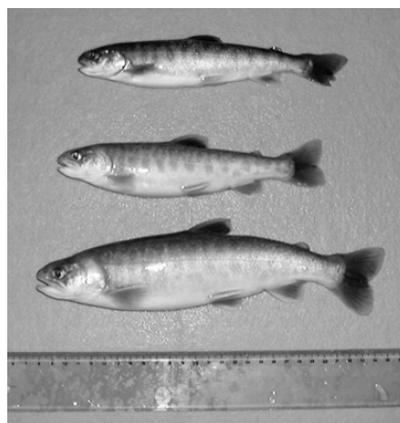


Fig. 2. Confronto tra le taglie dei tre esemplari di salmerino alpino allevati in cattività.

merini nel Lago Santo Parmense è confermata anche dalle abitudini alimentari, con una dieta prevalentemente bentofaga; la disponibilità di cibo può essere considerata sufficiente solo all'inizio della fase di acque aperte, mentre in estate il deficit trofico appare evidente dai bassi valori degli indici di ripenezza gastrica. La trota fario, specie che tollera un intervallo di temperatura più ampio, dispone invece di un habitat più vasto ed ha accesso a risorse trofiche più diversificate. La competizione alimentare tra le due specie non sembra prevalentemente caratterizzata da una sovrapposizione di nicchia trofica, ma piuttosto dalla diversa capacità di persistere nello stesso habitat (BETTI, 2000). Le manifestazioni di nanismo riscontrate nel salmerino del Lago Santo Parmense sono quindi verosimilmente attribuibili sia alle caratteristiche fisiografiche e al basso livello di produttività del bacino, sia alla competizione trofica con la trota fario. A ciò va associata inoltre una bassa variabilità genetica derivante da una prolungata depressione da inincrocio (LAVEZZI, 2002). La situazione di sofferenza della popolazione è confermata anche dalle asimmetrie osservate nello sviluppo degli organi pari (in particolare delle orbite oculari) e da una scarsa consistenza osteoarticolare. I caratteri meristici analizzati mostrano inoltre un minor numero di elementi rispetto a quelli dei ceppi nordeuropei, come risulta da dati di letteratura (GANDOLFI *et al.*, 1991).

Fra i maschi di salmerino catturati nel lago sono stati ritrovati numerosi segni di lotta che segnalano un forte territorialismo da parte degli individui dominanti. Tale fenomeno è stato riscontrato anche tra gli esemplari allevati in cattività (WANDSVIK e JOBLING, 1982). In questa specie, infatti, la dominan-

za di alcuni esemplari inibisce l'aggressività di quelli subordinati, favorendo soprattutto la crescita dei soggetti dominanti. Si può supporre che, con una presenza più contenuta della trota fario e nel volgere di qualche anno, la popolazione di salmerino potrebbe accrescersi e suddividersi in classi di taglia non sovrapposte, come è stato osservato in diversi laghi posti a latitudini più elevate (RICET *et al.*, 1986).

I risultati di questa ricerca costituiscono una base di partenza per definire criteri gestionali improntati alla conservazione del salmerino e, nel contempo, anche interventi sull'intero comparto ittico per garantire condizioni di qualità elevata delle acque lacustri su un orizzonte temporale di lungo termine.

In linea di principio è lecito chiedersi quale sia l'utilità di mantenere popolamenti ittici in laghi, come il Santo Parmense, in cui non erano presenti pesci in condizioni naturali. Si ricorda, infatti, che in numerosi distretti lacustri di altri paesi, soprattutto all'interno di aree protette di zone montane, sono già stati avviati progetti che prevedono l'eliminazione della fauna ittica non autoctona per contrastare il degrado della qualità delle acque e ripristinare i livelli di biodiversità che caratterizzavano i periodi pre-ripopolamento (McNAUGHT *et al.*, 1999; DRAKE e NAIMAN, 2000;

DONALD *et al.*, 2001; PARKER *et al.*, 2001b). Nel caso specifico, la presenza nel Lago Santo Parmense della popolazione di salmerino che, nonostante le ricordate difficoltà, è riuscita a mantenersi per oltre 50 anni, costituisce un indubbio elemento di pregio naturalistico, che merita pertanto di essere tutelato. Nella proposta di opzioni gestionali bisogna anche tenere in debito conto l'importanza turistica di questo bacino, che costituisce una delle mete dell'Appennino Settentrionale più frequentate da escursionisti e pescatori, e considerare le istanze di tutte le categorie di fruitori per giungere alla definizione di interventi quanto più condivisi.

Le evidenze raccolte nel corso della ricerca suggeriscono che le possibilità di insediamento di una popolazione ben strutturata di salmerino sono legate all'esclusione della trota. Questo obiettivo potrà essere raggiunto applicando uno specifico regolamento di pesca per il Lago Santo Parmense, che tenda a favorire le catture di trota e ponendo vincoli al prelievo di salmerini, almeno nella fase di stabilizzazione del popolamento. Contemporaneamente dovranno essere cessate le immissioni di trote.

Studi preliminari di caratterizzazione genetica del salmerino del Lago Santo sono stati avviati per selezionare i ceppi più adatti per nuove introduzioni (LAVEZZI,

2002). Pertanto un primo contingente di esemplari (1000 avannotti 0+ e 70 riproduttori 2+) tipizzati geneticamente è stato immesso nel 2002. Rimane il problema della quantificazione numerica del contingente di salmerino attualmente presente nel lago (costituito dai discendenti della prima immissione e dagli individui di recente introduzione), anche in considerazione della sua particolare distribuzione spaziale. Si tratta però di un dato fondamentale che deve essere acquisito per programmare possibili ulteriori immissioni, basate sull'effettiva capacità portante del lago.

Dovrà essere valutata con molta cautela, per le possibili ricadute sulla qualità complessiva delle acque lacustri, anche l'eventuale introduzione di specie foraggio come la sanguinerola (*Phoxinus phoxinus*) o il cobite barbatello (*Orthrias barbatula*) per favorire lo sviluppo del salmerino. Questi diversi aspetti sono attualmente in fase di studio, parallelamente al completamento delle analisi genetiche per l'identificazione del ceppo più idoneo da utilizzare in pratiche ittogeniche.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Parco Regionale dei Cento Laghi per la collaborazione fornita nel corso della ricerca.

Bibliografia

BETTI L., 2000. *Trentino un mondo di acque e di pesci*. Provincia Autonoma di Trento, Servizio Faunistico. Trento, 64 pp.

BETTI L. (a cura di), 2003. *Atti del convegno "Salmonidi alpini. Gestione delle popolazioni autoctone e qualità dei ripopolamenti"*, Rovereto (TN), 19 ottobre 2002. Provincia Autonoma

di Trento, 127 pp.

DONALD D.B., VINEBROOKE R.D., ANDERSON R.S., SYRGIANNIS J., GRAHAM M.D., 2001. Recovery of zooplankton assemblages in mountain lakes from the effects of introduced sport fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58:1822-1830.

DRAKE D.C., NAIMAN R.J., 2000. An evalu-

ation of restoration efforts in fishless lakes stocked with exotic trout. *Conservation Biology*, 14:1807-1820.

GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Unione Zoologica Italiana, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Roma.

HINDAR K., JONSSON B., 1982. Habitat and

- food segregation of dwarf and normal Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from Vangsvatnet Lake, Western Norway. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**: 1030-1045.
- LANDI S., 2002. *Ricerche limnologiche al Lago Santo Parmense: tendenze evolutive negli ultimi cinquant'anni*. Tesi di Laurea in Sc. Naturali, Dip. di Sc. Ambientali, Univ. di Parma.
- LAVEZZI E., 2002. *Caratterizzazione genetica del Salmerino alpino (Salvelinus alpinus L. 1758) del Lago Santo Parmense: aspetti tassonomici e conservazionistici*. Tesi di Laurea in Sc. Naturali, Dip. di Biologia Evolutiva e Funzionale, Univ. di Parma.
- McNAUGHT, S.A., SCHINDLER D.W., PARKER B.R., PAUL A.J., ANDERSON R.S., DONALD D.B., AGBETI M., 1999. Restoration of the food web of an alpine lake following fish stocking. *Limnology and Oceanography*, **44**: 127-136.
- MORONI A., 1962. *Il Lago Santo Parmense*. STB, Parma, 71 pp.
- NORDENG H., 1961. On the biology of charr (*Salmo alpinus* L.) in Salangen, north Norway. 1. Age and spawning frequency determined from scales and otoliths. *Nytt Magazine for Zoology*, **10**: 67-123.
- NORDENG H., 1983. Solution to the "Charr Problem" based on Arctic charr in Norway. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40**: 1372-1387.
- PARKER H. H., JOHNSON L., 1991. Population structure, ecological segregation and reproduction in non-anadromous Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, in four unexploited lakes in the Canadian high Arctic. *Journal of Fish Biology*, **38**: 123-147.
- PARKER H.H., NOONBURG E.G., NISBET R.M., 2001a. Models of alternative life-history strategies, population structure and potential speciation in salmonid fish stocks. *Journal of Animal Ecology*, **70**: 260-272.
- PARKER B.R., SCHINDLER D.W., DONALD D.B., ANDERSON R.S., 2001b. The effects of stocking and removal of a nonnative salmonid on the plankton of an alpine lake. *Ecosystems*, **4**: 334-345.
- RIGET F. F., NYGAARD K. H., CHRISTENSEN B., 1986. Population structure, ecological segregation and reproduction in a population of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from lake Taseruaq, Greenland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **43**: 985-992.
- WANDSVIK A., JOBLING M., 1982. Observations on growth rates of Arctic charr, (*Salvelinus alpinus*), reared at low temperature. *J. Fish Biol.*, **20**: 689-699.

Osservazioni preliminari sull'introduzione del persico trota (*Micropterus salmoides*, Lacépède 1802) nel lago di Bracciano (Lazio)

Andrea Marinelli, Massimiliano Scalici, Giancarlo Gibertini*

Dipartimento di Biologia Università «Roma Tre». V.le Marconi 446, 00146 – Roma.

* Referente per la corrispondenza: fax: 06 55176321; gibertini@bio.uniroma3.it

Riassunto

Il persico trota è un centrarchide originario del Nord America, introdotto nel Nord Europa alla fine del 1800 e segnalato in Italia, per la prima volta, alla fine del XIX secolo. Nel lago di Bracciano (a nord di Roma) la sua presenza è stata segnalata 5 anni fa. Per valutare lo *status* della popolazione di persico trota nel Lago di Bracciano, è stato intrapreso uno studio sull'ecologia di questa specie, usando un campione di 100 esemplari. Questi sono stati sottoposti al rilevamento della lunghezza e del peso e sono stati divisi in classi di età e per sesso. In seguito sono state prelevate e pesate le gonadi, successivamente utilizzate per analisi istologiche. L'assenza, dal campione pescato, di esemplari di età maggiore di 2 anni, può essere ricondotta ad un diverso comportamento degli adulti rispetto alle forme più giovani. È probabile che gli adulti trascorrono la maggior parte dell'anno in acque profonde, spostandosi più verso riva nel periodo riproduttivo. La relativa abbondanza di giovani, potrebbe indicare un buono stato di salute della popolazione di *M. salmoides*, apparentemente ben acclimatata. Ulteriori e più accurati studi sul persico trota possono sicuramente contribuire alle pratiche di gestione della biodiversità lacustre nel Lago di Bracciano per una conservazione sostenibile dell'ittiofauna.

PAROLE CHIAVE: *Micropterus salmoides* / persico trota / caratterizzazione stagionale

Preliminary notes on the introduction of black bass (*Micropterus salmoides*, Lacépède 1802) in Lake Bracciano (Latium)

The Black bass is a native Centrarchidae of North America, introduced in North Europe at the end of 1800 and reported for the first time in Italy at the beginning of 20th century. It has been recorded in Lake Bracciano (north of Rome) 5 years ago. To evaluate the *status* of the population of black bass in Lake Bracciano, a study on the ecology of this species was carried on, using 100 individuals. The specimens were aged and sexed and every individual was measured and weighed. Then gonads were taken, weighed and utilized for histological analysis. The absence of individuals older than 2 years could mean adults to have a different behaviour. Maybe they could stay in deep water for a very long period and go near the bank during the breeding period. The relative abundance of young individuals could mean a good status of the population of *M. salmoides*, that seems well acclimatized. Further and accurate studies on the black bass can contribute for managing the biodiversity of Lake Bracciano for a sustainable conservation of the ichthyofauna.

KEY WORDS: *Micropterus salmoides* / black bass / seasonal characterization

INTRODUZIONE

Il persico trota, (*Micropterus salmoides*, Lacépède, 1802), è un centrarchide originario del Nord America; il suo areale primario, infatti, si estende dal Canada meridionale al Messico (LADIGES e VOCT, 1979). Introdotto in Europa alla

fine del 1800, è stato segnalato nel Nord Italia all'inizio del XIX secolo (TORTONESE, 1975). Nel 1998, la Provincia di Roma Settore Caccia e Pesca (MOCCIA, comunicazione personale), ne ha segnalato per la prima volta la presenza nel Lago di

Bracciano, probabilmente dovuta ad immissioni non autorizzate. Le sue immissioni in passato sono avvenute probabilmente in virtù dell'ottima qualità delle sue carni e per tale motivo tuttora riveste un discreto interesse per la pesca sporti-

va (ALESSIO, 1983).

È una specie carnivora, attiva sia di giorno che di notte, dalle abitudini prevalentemente gregarie. Abitudini solitarie invece vengono acquisite di solito dagli individui più vecchi e, in generale, nel corso del periodo riproduttivo (HELFMAN, 1981; ALESSIO, 1983). Predilige acque calde a corso lento o stagnanti e, soprattutto, ricche di vegetazione. Il persico trota è un predatore le cui popolazioni non sono mai particolarmente numerose; ciò nonostante potrebbe interferire negativamente con altre specie del nuovo ecosistema nel quale è stato introdotto. In proposito è stato intrapreso uno studio sull'autoecologia del persico trota, al fine di valutare lo *status* di questa popolazione. In particolare l'obiettivo è fornire informazioni preliminari sulle abitudini di *M. salmoides* che permettano in futuro di pianificare idonei programmi di monitoraggio e gestione dell'ittiofauna del Lago di Bracciano.

MATERIALI E METODI

Area di studio

Il Lago di Bracciano (Fig. 1), di origine vulcanica e tendenzialmente oligotrofico, è situato a 30 Km a nord di Roma, nel complesso dei Monti Sabatini, a 164 m s.l.m. Sono diverse le specie ittiche di interesse economico e gestionale presenti nel lago: *Esox lucius*, *Perca fluviatilis*, *Tinca tinca*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Rutilus rubilio*, *Cyprinus carpio*, *Carassius carassius*, *Mugil cephalus*, *Lepomis gibbosus*, *Anguilla anguilla*, *Atherina boyeri* e *Coregonus lavaretus*. La vegetazione acquatica è essenzialmente costituita da Characeae, ma piuttosto abbondanti sono anche macrofite sommerse e a foglie flottanti, come *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum* e *Ceratophyllum demersum*.

Per il reperimento degli esemplari di persico trota ci si è avvalsi dell'aiuto dei pescatori professionisti operanti presso Anguillara Sabazia.

Raccolta ed elaborazione dati

I campionamenti sono stati effettuati in una porzione di lago compresa fra i due paesi di Anguillara e Trevignano, durante le azioni di pesca per le quali i materiali usati sono stati principalmente scia-biche e bertovelli. Durante ogni campionamento sono stati prelevati 12-19 individui. Di ognuno, è

stata rilevata la lunghezza totale e il peso corporeo. Inoltre sono state prelevate le gonadi per seguirne il ciclo di maturazione, il periodo riproduttivo e per l'identificazione del sesso, dato che questa specie non presenta dimorfismo sessuale (GANDOLFI *et al.*, 1991). Queste sono state inizialmente pesate per estrapolare il valore dell'I.G.S. (Indice Gonado-Somatico), calcolato secondo la seguente formula:

$$I.G.S. = (Pg/Pt) \times 100$$

dove Pg indica il peso delle gonadi appena prelevate e Pt indica il peso

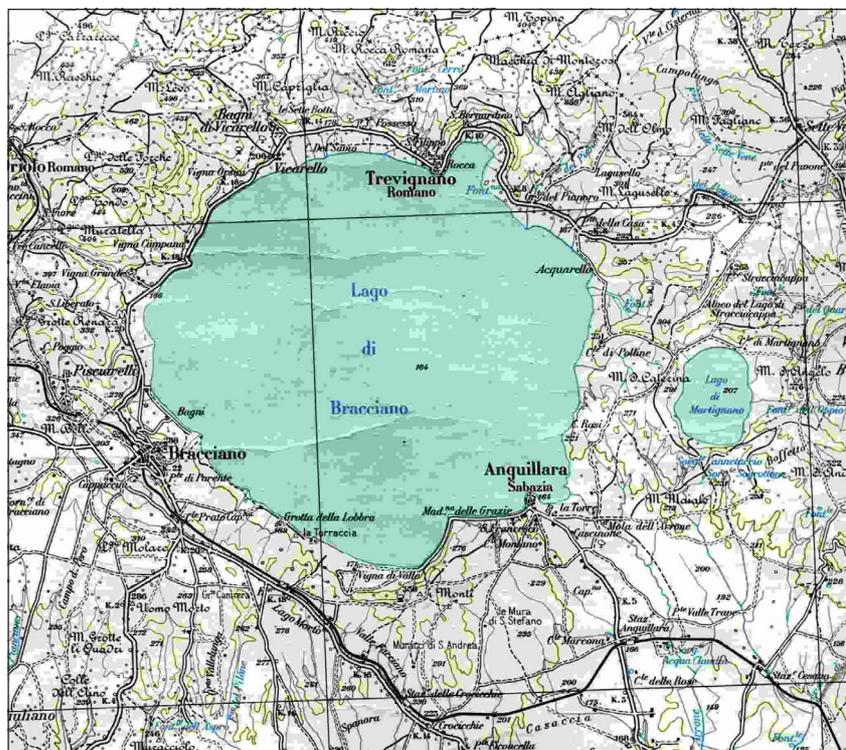


Fig. 1. Area di studio: lago di Bracciano.

Tab. I. Valori relativi alle analisi biometriche effettuate per ogni classe di età: M, valore medio; D.St., deviazione standard; Max, valore massimo; Min, valore minimo.

Età	Lunghezza totale (cm)				Peso (g)			
	M	D.St.	Max	Min	M	D.St.	Max	Min
0+	18,3	1,08	19,9	16,2	88,1	13,99	111,9	63,3
1+	26,5	4,48	31,8	17,7	310,7	136,44	527,4	81,3
2+	25,7	3,74	31,1	18,3	277,1	116,02	459,7	97,2

totale del pesce. Successivamente le gonadi sono state sottoposte ad analisi istologica classica, mediante fissazione in liquido di Bouin, inclusione in paraffina, taglio al microtomo (con il quale sono state ottenute sezioni dello spessore di 7µm) e colorazione con emallume ed eosina. Lo stomaco di ogni pesce è stato prelevato e inizialmente conservato in alcool a 70° per la successiva analisi dei suoi contenuti. Sono state prelevate infine le scaglie, asportate dal lato sinistro e dalla porzione mediana della regione dorsale, per riconoscere l'età di ogni persico trota catturato.

RISULTATI

Durante il periodo di ricerca sono stati prelevati 100 esemplari di persico trota: 61 di sesso maschile e 39 di sesso femminile. La *sex ratio*, quindi, pari a 1,6:1, è a favore dei maschi. Attraverso la lettura delle scaglie, è stato possibile attribuire tutti gli esemplari alla classe di età di appartenenza. In particolare sono state osservate 3 classi di età: 0+, 1+ e 2+. Della prima classe di età, il 77% è risultato di sesso maschile ed il restante 23% di sesso femminile; la classe 1+ ha mostrato il 58% di sesso maschile e il 42% di sesso femminile; la classe di età 2+, infine, è composta dal 61% di maschi e dal 39% di femmine. Nella tabella I sono riportati i valori relativi alle osservazioni morfometriche effettuate per ogni classe di età. L'esame istologico ha mostrato esclusivamente gonadi in stadio pre-maturo, sia femminili che maschili (Fig. 2-5). Tali analisi hanno mostrato un corrispondente sviluppo e maturazione gonadica in entrambi i sessi, anche se i tessuti ovarici sembrano mostrare una maggiore attività, dato il progressivo aumento dei valori dell'I.G.S. (Tab. II, Fig. 6).

Per quanto concerne l'alimen-

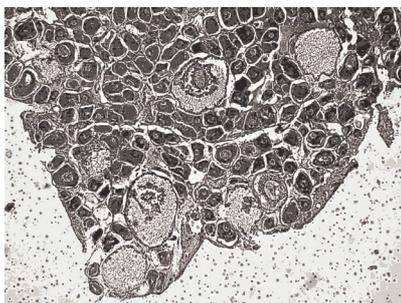


Fig. 2. Gonade femminile, stadio previtellogenico.

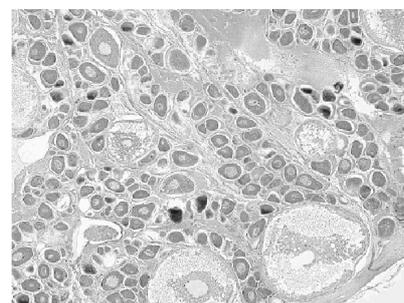


Fig. 3. Gonade femminile stadio perinucleolare.

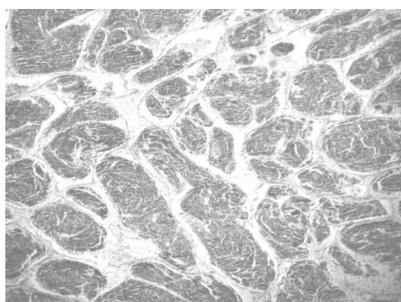


Fig. 4. Gonade maschile stadio precoce.

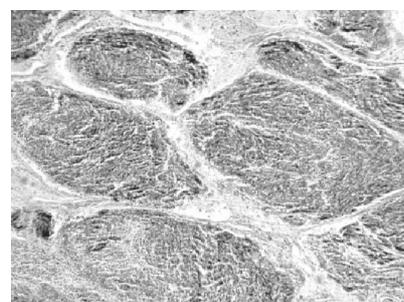


Fig. 5. Particolare della figura 4.

Tab. II. Valori di I.G.S. per classe di età.

Indice Gonado-Somatico maschi				
Età	Media	Dev. Standard	Max	Min
0+	0,08	0,05	0,12	0,00
1+	0,38	0,19	0,79	0,08
2+	0,50	0,26	0,90	0,10
Indice Gonado-Somatico femmine				
Età	Media	Dev. Standard	Max	Min
0+	0,33	0,02	0,36	0,31
1+	2,00	1,20	3,89	0,09
2+	1,11	1,04	2,72	0,26

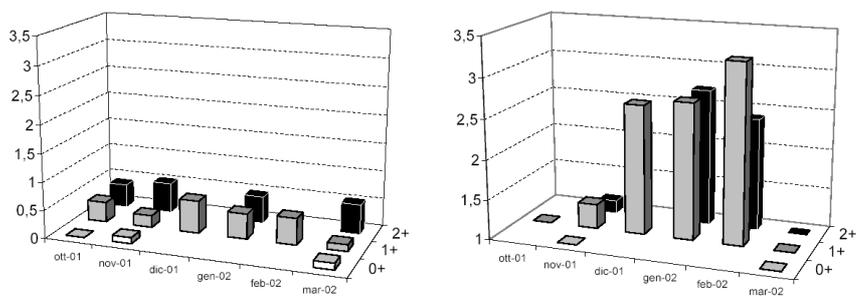


Fig. 6. Valori dell'I.G.S. a sinistra per i maschi, a destra per le femmine.

tazione di questa specie, i primi dati relativi all'analisi dei contenuti stomacali, permettono di evidenziare che nei mesi autunnali ed invernali la dieta è costituita principalmente da pesci (*Atherina boyeri* e *Perca fluviatilis*) e crostacei (genere *Palaemonetes*). Per le analisi quantitative relative all'aspetto trofico sono stati presi in considerazione solo gli stomaci ripieni (43% degli stomaci totali), indipendentemente dalla quantità del contenuto gastrico (Fig. 7).

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'assenza, dal campione pescato, di esemplari di età maggiore di 2 anni, può essere ricondotta ad un diverso comportamento degli adulti rispetto alle forme più giovani. È probabile infatti che gli adulti trascorrono la maggior parte dell'anno in acque profonde (HEL-

MAN, 1981; ALESSIO, 1983), evitando così le reti dei pescatori che raggiungono al massimo i 40 metri di profondità, spostandosi più verso riva nel periodo riproduttivo. È forse questo il motivo per cui l'analisi istologica non ha mostrato individui con gonadi mature. La relativa abbondanza di giovani, potrebbe indicare invece uno stato buono di salute della popolazione di *Micropterus salmoides* nel Lago di Bracciano, nel quale sembra ben acclimata.

In seguito ai risultati ottenuti dall'analisi dei contenuti stomacali, si è ravvisata la possibilità di una sovrapposizione di nicchia trofica con il persico reale, *Perca fluviatilis* (ALBINI, 1988); negli ultimi anni, infatti, i pescatori professionisti delle aziende di pesca del lago lamentano una riduzione di persico reale nel pescato (aziende di

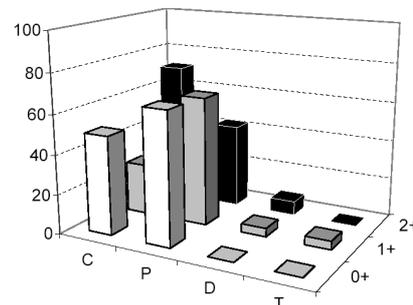


Fig. 7. Frequenze delle prede nei contenuti stomacali. C, crostacei; P, pesci; D, ditteri; T, tilopodi.

pesca, comunicazione personale). Alla luce di questi risultati, si ritiene che un'analisi più accurata degli effetti che *Micropterus salmoides* provoca a livello biocenotico nella comunità ittica del Lago di Bracciano possa contribuire alle pratiche di gestione della biodiversità lacustre per una conservazione sostenibile dell'ittiofauna.

Bibliografia

ALBINI C., 1988. Indagine biologica sulla riproduzione e sull'alimentazione del pesce persico, *Perca fluviatilis* (L.), nel bacino del fiume Po. *Tesi di laurea in Scienze Biologiche, Facoltà di S.M.F.N., Università di Parma*, 78 pp.
 ALESSIO G., 1983. Le black-bass, *Micropterus salmoides* (Lacép.) dans les

eaux italiennes. Un antagoniste du brochet? *Bull. Fr. Piscic.*, **292**: 1-17.
 GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto poligrafico e zecca dello stato, 418 pp.
 HELFMAN G. S., 1981. Twilight activities and temporal structure in a

freshwater community. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **38**: 1405-1420.
 LADIGES W., VOGT D., 1979. *Die Süßwasserfische Europas*. Parey, Hamburg, 2 ed., 231 pp.
 TORTONESE E., 1975. *Osteichthyes, parte II. Fauna d'Italia*, Calderini, Bologna, XI: XVIII+636 pp.

Biologia Ambientale, 18 (1): 255-258.

Atti 9° Convegno Nazionale A.I.I.A.D., Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002. A.I.I.A.D., Università degli Studi di Parma

Distribuzione della fauna ittica e georeferenziazione: nuovi metodi di elaborazione dei dati. L'esempio della carta ittica di Firenze

Annamaria Nocita^{1*}, Gabriele Pini²

¹ Museo di Storia Naturale, Sezione di Zoologia "La Specola" - Università di Firenze, Via Romana, 17 - 50125 Firenze

² Geologo, consulente informatico: Via P. Villari, 35 Firenze; gpini@tin.it.

* Referente per la corrispondenza: fax +39 55 225325; nocita@unifi.it

Riassunto

Le relazioni tecniche e le Carte Ittiche provinciali, che hanno come fine lo sviluppo di linee guida per la gestione della fauna ittica, molto spesso rimangono poco o affatto utilizzate dai reali fruitori delle stesse, ossia gli Uffici Pesca locali, a causa della forma specialistica in cui vengono proposte. La gestione dei dati attraverso un Sistema Informativo Geografico (GIS), contenente gran parte delle informazioni raccolte sul campo integrate con dati territoriali ed associate ad elementi grafici, risulta invece più rapida e semplice. Si propone quindi lo sviluppo di uno schema che permetta di utilizzare le nuove tecnologie disponibili da parte degli operatori di questo settore e da parte degli ittiologi che vogliono seguire l'andamento di espansione o di contrazione dell'areale di una specie.

PAROLE CHIAVE: GIS / Fauna d'acqua dolce / Carta ittica / Provincia di Firenze

Freshwater fish distribution and georefering: new methods of data processing. The province of Florence fish map

Technical reports and local fish maps, whose aim is the development of new guidelines for the management of freshwater fauna, are often little used or not used at all by Provincial Fish Offices, because of the specialised way in which they are presented. A faster and simpler solution is the management of data with a GIS (Geographical Information System), thereby providing most of the information collected on field as well as environmental data linked to graphic elements. The purpose of this work is to offer a new technological model to fish management operators and ichthyologists who need to study the growth or reduction of a species area.

KEY WORDS: GIS / Freshwater fauna / Fish map / Florence Province

LA CARTA ITTICA DI FIRENZE

Nel corso dell'esecuzione della ricerca sono stati raccolti sul campo, recuperati dalla bibliografia o acquisiti da enti preposti al monitoraggio ambientale, elementi riguardanti l'habitat della fauna ittica: i parametri fisico-geografici del reticolo idrografico (es. pendenza, sviluppo longitudinale, tipologia dell'alveo), i parametri fisici, chimici e biologici delle acque (es. temperatura, ossigeno disciolto, IBE) e i dati climatici (es. dati plu-

viometrici) e infine sono stati analizzati i popolamenti ittici da un punto di vista qualitativo e quantitativo.

Questo insieme di dati ambientali è stato integrato con informazioni riguardanti la legislazione vigente, i regolamenti interni alle singole province e dati pregressi riguardanti i ripopolamenti effettuati anteriormente alla ricerca; inoltre sono state analizzate le relazioni dirette e indirette tra l'ambiente della pesca sportiva e la fauna itti-

ca. Al termine sono state espresse le possibili linee guida che l'Ufficio Pesca competente può seguire per la gestione sostenibile e la protezione del patrimonio faunistico autoctono ed è stato suggerito come coordinare i rapporti che esistono tra queste risorse e le necessità culturali, sociali e commerciali che il mondo della pesca esprime.

Al termine dei lavori, la ricerca è stata sintetizzata in una relazione consegnata all'amministrazione committente in forma carta-

cea. Questa è irrinunciabile ed ha il pregio di esporre in maniera esauritiva la sintesi dell'insieme delle operazioni effettuate e le opinioni che l'autore esprime in base ad impressioni, interviste e semplici osservazioni non quantificabili in modo diretto.

In generale, le relazioni che scaturiscono da questo tipo di ricerche sono espresse in una forma specialistica che risulta di difficile interpretazione, nonché dispersiva per un uso tecnico-amministrativo dei dati. Lavori di questo tipo vengono spesso sfruttati anche per la pubblicazione di una versione rielaborata per un pubblico più vasto, con intenti divulgativi (NOCITA, 2002).

Queste considerazioni hanno determinato la necessità dello sviluppo di un progetto informatico che permettesse l'organizzazione dei dati raccolti per un loro utilizzo immediato e semplice. Inoltre la versione digitale offre il vantaggio di poter essere continuamente ag-

giornata e integrata e di porsi come un'opera in continua evoluzione, contrariamente alla versione cartacea che ha la prerogativa di riportare il complesso di informazioni contenute ad una data precisa.

IL PROGETTO INFORMATICO

L'obiettivo del presente studio è lo sviluppo di un progetto informatico che renda fruibile e disponibile la maggior parte dei contenuti della documentazione a chi opera nel settore ed ha necessità di analizzare i dati per proprio conto, di farlo in tempi brevi, secondo percorsi non previsti dalla semplice

lettura di una relazione.

Il progetto è stato realizzato con i programmi ArcView 3.2, Office 2000 e AutoCAD r.14 in ambiente Windows 2000. I dati ed il materiale cartografico sono di proprietà della Provincia di Firenze, gentilmente concessi. I metadati, per quanto possibile sono stati compilati riferendosi alle norme ISO/TC 211 (International Organization for Standardization)

Un primo esempio di applicazione delle metodologie GIS ad una Carta Ittica lo si ritrova in LEONE *et al.* (1996) nel quale la base cartografica in formato numerico è stata

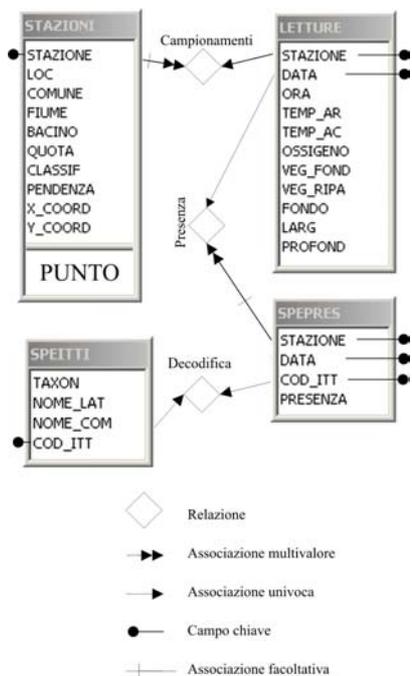


Fig. 1. Schema del progetto informatico.

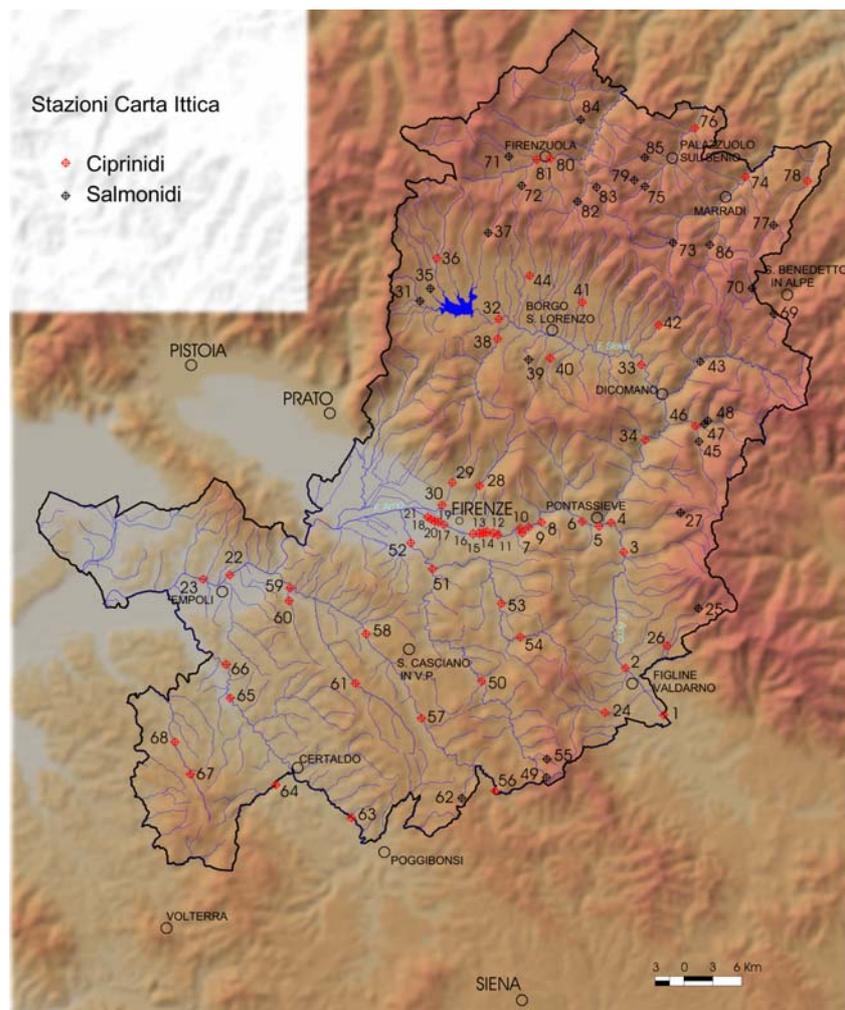


Fig. 2. Carta delle stazioni di campionamento della provincia di Firenze.

utilizzata per organizzare i dati di tipo fisico, chimico e biologico rilevati nei corsi d'acqua analizzati.

Lo schema di organizzazione del progetto (Fig. 1), che ha permesso di collegare in modo razionale i dati a disposizione, ha alla base l'elemento puntuale georeferenziato "STAZIONI", ossia i dati provenienti dalla digitalizzazione a video sulla base cartografica tecnica regionale raster in scala 1:10.000 delle 86 stazioni di campionamento della fauna ittica (Fig. 2) effettuata negli anni dal 1998 al 2001 per la preparazione della Carta Ittica del-

la provincia di Firenze. Ogni punto corrisponde ad una stazione e rappresenta un tratto di corso d'acqua campionato la cui lunghezza varia da 100 a 300 metri, integrato da una serie di informazioni fisico-geografiche svincolate dal fattore tempo.

A questo supporto fondamentale, collegate tramite il codice numerico della stazione, si associano le informazioni raccolte sul campo in occasione dei campionamenti. Queste ultime sono state collocate temporalmente e riguardano sia i principali parametri ambientali sia

la fauna ittica. Il dato è ripartito in due tabelle: "LETTURE", contenente i dati ambientali e temporali; "SPEPRES", in cui si esprime l'indice di abbondanza relativa ad ogni specie ittica presente in una data stazione al momento del campionamento. Tale indice è stato codificato per classi, e standardizzato a 100 metri: 1 = scarso, da 1 a 5 esemplari; 2 = cospicuo, da 6 a 20 esemplari; 3 = abbondante, oltre 20 esemplari.

Per una corretta valutazione del popolamento ittico da parte dell'utente, è stata inserita una tabella di decodifica "SPEITTI" collegata alle letture delle stazioni di campionamento contenente i nomi scientifici delle specie ittiche (BIANCO, 1995; ESHMEYER, 1998; GANDOLFI *et al.*, 1991; KOTTELAT, 1997), raccolti in gruppi sistematici, e i nomi comuni. Questa scelta è stata dettata dall'esigenza di evitare quanto più possibile una ridondanza di dati.

Il collegamento fra le tabelle si esplica attraverso un codice alfanumerico. Tutti gli elementi dello schema (STAZIONI; LETTURE; SPEPRES; SPEITTI) sono collegati tramite associazioni che possono essere multivalore (da uno a molti) o univoche (da uno a uno) ed esprimono il tipo di relazione tra loro esistente (Campionamento; Presenza; Decodifica). Ogni elemento infine presenta alcuni campi chiave attraverso i quali è possibile effettuare le *join*, ossia le operazioni che permettono di unire tra loro gruppi di informazioni.

Ad aumentare questo complesso di dati, contribuiscono tutte quelle informazioni ricavate dal patrimonio informatico e bibliografico a disposizione. Come esempio significativo si può citare la carta delle vocazioni ittiche che è stata informatizzata a partire dai dati cartacei forniti dalla Carta Ittica Regionale (AUTERI *et al.*, 1995) ag-

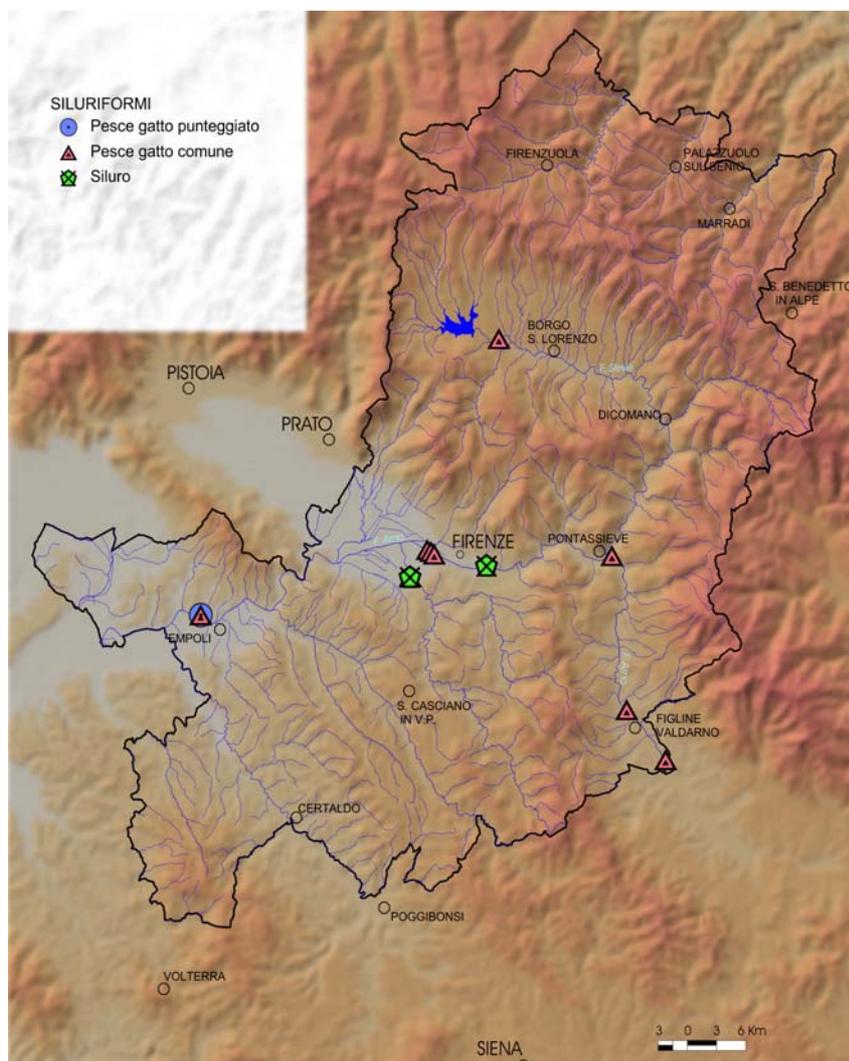


Fig. 3. Distribuzione degli Ictaluriformi e Siluriformi.

giungendo un campo all'esistente reticolo idrografico digitale. Questa carta, che descrive le reali potenzialità da un punto di vista ittiogenico, può essere utilizzata per la progettazione di una campagna ittica mirata allo sfruttamento delle effettive caratteristiche ambientali dei corsi d'acqua.

Per concorrere allo sviluppo di analisi e alla comprensione di fenomeni collegati alla gestione della fauna ittica, sono state acquisite in forma digitale informazioni sulla qualità delle acque (Classi IBE, dati A.R.P.A.T.), sui dati fisici del territorio (orografia e bacini idrografici), sulle tipologie climatiche esistenti, sulla litologia e uso del suolo (TREVISANI, 1996).

Tra le esigenze di gestione di un Ufficio Pesca e degli ittiologi vi può essere quella di effettuare un confronto tra areali di distribuzione di una stessa specie riferiti a momenti storici diversi. Tale studio può determinare maggiori approfondimenti delle cause naturali o antropiche che hanno scatenato tali

dinamiche di espansione o contrazione della specie e può motivare appropriati interventi gestionali da parte dell'amministrazione locale. Per effettuare i suddetti confronti è necessario ricostruire la distribuzione geografica dell'ittiofauna riferita a un certo periodo (Fig. 3): a questo scopo sono stati realizzati alcuni temi (*event theme*) sfruttando la tabella delle specie presenti, riferita a quel periodo, collegata tramite *join* a quelle delle stazioni e con un'altra *join* a quella delle specie ittiche. Quest'ultimo tipo di analisi ha anche permesso di creare immagini che sono state utilizzate per la pubblicazione della Carta Ittica.

I dati a nostra disposizione permettono al momento di rappresentare la distribuzione areale di una specie ittica soltanto in modo puntiforme: la possibilità di estendere il dato puntuale "stazione" al dato lineare "reticolo idrografico" o al dato poligonale "bacino idrografico" sarebbe realizzabile solo tenendo conto di una serie di leggi

che regolano la diffusione spaziale del dato, derivate dalle conoscenze sui vari meccanismi propri della diffusione areale delle specie (temperatura, quota, qualità delle acque, ecc.) e, soprattutto, le interruzioni della continuità fluviale (dighe e briglie) che non permettono di assegnare il dato relativo ad una stazione attraverso una semplice funzione matematica.

La trasposizione informatica della Carta Ittica, nella forma in cui è stata organizzata, mette a disposizione i dati, li rende gestibili, confrontabili con altre informazioni e aggiornabili attraverso nuove ricerche o campagne di rilevamento. Per una corretta comprensione dei contenuti della banca dati, e per una realistica opportunità di utilizzo di questo mezzo si è rivolta una particolare cura alla stesura dei metadati, ovvero, alla descrizione tipologica, spaziale e qualitativa delle informazioni che da all'Ufficio Pesca la possibilità di consultarle, archivarle e distribuirle conoscendone le reali potenzialità.

Bibliografia

- AUTERI R., ABELLA A., BAINO R., RIGHINI P., SERENA F., SILVESTRI R., VOLIANI A., ZUCCHI A., 1995. *Gestione della fauna ittica. Carta ittica regionale*. I.S.T.I.P., Prov. Livorno e Reg. Toscana, vol. VII, [IV]+147 pp., 2 cart. fuori testo.
- BIANCO P.G., 1995. A revision of the Italian *Barbus* species (Cypriniformes: Cyprinidae). *Ichthyol. Explor. Freshwaters*, 6 (4): 305-324.
- ESCHMEYER W.N., 1998. *Catalog of fishes*. Special publication n.1, Center for Biodiversity Research and Information, California Academy of Sciences, San Francisco, Vol. I-III, 2905 pp.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I Pesci delle acque interne italiane*. Ministero dell'Ambiente, Servizio Conservazione Natura e Unione Zoologica Italiana. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma: [IV]+XII+616 pp.
- KOTTELAT M., 1997. European freshwater fishes. *Biol.*, 52 (suppl. 5): 1-271.
- LEONE M., MORTELLARO R., BALDACCIO A., TADDEI A. R., ZERUNIAN S., 1996. Applicazione di metodologie informatiche Gis nella realizzazione della Carta Ittica della Provincia di Latina. In: Atti del VI Conv. Naz.
- A.I.I.A.D. "Carte Ittiche dieci anni dopo", Varese Ligure, 6-8 giugno 1996: 170-176.
- NOCITA A., 2002. *Carta Ittica della Provincia di Firenze*. Assessorato Agricoltura, Caccia e Pesca. Prov. di Firenze, Firenze, [6] + 254 pp., 1 cart. fuori testo.
- TREVISANI M., 1996. *Verso il sistema informativo territoriale della Regione Toscana. Gli archivi numerici dei dati*. Dipartimento politiche del territorio, dei trasporti e delle infrastrutture. Regione Toscana, Firenze, 162 pp.

Il Salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*): prove storiche della sua introduzione sul territorio italiano

Armando Piccinini¹, Francesco Nonnis Marzano², Gilberto Gandolfi²

¹ Armando Piccinini - Ittiologo, via Bazzani 20 - 42100 Reggio Emilia.

² Dipartimento di Biologia Evolutiva e Funzionale, Università degli Studi di Parma, Parco Area delle Scienze 11/A - 43100 Parma.

* Referente per la corrispondenza: fax 0522 918790; piccininiarmando@tin.it

Riassunto

Il salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*) è sempre stato considerato tra le specie autoctone presenti in Italia, in qualità di relitto glaciale dopo l'ultima glaciazione del Würm. Tuttavia fonti storiografiche e zoo-geografiche, note in particolare per il versante Nord delle Alpi, sembrano invece confermare, come già ipotizzato in passato, che la specie sia stata introdotta alla fine del XV secolo, probabilmente durante il regno di Massimiliano I, da esemplari provenienti dai laghi austriaci, dove era naturalmente presente. Il salmerino alpino è quindi da ritenere introdotto, e non autoctono, sul territorio italiano. Ciò nulla toglie al valore delle popolazioni di questa specie presenti in Italia, come testimonianza del Medioevo italiano.

PAROLE CHIAVE: salmerino alpino / *Salvelinus alpinus* / Italia / glaciazione / Würm / relitto glaciale

Arctic Charr: historical evidences to its introduction in Italy

Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) was always considered to be native in Italy, in the Trentino Alto Adige region. This species is considered to be a glacial relict following the Würm Ice Age. Nevertheless historical and zoogeographic data, mainly related to the history of the northern side of the Alps reveal, like it was already supposed in the past, that arctic charr was introduced in Italy at the end of the XV century, probably during the reign of Kaiser Maximilian I. The first fish were probably caught in the Austrian lakes where it was native. Therefore arctic charr is to be considered as introduced, and not native, in Italy. Nevertheless its presence is a very important testimony of the Middle Age in Italy and its populations must be protected.

KEY WORDS: *Salvelinus alpinus* / arctic charr / Italy / ice age / Würm / glacial relict.

INTRODUZIONE

La presenza del salmerino alpino in Italia: notizie storiche e dati zoogeografici

Il salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*) rappresenta l'unico appartenente al genere *Salvelinus* considerato autoctono in Italia (TORTONESE, 1970; GANDOLFI *et al.*, 1991; MAIOLINI *et al.*, 1993). La presenza di questa specie in Italia è stata da sempre attribuita agli effetti della glaciazione del Würm (circa 10.000

anni fa), che ha permesso a molte specie, presenti nel Nord dell'Europa, di colonizzare e di espandere il proprio areale verso Sud (TORTONESE, 1970; GANDOLFI *et al.*, 1991; MAIOLINI *et al.*, 1993; FORNERIS *et al.*, 1996). Con il ritiro dei ghiacci e l'aumento della temperatura, gli esemplari di salmerino alpino, che avevano colonizzato il sud dell'Europa fino a raggiungere l'arco alpino, sono rimasti relegati in bacini isolati,

con caratteristiche chimico-fisiche adatte, dando origine a popolazioni separate da quelle del nord del continente (BEHNKE, 1984; TORTONESE, 1970; GANDOLFI *et al.*, 1991; MAIOLINI *et al.*, 1993).

Per quanto riguarda il versante meridionale delle Alpi, vale a dire in territorio italiano, la specie sarebbe riuscita a colonizzare un ristretto territorio corrispondente ai bacini idrografici dell'Adige, del

Noce, dell'Avisio, del Sarca e del Brenta, vale a dire approssimativamente al territorio del Trentino Alto Adige (TORTONESE, 1970; GANDOLFI *et al.*, 1991; MAIOLINI *et al.*, 1993). Tra i fenomeni che avrebbero permesso la colonizzazione del versante italiano delle Alpi, viene menzionata la formazione di laghi di sbarramento glaciale con inversione della direzione del corso dei fiumi e la captazione di corsi d'acqua danubiani (BIANCO, 1987).

Dal Trentino Alto Adige, il salmerino alpino, sarebbe poi stato introdotto per opera dell'uomo in altri bacini dell'arco alpino e nei grandi laghi pre-alpini (TORTONESE, 1970; GANDOLFI *et al.*, 1991; CONFORTINI, 1995; DE LUISE, 1998). Numerose sono le fonti storiche che testimoniano la presenza del salmerino nell'area di Trento, ed in particolare nel lago di Tovel, già dalla metà del 1500. Tali testimonianze sono state interpretate, fino ad ora, come una prova della sua autoctonia in Italia. Nel "De gestis ducum tridentinorum" pubblicato nel 1546, si legge che "...si prendono pesci (riferito al lago di Tovel), chiamati SALMONES, delicatissimi al gusto, che sono esportati in terre molto lontane, richiesti anche dai grandi Re e preferiti a quelli del Lago di Garda". Questa testimonianza è poi ripresa e confermata anche da Ippolito SALVIANI (1558) che scrive "Piscis quem Tridentini, apud quos reperitur, SALMARINO et Salamandrino appellant, nascitur in flumine cuiusdam loci vulgo Valdenon dicti, circiter viginti millia passuum a Tridento distantis". È evidente che il salmerino era presente non nel fiume, ma nel lago di Tovel, che si trova appunto in Val di Non.

In tempi più recenti, la specie è segnalata sempre nel territorio di Trento, per opera di CANESTRINI (1872), nel lago di Tovel, Molveno, di Bocche e di Stellune. Canestrini cita ancora come nome vol-

gare della specie quello di salmarino, lo stesso già impiegato da Salviani. Nel 1909 è segnalato ancora nei laghi di Tovel, Molveno, Bocche e delle Stellune in Trentino, nei laghetti di Reschen, Mittre e Heider nel bacino Atesino, nella Sarca e nei laghetti di San Giuliano e Nambino (SCOTTI, 1909). SCOTTI (1909) riporta anche che fu tentato di introdurlo senza successo nel Lago d'Idro e di Bracciano, e che sarebbe stato introdotto in Italia dagli Stati Uniti. Sempre ad inizio del 1900, SUPINO (1916) ne segnala la presenza nei laghi del Trentino e di Lugano e segnala che, da alcuni anni, era stato immesso nel lago Maggiore. La specie è quindi considerata, ad oggi, autoctona per il territorio italiano, limitatamente all'area del Trentino-Alto Adige (TORTONESE, 1970; GANDOLFI *et al.*, 1991; MAIOLINI *et al.*, 1993; FORNERIS *et al.*, 1996; DE LUISE, 1998).

Il salmerino alpino in Austria e Svizzera: il versante a nord dell'arco alpino

In Svizzera il salmerino alpino (*Salvelinus alpinus*) è considerato autoctono, come relitto glaciale, nei laghi del Plateau a Nord delle Alpi (Lago di Ginevra, Lago di Costanza, Lago dei Quattro Cantoni, ecc.). In alcuni di questi sarebbe poi scomparso naturalmente a causa del lento processo d'eutrofizzazione degli stessi, come nel lago di Neuchatel (PEDROLL *et al.*, 1991). La specie è stata invece introdotta nei laghi d'alta quota, dove non era in origine presente (PEDROLL *et al.*, 1991). Grazie all'impiego di tecniche acquacolturali ed all'introduzione di ceppi nordeuropei è stato possibile aumentarne la sua diffusione sull'arco alpino ed introdurlo anche a sud delle Alpi, vale a dire nel Lago Maggiore (PEDROLL *et al.*, 1991). In Austria la specie è considerata autoctona, al pari del-

la Svizzera, in qualità di relitto glaciale (BEHNKE, 1984; LADIGES e VOGT, 1986). La sua colonizzazione del territorio austriaco si sarebbe verificata durante la fase terminale della glaciazione del Würm (PECHLANER, 1984).

La presenza nei laghi alpini d'alta quota di popolazioni di salmerino alpino, conosciute già dalla fine del XV secolo è però ritenuta la conseguenza di ripopolamenti ad opera dell'uomo, con particolare riferimento alla regione del Tirolo (PECHLANER, 1984). Esistono, infatti, prove geo-morfologiche, almeno per i laghi d'alta quota del Tirolo, che dimostrano l'impossibilità di raggiungere questi bacini durante la fase terminale del periodo glaciale da parte della fauna ittica (PECHLANER, 1984). Il salmerino alpino sarebbe quindi autoctono solamente nei laghi localizzati a quote inferiori, accessibili da parte di questa specie durante la fase terminale della glaciazione del Würm, come Achensee (929 m s.l.m.), Plansee (976 m s.l.m.) e Heiterwanger See (976 m s.l.m.).

Il Trentino Alto Adige: I vescovi-conti e l'influenza tedesca sul Tirolo

L'anno 952, con la discesa in Italia di Ottone I, segna il passaggio politico dell'attuale Trentino Alto Adige alla Germania, della quale diventava la porta e l'accesso privilegiato verso il versante meridionale delle Alpi (AA. VV., 1949). Per assicurarsi il potere delle valli dell'Adige e dell'Isarco, facenti capo rispettivamente al passo Resia ed al passo del Brennero, è istituita la carica dei vescovi-conti, nominati direttamente dall'imperatore, che diventeranno i suoi più stretti collaboratori. Dopo un periodo d'alterne fortune, nel 1363, per opera di Margherita Maultasch, duchessa di Carinzia e Tirolo, il Trentino

Alto Adige è ceduto a Rodolfo IV d'Asburgo, ed entra definitivamente nell'orbita del predominio degli Asburgo. Anche il principato di Trento è annesso in questa cessione (AA. VV., 1949).

Da questo momento in poi tutta l'area trentina è strettamente sotto l'influenza della casa d'Austria, a tal punto che la città di Trento è considerata come “*la porta ai domini di casa d'Austria*”. Infine nel 1516, l'imperatore Massimiliano I otteneva dai veneziani i quattro vicariati, vale a dire Ala, Avio, Brentonico e Mori. Proprio a causa di questo controllo da parte degli Asburgo, per permettere ai protestanti di viaggiare ed alloggiare in una città dell'impero, la città di Trento viene scelta per ospitare il “Concilio di Trento”, svoltosi a più riprese tra il 1545 ed il 1563. Il Tirolo italiano, detto comunemente Sudtirolo, è dunque stato per un lungo periodo sotto il controllo diretto dell'impero tedesco.

In questo contesto, di particolare importanza è l'attività dell'imperatore del Sacro Romano Impero, Massimiliano I (Wiener Neustadt 1459 - Wels 1519), sotto il quale il Sudtirolo raggiunge la sua massima espansione. Oltre al suo coinvolgimento nelle vicende storiche legate al controllo dell'Europa tra la fine del XV e l'inizio del XVI (ad esempio sposa Bianca Maria Sforza), Massimiliano I è ricordato come uomo di vivace ingegno, aperto alle idee innovative, protettore di dotti ed artisti e profondo conoscitore di strategie militari nonché di caccia, giardinaggio ed architettura (AA. VV., 1949). Oltre alla caccia, Massimiliano I è anche un amante della pesca ed a lui si deve anche la realizzazione del *Weisskunig* o “Libro sulla pesca”, scritto nel 1504 (PECHLANER, 1984). Ancora oggi è possibile leggere le sue gesta come cacciatore nella “Storia della Mar-

tinsswad”. Inoltre egli mette in atto un miglioramento dei traffici commerciali ed istituisce un servizio di posta stabile all'interno dei suoi territori, che fa dunque supporre che le vie di comunicazione fossero facilmente praticabili e sicure (AA. VV., 1949). È comunque sicuro il suo amore per il Tirolo, come testimonia la scelta di Innsbruck come sede della Corte Imperiale. L'influenza degli Asburgo in Italia e la figura di Massimiliano I sono molto importanti per comprendere le vicende storiche legate alla presenza del salmerino alpino in Italia.

L'attività di Massimiliano I e l'Ufficio per la pesca

Durante tutto il Medioevo, i diritti di pesca e di caccia hanno sempre rivestito un enorme interesse per i regnanti ed il clero. I diritti di pesca su fiumi e laghi sono stati sempre ricercati perché i numerosi giorni di digiuno, prescritti dalla religione cattolica, imponevano un elevato consumo di pesce. Per quanto riguarda il Tirolo, i diritti di pesca erano in possesso dei sovrani stessi del Tirolo o dei vescovi-conti di Bressanone e Trento. In particolare con i sovrani Erzhrzog Sigismondo e Massimiliano I avviene un irrigidimento nel far rispettare tali diritti. Inoltre con lo scopo di aumentare la pescosità di fiumi e laghi si assiste, tra la fine del XV e l'inizio del XVI secolo, ad un'azione di ripopolamento di molti specchi d'acqua d'alta quota, prima privi di fauna ittica (PECHLANER, 1984). Le specie impiegate per quest'attività erano la trota fario ed il salmerino, entrambi disponibili nei torrenti e nei laghi del Tirolo austriaco. A questo proposito, l'imperatore Massimiliano I, realizza un ufficio per la pesca e istituisce la nomina di veri e propri responsabili della gestione e dell'incremento dell'ittiofauna (PECHLANER, 1984). Questi

direttori (*Oberstfischmeister*) avevano sia il compito di provvedere al corretto sfruttamento e gestione degli stock ittici, sia quello di far rispettare i diritti di pesca ed i vari regolamenti (misure minime, periodi di divieto ed attrezzi consentiti).

Una delle motivazioni, alla base della decisione di ripopolare i laghi alpini d'alta quota con trote e salmerini, è da attribuire alla grande passione per la caccia a stambecchi e camosci da parte di Massimiliano I. Non era, infatti, raro che il sovrano, durante una battuta di caccia, chiedesse trote o salmerini come pasto. Tra le informazioni contenute in un libro, destinato ai direttori della pesca, erano, infatti, presenti anche suggerimenti sull'impiego di “*gillnet*” per la cattura di trote e salmerini, nel caso in cui il sovrano ne avesse fatto richiesta (PECHLANER, 1984). A quest'attività di ripopolamento è attribuita l'origine di popolazioni di salmerino alpino presenti in 10 laghi d'alta quota, compresi tra i 2237 e i 2792 m s.l.m., nel Tirolo in vicinanza di Innsbruck (PECHLANER, 1984). Con molta probabilità i salmerini provenivano dai laghi di bassa quota, colonizzati dalla specie durante il periodo glaciale, presenti in vicinanza di Innsbruck (Achensee, Plansee e Heiterwanger See).

Disponibilità, richiesta e possibilità di trasportare i pesci anche per lunghi tragitti

Durante il regno di Massimiliano I esisteva dunque una reale necessità di provvedere al ripopolamento dei laghi d'alta quota, ed allo sfruttamento di quelli che già ospitavano popolazioni di salmonidi. Per questi ultimi è più volte ricordata la necessità di costruire gabbie per lo stoccaggio di salmerini, sia adulti sia novellame, e lucci (PECHLANER, 1984). Il sovrano chiedeva dunque di mangiare pesce,

durante le sue battute di caccia, ed incoraggiava all'interno dei suoi possedimenti queste pratiche di ripopolamento. I pesci era mantenuti vivi in speciali contenitori in legno ed il trasporto era affidato a contadini e pastori, abituati a sopportare pesanti carichi in alta montagna (Fig. 1). Infine è necessario ricordare che, al pari dell'imperatore, anche le autorità ecclesiastiche erano interessate ad aumentare all'interno dei loro territori la disponibilità di pesce. A questo proposito, in una lettera del 1529 del direttore della pesca Hans Phadt (PECHLANER, 1984), si legge di una richiesta pressante del vescovo di

Bressanone ai pescatori del lago Achensee per avere avannotti di salmerino.

A sottolineare l'importanza che trote, salmerini e coregoni avevano al tempo di Massimiliano I, si hanno notizie del loro trasporto, anche in località molto distanti. Ad esempio dal lago Achensee i salmerini erano condotti vivi ad Innsbruck o addirittura ad Amburgo, dopo un tragitto di 2 o 3 giorni. Anche nel passo che descrive le gesta dei duchi del Trentino riferito ai *Salmones* del lago di Tovel si legge "... *praecipui saporis qui in diversas terrarum partes LONGE deportantur ...*" dove l'avverbio *longe*

(lontano, lungi, da lontano) potrebbe, infatti, indicare come questa specie era ben conosciuta all'interno del regno per la bontà delle sue carni. Sempre per quanto riguarda i trasporti di fauna ittica, si menziona anche di coregoni trasportati dal lago Achensee a quello del Passo del Brennero. I trasporti erano fatti con botti trainate con cavalli o in alcuni casi con imbarcazioni lungo i principali corsi d'acqua ed in questo caso era assai semplice provvedere al ricambio dell'acqua (PECHLANER, 1984). È importante sottolineare come, dopo la morte di Massimiliano I, molto poco venne fatto per continuare questa sua attività di gestione delle riserve di pesca. Questo può essere quindi all'origine della nascita del luogo comune di "vecchie popolazioni di salmerino" nei laghi d'alta quota, poi erroneamente ritenute autoctone (PECHLANER, 1984).

DISCUSSIONE

Il salmerino alpino in Italia: una falsa autoctonia

Il salmerino alpino è sempre stato considerato autoctono dell'Italia, limitatamente al Trentino Alto Adige (TORTONESE, 1970; GANDOLFI *et al.*, 1991; MAIOLINI *et al.*, 1993; FORNERIS *et al.*, 1996; DE LUISE, 1998). A questo proposito è però opportuno fare alcune considerazioni. Se si considera attentamente la distribuzione del salmerino a Nord delle Alpi sia in Svizzera sia in Austria (PECHLANER, 1984; PEDROL *et al.*, 1991), almeno per quanto riguarda l'area del Tirolo, la sua presenza nei laghi alpini d'alta quota è attribuita ad interventi antropici, essendo questi specchi d'acqua in origine privi di fauna ittica. Stando questa situazione, è dunque difficile poter immaginare che durante l'ultima era glaciale la specie abbia potuto "scavalcare le Alpi" e colonizzare i



Fig. 1. Scene di pesca e metodi di trasporto del pesce, tratto dal libro Weisskunig di Massimiliano I (1504), pubblicato in PECHLANER (1984), durante il tardo Medioevo.

laghi del versante Sud. Inoltre di questo passaggio non sembra rimanere nessuna traccia, intesa come popolazioni presenti nei laghi d'alta quota. Esiste inoltre un'altra particolare coincidenza, che consiste nell'esatta corrispondenza tra la presenza "storica" del salmerino alpino in Italia e i territori di proprietà dell'imperatore Massimiliano I (Fig. 2).

Come abbiamo visto, il Sudtirolo italiano è sempre stato, e lo sarà fino al 1918 (AA. VV., 1991), sotto il controllo diretto delle monarchie asburgiche e la presenza dei vescovi-conti durante il medioevo, fedeli all'imperatore, ha di fatto

reso questo controllo ancora più forte. Infine non bisogna dimenticare che Massimiliano I era un profondo ammiratore e conoscitore di questi territori. Sovrapponendo, infatti, le due aree esse coincidono quasi perfettamente. Inoltre abbiamo notizia certa che i salmerini venivano già trasportati e richiesti per il ripopolamento dei laghi e dei corsi d'acqua del Sudtirolo. È quindi lecito pensare che se il vescovo di Bressanone era a conoscenza della possibilità di acquisire avannotti di salmerino, lo fosse sicuramente anche quello di Trento, città di maggiore importanza e probabilmente frequentata assiduamente

dall'Imperatore (Massimiliano I fu incoronato imperatore a Trento il 4 febbraio del 1508). I laghi di Tovel, Molveno come i tanti altri laghi del Trentino Alto Adige non possono, infatti, non aver destato l'interesse per un loro sfruttamento ai fini della pesca e la produzione di pesce per le ricche mense vescovili ed imperiali. Inoltre, grazie ai fiumi Adige ed Isarco, il trasporto di pesce era particolarmente agevolato, per la possibilità di effettuare frequenti cambi d'acqua.

Si può quindi concludere asserendo che il salmerino alpino sia stato introdotto in Italia probabilmente tra la fine del XV e l'inizio del XVI secolo, durante il regno dell'imperatore Massimiliano I e durante un periodo di intenso sfruttamento ed oculata gestione delle risorse ittiche. Per quanto riguarda invece le fonti storiche italiane risalenti alla prima metà del XVI secolo, che testimoniano la presenza di salmerini in territorio italiano, risalgono, anche se di poco tempo, a periodi posteriori all'attività di Massimiliano I. Ecco quindi che Ippolito Salviati (1558) può testimoniare come nel Trentino vi fossero pesci detti "... *Salmarino et Salamandrino* ...". Il fatto che i duchi del Trentino consumassero salmerini non deve inoltre stupire, in quanto è certo che fossero a conoscenza della bontà di questo pesce grazie all'assidua frequentazione della corte imperiale. È quindi facile immaginare come loro stessi possano essere stati, a loro volta, fautori di un'opera di ripopolamento dei laghi stessi del Sudtirolo.

Conclusioni

Si può quindi concludere affermando che il salmerino alpino, a differenza di quanto sempre sostenuto (TORTONESE, 1970; CANDOLFI *et al.*, 1991; MAIOLINI *et al.*, 1993; FORNERIS *et al.*, 1996; DE LUISE, 1998)



Fig. 2. Area dove il salmerino alpino è considerato autoctono in Italia e domini di Massimiliano I alla fine del XV secolo.

è da ritenere alloctono per il territorio italiano e che la sua introduzione è da attribuire probabilmente intorno alla fine del XVI secolo, grazie all'operato dell'imperatore Massimiliano I, come già ipotizzato anche in passato (MACHINO, 1999). Nulla toglie comunque all'importanza delle popolazioni di salmeri-

no presenti sul territorio italiano, già segnalate in epoche passate, che si possono considerare come una testimonianza del medioevo italiano e, come tali, meritevoli di essere tutelate e protette.

Infine si può ritenere che la provenienza dei salmerini fosse la stessa da cui provenivano quelli

introdotti negli specchi d'acqua di alta quota del Tirolo nello stesso periodo e cioè i laghi austriaci dove la specie era realmente arrivata a seguito dell'ultimo fenomeno glaciale (Achensee, Plansee e Heiterwanger See). Ulteriori e necessarie indagini genetiche potranno confermare questa ipotesi.

Bibliografia

- AA. VV., 1949. *Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti. Istituto della Enciclopedia Italiana fondata da G. Treccani - Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.*
- AA. VV., 1991. *Trentino. Guide de Agostini, Istituto Geografico de Agostini, Novara.*
- BIANCO P.G., 1987. L'inquadramento zoogeografico dei pesci d'acqua dolce d'Italia e problemi determinati dalla falsificazioni faunistiche, *Atti II convegno A.I.I.A.D.*
- BEHNKE R. J., 1984. Organizing the diversity of the Arctic Charr Complex. In: *Biology of the Arctic Charr: Proceedings of the international Symposium on Arctic Charr*, edited by L. Johnson & B. Burns, University of Manitoba Press.
- CANESTRINI G., 1872. *Fauna d'Italia*, parte terza, I pesci. Vallardi Editore.
- CONFORTINI I., 1995. *L'Ittiofauna del lago di Garda*. Provincia di Verona, Settore Tutela Faunistico-Ambientale, Cooperativa fra Pescatori, Garda.
- DE LUISE G., 1998. *Pesci, Pesca e Ambienti d'acqua dolce*, vol. 4, *Lito Immagine Editore - Udine.*
- FORNERIS G., PASCALE M., PEROSINO G. C., 1996. *Idrobiologia*. Consorzio Regionale per la tutela, l'incremento e l'esercizio della pesca, Valle d'Aosta.
- GANDOLFI G., TORRICELLI P., MARCONATO A., ZERUNIAN S., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- LADIGES W., VOCT D., 1986. *Guida dei Pesci d'acqua dolce d'Europa*. Franco Muzzio Editore.
- MACHINO Y., 1999. *History and status of Arctic charr introductions in southern Europe*. International Society of Arctic Charr Fanatics, Information Series N. 7: 33-39, Drottningholm, Sweden.
- MAIOLINI B., BETTI L., DORIGONI E., FRANCESCHINI A., GRIGOLLI E., 1993. *Le acque del Parco Adamello-Brenta - Aspetti biologici dei laghi e dei torrenti del Parco*. Parco Adamello-Brenta.
- PECHLANER R., 1984. Historical evidence for the introduction of arctic charr into high-mountain lakes of the Alps by man. *Biology of the Arctic charr: proceedings of the international Symposium on Arctic charr*, University of Manitoba Press, Canada.
- PEDROLL J.C., ZAUGG B., KIRCHHOFFER A., 1991. *Atlas de distribution des poissons et cyclostomes de Suisse*. Documenta Faunistica Helvetica n. 11, Centre Suisse de Cartographie de la faune.
- SALVIANI IPPOLITO, 1558. *Aquatilium animalium historia*. Il testo può essere consultato presso la biblioteca « Panizzi » di Reggio Emilia. *Enciclopedia Treccani* vol.: XXX, Grande Dizionario Enciclopedico Utet vol.: XVIII.
- SCOTTI L., 1909. *I pesci del mare e delle acque interne*. Ulrico Hoepli Editore, Milano.
- SUPINO F., 1916. *I pesci d'acqua dolce d'Italia*. Ulrico Hoepli Editore, Milano.
- TORTONESE E., 1970. *Fauna d'Italia - I pesci ossei*, vol. X, Edizioni Calderini Bologna.

Evoluzione storica e recente dell'ittiofauna modenese[§]

Luigi Sala^{1*}, Massimiliano Gianaroli², Paolo Tongiorgi³

1 Dipartimento di Biologia Animale - Università di Modena e Reggio Emilia

2 Studio Fontana, Gianaroli, Lanzi - via Togliatti 1/v - 42048 Rubiera (RE)

3 Dipartimento di Scienze Agrarie - Università di Modena e Reggio Emilia

* Referente per la corrispondenza: fax 059-2055548; sala.luigi@unimo.it

§ Indagine finanziata dalla Provincia di Modena - Servizio fauna, caccia e pesca, nell'ambito del Piano annuale di pesca 1996

Riassunto

Alla metà degli anni '80 Ferri, Sala e Tongiorgi (1986) avevano tracciato un quadro generale dello stato dell'ittiofauna modenese. A quasi 15 anni di distanza, una campagna di campionamento estesa sull'intero territorio provinciale (60 località) ha consentito di verificare l'effettivo stato di conservazione delle comunità ittiche dei bacini modenesi. I dati raccolti evidenziano l'accentuarsi delle dinamiche di degrado in atto: aumento del numero di specie (da 27 a 32) a causa dell'introduzione di nuove specie alloctone (da 8 nel 1985 a 14 nel 2000) e contemporanea tendenza alla rarefazione ed estinzione delle specie indigene (circa la metà delle specie è inclusa nella Lista Rossa provinciale ed è scomparsa la cheppia).

PAROLE CHIAVE: conservazione della biodiversità / comunità ittiche / Provincia di Modena

Actual status and storic and recent evolution of Modena fish communities (Italy)

In the 1980s Ferri, Sala and Tongiorgi (1986) outlined the general status of the ichthyofauna in the province of Modena. Almost 15 years later, by means of a sampling campaign covering the entire province (60 sites), the actual conservation status of fish communities in the local basins has been directly checked in the field. The data collected show a marked worsening of the ongoing process of degradation: although the total number of species has increased from 27 to 32 due to introduction of new allochthonous species (from 8 in 1985 to 14 in 2000), the extinction rate of indigenous species is growing and half of them are now included in the Province of Modena's Red List.

KEY WORDS: biodiversity conservation / fish community / Province of Modena (Italy)

INTRODUZIONE

La fauna ittica, che da sempre desta forte interesse nella popolazione modenese, da alcuni decenni è in costante e progressivo declino. Proprio per verificare l'attuale stato di conservazione delle comunità ittiche locali, la Provincia di Modena ha promosso un piano di monitoraggio periodico dell'ittiofauna provinciale. La prima

campagna di rilevamento ha avuto luogo fra il 1997 e il 2000 e ha interessato 60 località distribuite in tutti i bacini modenesi (Tab. I).

MATERIALI E METODI

I prelievi sono stati di norma effettuati utilizzando uno strumento per l'elettropesca portatile a spalla in combinazione, quando neces-

sario, con reti. In ogni stazione si è operato in condizioni di magra interessando un tratto di corso d'acqua di lunghezza variabile da 100 a 200 m, compreso fra barriere artificiali o naturali, in modo da interessare una superficie di alcune centinaia di m².

Sulla base degli orientamenti generali forniti dall'International

Union of Biological Sciences (DI CASTRI e YOUNÈS, 1994; SHATUNOVSKIJ, 1995) e da EUROSTAT (1997) nonché, specificatamente per i monitoraggi ittici, dall'Associazione italiana ittiologi acque dolci (AIAD, 1993), nel corso di ogni campionamento sono stati rilevati: ricchezza specifica, abbondanze relative, specie dominanti, specie indigene meritevoli di tutela, specie alloctone introdotte, presenza o meno di novellame per ciascuna specie.

L'abbondanza delle varie specie nei tratti campionati è stata valutata adottando indici sintetici arbitrari già utilizzati per lo studio dell'ittiofauna in altri bacini (cfr. LORO *et al.*, 1994; ZACCANTI, 1996; TURIN *et al.*, 1998). Inoltre, al fine di caratterizzare dal punto di vista ittiologico le singole stazioni, per ognuna di queste è stata individuata la specie che, in termini sia numerici che di biomassa, può ritenersi 'dominante' (indicata con D).

Per valutare lo stato delle comunità ittiche, le specie sono state innanzitutto distinte in:

- *autoctone (indigene o native)*, distinguendone le popolazioni locali 'manipolate' e 'non-manipolate' (BIANCO, 1995);
- *alloctone*, comprendendo sia quelle propriamente 'esotiche' sia quelle derivanti da 'transfaunazione' da altre regioni o bacini italiani e distinguendole in 'acclimatate' o 'non acclimatate';
- *dubbie da indagare*, specie segnalate o probabili ma la cui presenza merita ulteriori conferme.

Le specie autoctone sono poi state attribuite ad una delle *Red List Categories* adottate dall'IUCN (1994): EW (Extinct in Wild), CR (Critically Endangered), EN (Endangered), VU (Vulnerable), LR (Lower Risk), DD (Data Deficient). L'insieme delle specie considerate a rischio di scomparsa più o meno

Tab. I. Numero di località indagate e di campionamenti effettuati nei diversi bacini e categoria di acque (zone omogenee per la gestione della fauna ittica ai sensi della L.R. 11/93).

Bacino	Numero località			Totale località	Totale campionam.
	Zona D	Zona C	Zona B		
Fiume Panaro	9	10	4	23	27
Fiume Secchia	2	10	5	17	22
Bonifica Burana	-	-	5	5	8
Bonifica Parmigiana-Moglia	-	-	12	12	23
Bonifica Reno Palata	-	-	3	3	5
Totale	11	20	29	60	85

immediato (CR, EN, VU) costituisce la 'Lista Rossa'.

Parte significativa del lavoro ha riguardato l'allestimento di un database informatico in grado di archiviare sia i dati fisici, morfologici e idrologici utili alla caratterizzazione ambientale delle singole stazioni, sia quelli faunistici raccolti nel corso dei campionamenti e di integrare questi ultimi nella "Banca dati della fauna vertebrata modenese" georeferenziata, in corso di allestimento nell'ambito del Sistema Informativo Territoriale (S.I.T.) della Provincia di Modena (Fig. 1).

RISULTATI E DISCUSSIONE

Confrontando l'attuale ittiofauna modenese con quella della seconda metà dell'800 (Tab. II), ricostruita sulla base della documentazione bibliografica e dei reperti presenti nel Museo zoologico dell'Università di Modena, e con quella tracciata un secolo dopo da FERRI *et al.* (1986), risulta evidente negli ultimi 10-15 anni una forte accelerazione delle dinamiche di alterazione già registrate in precedenza per quanto riguarda sia la composizione delle comunità ittiche sia la loro struttura.

Se si escludono gli storioni,

The image shows a screenshot of a Microsoft Access database application. The main window displays a table titled 'LISTA CAMPIONAMENTI ITTICI' with columns for Date, Day, Province, Comune, Località, Corpo idrico, Bacino idrografico, and Cat. acque. Below the table, there are fields for 'Descrizione sito', 'Tipo campioni', 'Total removal', and 'Modalità'. A second window, titled 'PROTOCOLLO CAMPIONAMENTO ITTICO', is open over the first, showing a detailed form for data entry. This form includes fields for 'DATA SITO', 'ORA', 'TIPO', 'TOTAL REMOVAL', and 'MODALITÀ'. It also has sections for 'OPERATORI', 'CONDIZIONI CORPO IDRICO', and 'TRATTO CAMPIONATO', with sub-fields for 'REGIME', 'TEMPERATURA ACQUA', 'LUNGHEZZA', 'LARGHEZZA MEDIA', and 'PROFONDITÀ MEDIA'. A 'NOTE' field is also present. At the bottom, there are buttons for 'NUOVA SPECIE', 'NUOVO SITO', 'NUOVO CAMPIONE', and 'DETTAGLI SITO'.

Fig. 1. Esempio di maschera utilizzata per l'inserimento dei dati

oggi del tutto assenti, ma anche in passato segnalati solo eccezionalmente al confine settentrionale della provincia, si nota un incremento del numero complessivo di specie che, dalle 22 presenti a metà dell'800, passano a 27 nel 1985 e a 32 nel 2000, a causa dell'introduzione di nuove specie alloctone (2-3 nell'800, 8 nel 1985 e 14 nel 2000).

Contemporaneamente si registra la tendenza alla rarefazione ed estinzione delle specie indigene che, dalle 20 originarie, passano alle 18 attuali, di cui ben 10 più o meno minacciate. Oltre alla già segnalata estinzione del panzarolo (*Knipowitschia punctatissima*) databile ai primi anni '70, nei primi anni '90 si registra anche quella della cheppia (*Alosa fallax*) che compare oggi sporadicamente solo nei tratti inferiori dei fiumi principali senza raggiungere i luoghi idonei alla frega.

Nella Lista Rossa provinciale spiccano come *critically endangered* lo spinarello (*Gasterosteus aculeatus*), considerato estinto da FERRI *et al.* (1986) ma poi ritrovato nel 1997, e il barbo canino (*Barbus meridionalis*) e il cobite (*Cobitis taenia*), ambedue relativamente comuni fino a pochi anni orsono come lo erano d'altra parte l'anguilla (*Anguilla anguilla*) e la tinca (*Tinca tinca*) oggi classificate *endangered*, quest'ultima estinta negli habitat d'origine e presente solo con popolazioni di origine artificiale sull'Appennino.

Nel corso dei campionamenti è stata rilevata la prima comparsa e la successiva diffusione del rodeo (*Rhodeus sericeus*) ma anche la presenza di altre specie alloctone che compaiono più o meno raramente allo stato libero con esemplari provenienti da allevamenti o bacini per la pesca a pagamento o immesse per fini di pesca ma che, ad oggi non risultano acclimatate (Tab. III).

Tab. III. Specie ittiche alloctone segnalate ma non acclimatate.

Trota iridea	<i>Onchrhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)
Temolo	<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)
Pesce gatto punteggiato	<i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque, 1818)
Amur	<i>Ctenopharyngodon idellus</i> (Valenciennes, 1844)
Pesce gatto africano	<i>Chlarias</i> sp

Tab. IV. Specie dubbie o da ricercare.

Abramide	<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)
Rutilo	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)
Barbo europeo	<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)
Aspio	<i>Aspis aspius</i> (Linnaeus, 1758)
Acerina	<i>Gymnocephalus cernuus</i> Linnaeus, 1758
Tilapia	<i>Tilapia</i> sp
Plecostoma	(<i>Hypostomus</i> sp. ?)

Nel prossimo futuro è presumibile la diffusione di altre specie alloctone (Tab. IV) di recente introduzione in Italia e più o meno diffuse nel bacino padano (cfr. MELLOTI e RESTA, 1987; GANDOLFI *et al.*, 1991; RAZZETTI *et al.*, 2002; PATTINI e PICCININI, com. pers.) come l'abramide (*Abramis brama*) e l'acerina (*Gymnocephalus cernuus*) e, probabilmente, anche il barbo europeo (*Barbus barbus*) che compaiono oggi sporadicamente solo ai margini del territorio modenese, e il rutilo (*Rutilus rutilus*) che, seppur non catturato in acque libere, è stato rinvenuto frequentemente fra il novella-

me commercializzato come esca viva. Altre specie esotiche più localizzate nel bacino padano che potrebbero diffondersi anche nel modenese sono l'aspio (*Aspius aspius*), la tilapia (*Tilapia* sp.) e il plecostoma, Siluriforme Loricaride probabilmente appartenente al genere *Hypostomus* originario dell'America tropicale, importato per acquariofilia, che negli ultimi dieci anni è stato più volte rinvenuto nel basso corso del Panaro.

L'impatto dell'introduzione di specie alloctone riguarda soprattutto la pianura (Fig. 2) e in particolare le reti di bonifica dove nel corso

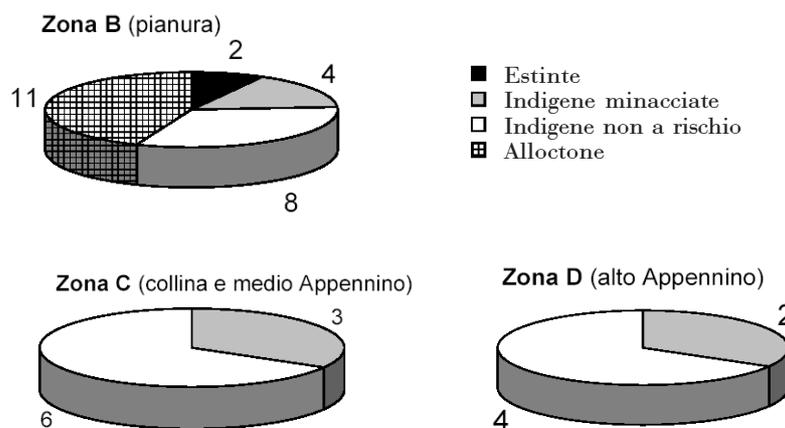


Fig. 2. Diverso grado di alterazione delle comunità ittiche delle diverse "zone omogenee" (cfr. LR 11/93) per la gestione della fauna ittica.

della presente indagine ha fatto la sua prima comparsa anche il decapode *Procambarus clarkii* ed è stata evidenziata la presenza di *Anodonta woodiana* (Lea, 1834). Il riesame di protocolli relativi a campionamenti ittici eseguiti negli ultimi anni nei canali della pianura modenese, ci fa ritenere che la comparsa di questo grosso bivalve unionide di origine asiatica (ne sono stati raccolti esemplari del peso di

circa 800 grammi), già segnalato in altri bacini italiani da MANGANELLI *et al.* (1997), sia databile intorno alla metà degli anni '80. Questa specie è oggi diffusissima e abbondante mentre l'indigena *A. cygnaea* si è estremamente rarefatta.

Nel territorio collinare ed appenninico modenese il principale fattore di regresso dell'ittiofauna indigena è ancora oggi dato, come già rilevato da FERRI *et al.* (1986),

dalle modalità di gestione degli alvei e delle risorse idriche che, nonostante le dichiarazioni ufficiali degli enti competenti in merito, sono regolarmente mirate a contrastare lo spontaneo diversificarsi dell'ambiente fluviale e a garantire il più intenso sfruttamento delle acque superficiali, non mostrando quindi concrete differenze rispetto a quelle (generalmente distruttive) del passato.

Bibliografia

- AIIAD, 1993. Le Carte Ittiche delle acque correnti superficiali. Strumenti per la gestione dell'ittiofauna e degli ambienti acquatici. *A.I.I.A.D. notizie*, **4**, 11 pp.
- BIANCO P. G., 1995. Introduction, chief elements of native freshwater fish, degradation and use of indices and coefficient in quantifying the situation in Italy. In: D.P. Philipp *et al.* (eds), "Protection of aquatic biodiversity", Proceedings of the World Fisheries Congress. Oxford & IBH Publishing, New Delhi, pp. 175-198.
- BORRONI I., MORISI A., 1994. Gestione dei ripopolamenti nel Lago Santo modenese (Appennino tosco-emiliano) e sue ripercussioni sulle comunità ittica e macrobentonica. Osservazioni dal 1983 al 1991. *Atti 5° Conv. Naz. A.I.I.A.D.*, Villa Cordellina - Montecchio Maggiore (VI), 28-29 ottobre 1994. Amministrazione Provinciale di Vicenza (Assessorato Pesca), pp. 343-349.
- DI CASTRI F., YOUNÈS T., 1994. Diversitas: yesterday, today and a path towards the future. *Biol. Intern.*, **29**: 3-23.
- EUROSTAT (Statistical Office of the European Communities), 1997. *Indicators of Sustainable Development, a pilot study following the methodology of the United Nations Commission on Sustainable Development*. European Communities, Luxembourg.
- FERRI M., SALA L., TONGIORGI P., 1986. *Fauna ittica delle Province di Modena e Reggio Emilia*. FIPS sez. di Modena, Provincia di Modena, Ed. Coptip, Modena, 85 pp.
- FRATELLO B., MOLA L., RASSU A., 1983. I Pesci. In: Bolognani Fantin M. *et al.* *Lo stato della fauna nella provincia di Modena. Gli animali non domestici*. Relazione sullo stato dell'ambiente nella provincia di Modena, Provincia di Modena - Assessorato difesa suolo e ambiente, pp. 393-398.
- GANDOLFI G., ZERUNIAN S., TORRICELLI P., MARCONATO A., 1991. *I pesci delle acque interne italiane*. Ministro dell'Ambiente, Unione Zoologica Italiana, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma, 616 pp.
- IUCN SPECIES SURVIVAL COMMISSION, 1994. *IUCN Red List Categories*. 40th meeting IUCN, Gland, Svizzera, 30 novembre 1994, 21 pp.
- LORO R., ZANETTI M., TURIN P. (a cura di), 1994. *Carta ittica della provincia di Treviso. Relazioni ittiche*. Provincia di Treviso, Assessorato Caccia, Pesca ed Ecologia, 184 pp.
- MANGANELLI G., BODON M., FAVILLI L., CASTAGNOLO L., GIUSTI F., 1997. Checklist delle specie della fauna d'Italia, molluschi terrestri e d'acqua dolce. Errata ed addenda, 1. *Boll. Malacol.*, **33**: 151-156.
- MELOTTI P., RESTA C., 1987. *Specie ittiche esotiche in Emilia-Romagna*. Regione Emilia-Romagna, Assessorato scuola, cultura, sport e tempo libero. 56 pp.
- RAZZETTI E., NARDI P.A., BERNINI F., 2002. La presenza di pesci esotici nelle acque lombarde dalla fine dell'Ottocento ai giorni nostri. *Pianura*, **14**: 137-148.
- SALA L., TONGIORGI P., 1997. La fauna vertebrata. In: *2ª Relazione sullo stato dell'ambiente nella provincia di Modena*. Provincia di Modena, Settore Difesa Suolo e Ambiente, Mucchi ed. Modena: 279-295.
- SHATUNOVSKII M.I., 1995. Monitoring of biodiversity in freshwater fish populations. *Biol. Intern.*, **31**: 19-25.
- TURIN P., RUGGIERI L., ZANETTI M., BILO' M. F., ROSSI V., LORO R. (a cura di), 1998. *Carta ittica della Provincia di Chieti*. Provincia di Chieti, Assessorato pesca, 182 pp.
- ZACCANTI F., 1996. Popolamento ittico e qualità ambientale. In: Atti Seminario "Gli indicatori biotici nell'analisi della qualità ambientale dei corsi d'acqua del bacino idrografico del fiume Reno: esperienze e prospettive", Bologna 26 maggio 1995. Provincia di Bologna, Autorità di Bacino del Reno, Regione Emilia Romagna.

Effetti del leuprolide acetato sulla biologia riproduttiva dell'orata, *Sparus aurata* (Linneo, 1758)

Massimiliano Scalici^{1*}, Giancarlo Gibertini¹, Stefano Canese²

¹ Dipartimento di Biologia, Università "Roma Tre", V.le G. Marconi 446 - 00146 - Roma.

² ENEA, Bioag-Pan, via Anguillarese 301, 00060 S. Maria di Galeria - Roma.

* Referente per la corrispondenza: fax: 06 55176321; scalici@bio.uniroma3.it

Riassunto

L'orata è una specie proterandrica molto utilizzata in acquacoltura. Come la maggior parte dei pesci allevati, incontra difficoltà per riprodursi spontaneamente e compiere adeguatamente l'inversione sessuale in cattività. Per apportare ulteriori conoscenze che possano permettere alcuni miglioramenti alle attività di allevamento, è stata osservata l'influenza del leuprolide acetato, un agonista sintetico del fattore di rilascio delle gonadotropine (GnRH). Nello specifico, è stato valutato l'effetto che la periodica somministrazione del leuprolide acetato provoca sull'inversione sessuale e sulla oogenesi di questa specie allevata in condizioni controllate. Il leuprolide non ha stimolato, né inibito, il cambiamento di sesso; ha invece anticipato il periodo maturativo delle orate trattate e ha sincronizzato l'emissione di uova in tutte le femmine trattate.

PAROLE CHIAVE: *Sparus aurata* / leuprolide acetato / inversione sessuale / maturazione degli oociti

Effects of leuprolide acetate on the reproductive biology of gilthead sea bream *Sparus aurata* (Linneo, 1758)

The gilthead sea bream is a proterandric species that is greatly used in aquaculture. As with most fish reared in captivity, difficulties are encountered in spontaneous reproduction as well as in adequate sex inversion. To obtain further knowledge to improve the rearing of this species, we observed the influence of leuprolide acetate, a synthetic agonist of gonadotropin hormone-release hormone (GnRH), on the reproduction biology of the gilthead sea bream. In particular, we observed the effects of the periodic administration of a long-acting leuprolide acetate on sex reversal and oogenesis of this species reared in controlled conditions. Leuprolide acetate neither stimulated nor inhibited sex inversion, though it anticipated the oocyte maturation and allowed synchrony spawning in all treated females.

KEY WORDS: *Sparus aurata* / leuprolide acetate / sex reversal / oocyte maturation

INTRODUZIONE

L'orata, *Sparus aurata* L. (1758), è una specie ermafrodita proterandrica. È, altresì, una delle specie più utilizzate in acquacoltura. Sebbene in cattività incontri difficoltà per riprodursi e compiere adeguatamente l'inversione sessuale (SCALICI *et al.*, 2002a), la sua riproduzione è resa possibile dalla capacità di deporre ripetutamente -per la presenza di un ovario asincrono- e dalla possibilità di indurre cicli ovulatori attraverso tratta-

menti ormonali (ZOHAR *et al.*, 1995). La manipolazione endocrina del ciclo riproduttivo, dell'ovulazione e dell'emissione ha reso possibile il controllo del periodo riproduttivo di molte specie oggetto di allevamento (ZOHAR e MYLONAS, 2001). L'introduzione di ormoni come il fattore di rilascio delle gonadotropine (GnRH) e dei suoi analoghi di sintesi -fra i quali il leuprolide acetato- ha aperto nuove prospettive per le specie utilizzate in acquacoltura

(ZOHAR, 1988). Sebbene le fasi di ovulazione e di emissione possano essere stimulate da una somministrazione acuta di ormone, di solito solo una modesta percentuale di animali trattati riesce ad emettere gameti per più di una settimana (ZOHAR *et al.*, 1995). Inoltre eccessivi dosaggi ormonali possono influenzare sfavorevolmente la qualità delle uova e il decorso dei successivi cicli di ovulazione (FRANCESCON *et al.*, 1994). Allo scopo di contribuire al

miglioramento delle attività di gestione dell'allevamento di questa specie è stata osservata l'influenza del leuprolide acetato -fino ad ora utilizzato per ottenere una maggiore ovulazione (BARBARO *et al.*, 1997)- sulle ultime fasi della oogenesi e sull'inversione sessuale di esemplari di orata aventi 39 mesi di età, allevati in un sistema di stabulazione a ricircolo.

MATERIALI E METODI

Per effettuare la sperimentazione sono state stabulate 55 orate 3+ di sesso maschile in un sistema a ricircolo, contenente acqua di mare con salinità pari a 36‰ e temperatura a $18 \pm 1,5^\circ\text{C}$. Durante il periodo non riproduttivo (marzo 2001-dicembre 2001), circa ogni 40 giorni, a 28 animali è stata periodicamente somministrata per via intramuscolare una dose di 20 µg/kg di Enantone Depot, prodotto commerciale contenente il leuprolide acetato (des Gly¹⁰, [d-Leu⁶]-LH-RH etilamide). Tale sostanza, che costituisce il principio attivo, si trova inclusa in microsfele anidre biodegradabili che ne permettono un lento rilascio nel sangue. Alle restanti 27 orate (utilizzate come controllo) è stata somministrata soluzione fisiologica (NaCl 0,9%). In concomitanza di ogni campionamento, i pesci sono stati anestetizzati con MS-222 e pesati, per stimare il tasso di accrescimento calcolato secondo l'equazione:

$$G = \frac{(\ln W_2 - \ln W_1)}{(t_2 - t_1)} \times 100$$

dove W_2 e W_1 sono rispettivamente la media finale e la media iniziale dei pesi e $(t_2 - t_1)$ è la durata della sperimentazione in giorni (RICKER, 1979).

Il riconoscimento di ogni orata è avvenuto per mezzo del Passive Integrated Transponder (PIT), inserito sotto cute da un'apposita siringa. Durante l'ultimo campionamento è stato verificato *in vivo* lo stato

sessuale delle orate mediante inserimento nel poro genitale di un catetere, qualora la spremitura del ventre non fosse risultata efficace. Da ogni campione biotico così ottenuto è stata prelevata un'aliquota di gameti di 2 mL. Questi sono stati conservati in formalina diluita all'1% con una soluzione di NaCl all'1,1%; tale soluzione lascia inalterate le dimensioni dei gameti e rende opachi gli oociti in base al proprio stadio maturativo (previtellogenic, vitellogenic o di idratazione) (FRANCESCON *et al.*, 1994). In seguito, con un oculare micrometrico, ne è stato misurato il diametro.

Infine le rimanenti aliquote di ogni campione sono state sottoposte ad analisi istologiche, previa fissazione in Bouin, disidratazione, inclusione in paraffina, sezioni al microtomo e colorazione con emalume ed eosina. I risultati ottenuti sono stati elaborati mediante il test G^2 , il test F e ANOVA.

RISULTATI

L'accrescimento delle orate trattate e delle orate di controllo ha mostrato un andamento sovrapponibile, come testimoniano i valori paragonabili del tasso di accrescimento, pari a 0,091 g/d per gli animali trattati e a 0,089 g/d per il controllo. In particolare, le orate trattate sono passate da un peso iniziale di 502 ± 12 g ad uno finale di 687 ± 45 g e le orate di controllo da 517 ± 41 g a 699 ± 33 g.

Durante l'ultimo campionamento è stato verificato in vivo lo

stato sessuale di tutti gli esemplari. Al termine del protocollo sperimentale, fra le orate trattate sono state osservate 25 femmine (89,3%) e 3 maschi (10,7%), mentre fra le orate utilizzate come controllo sono state osservate 21 femmine (77,8%) e 6 maschi (22,2%) (Tab. I). Le differenze delle percentuali dei sessi fra animali trattati e non trattati non sono statisticamente significative ($G^2 = 1,349$; $gl = 1$).

Fra tutte le orate sono stati selezionati gli esemplari di sesso femminile, dai quali sono stati prelevati campioni di tessuto gonadico. Gli oociti delle orate di controllo hanno mostrato alcune differenze rispetto ai gameti prelevati dalle orate sottoposte alla somministrazione ormonale. In particolare, tutti i campioni delle orate trattate presentano oociti idratati; inoltre il 42,86% delle orate trattate mostra solo oociti idratati e non sono presenti campioni con solo oociti in previtellogenesi. Le orate non sottoposte al trattamento, invece, non presentano campioni con solo oociti idratati, ma presentano il maggior numero di campioni con: 1) soltanto oociti in previtellogenesi (18,52%); 2) oociti in previtellogenesi (96,30%); 3) oociti in vitellogenesi (77,78%) (Fig. 1).

Inoltre dalla lettura dei diametri, effettuati al binoculare, è stato possibile osservare che in tutte le categorie i valori medi sono più alti per le orate trattate che per le orate di controllo (Fig. 2). Per di più, gli oociti in previtellogenesi ed in vitellogenesi delle orate sottoposte alla

Tab. I. Confronto fra le percentuali iniziali e le percentuali finali dei sessi delle orate trattate con il leuprolide acetato e le orate utilizzate come controllo.

Sesso	Orate trattate		Orate di controllo	
	Maschi	Femmine	Maschi	Femmine
Condizioni iniziali	100%	0%	100%	0%
Condizioni finali	10,7%	89,3%	22,2%	77,8%

somministrazione ormonale presentano una maggiore omogeneità rispetto a quelli delle orate di controllo, mentre gli oociti in fase di idratazione prelevati dalle orate trattate presentano una maggiore variabilità ($F = 0,0285$; $gl = 4$; $p < 0,005$).

Ulteriormente, durante le os-

servazioni al microscopio è stato possibile osservare che, all'interno di ogni stadio maturativo, i gameti delle orate trattate si raggruppavano e si posizionavano in intervalli di dimensioni maggiori. Gli oociti delle orate trattate complessivamente mostrano una distribuzione dei diametri tendente verso gli stadi ma-

turativi più avanzati (ANOVA $< 0,0001$; $gl = 2$). Le analisi istologiche, invece, non hanno mostrato differenze sostanziali fra i diversi stadi di maturazione dell'oogenesi fra gli oociti delle orate trattate e quelle di controllo. In particolare, non sembra differente il rapporto vitellogenina/lipidi fra gli animali sottoposti alla somministrazione del leuprolide e quelli non trattati. Inoltre, da un punto di vista citologico, il nucleo e il citoplasma non mostrano anomalie o segni di alterazione cellulare durante lo sviluppo.

DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

La periodica somministrazione ormonale dell'Enantone Depot non ha influenzato il tasso di accrescimento delle orate e non ha apparentemente alterato la qualità dei gameti. Il suo costante uso non ha influito significativamente sul fenomeno dell'inversione sessuale, né inibendo né stimolando il cambiamento di sesso dei pesci. D'altra parte, i risultati dell'esame microscopico dei campioni bioptici di ovario fanno ipotizzare, per le femmine di orata trattate, una gametogenesi in stadio più avanzato rispetto agli esemplari del gruppo di controllo ed un anticipo, indotto dal leuprolide acetato, di quasi due mesi del periodo maturativo dei gameti.

La maturazione ovarica delle orate, quindi, può essere modificata intervenendo durante il periodo non riproduttivo, somministrando periodicamente una dose blanda di leuprolide acetato in un preparato a lento rilascio, confermando quanto ipotizzato da SCALICI *et al.* (2002b) e ottenendo così un significativo anticipo dell'emissione dei gameti.

È stato possibile osservare inoltre che il trattamento ormonale utilizzato in questo studio ha provocato una sincronizzazione ovarica di tutte le femmine trattate

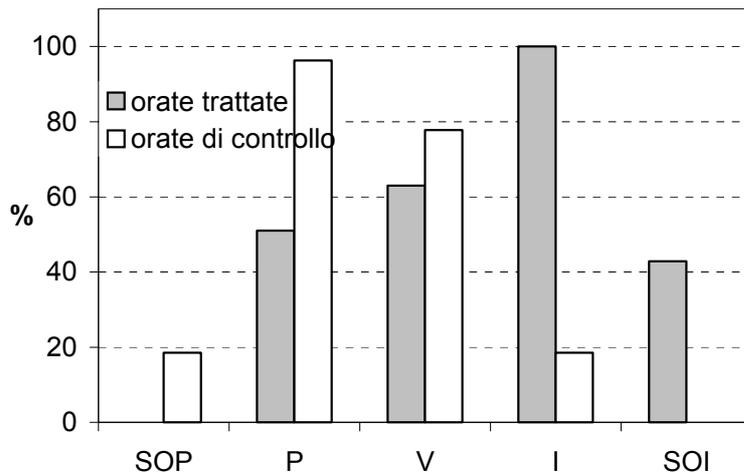


Fig. 1. Percentuali relative dei campioni bioptici con: 1) solo oociti in fase previtellogenica (SOP); 2) oociti in fase previtellogenica (P); 3) oociti in fase vitellogenica (V); 4) oociti in fase di idratazione (I); 5) solo oociti in fase di idratazione (SOI). I campioni analizzati sono stati prelevati dalle orate trattate (rappresentate in grigio) e dalle orate di controllo (rappresentate in bianco).

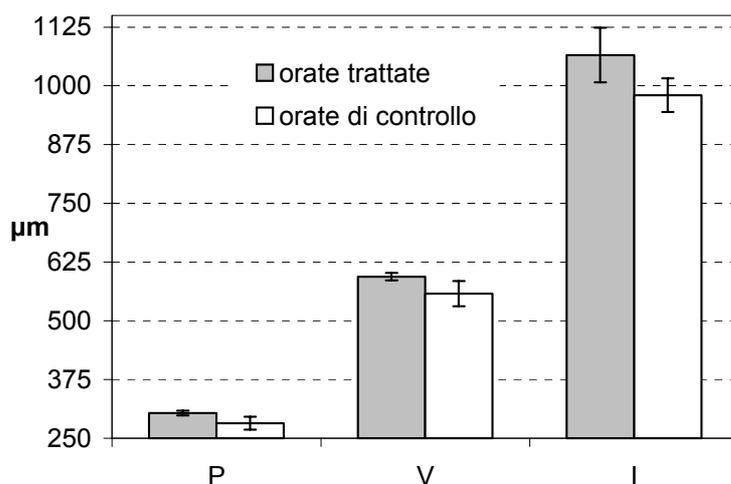


Fig. 2. Confronto fra i valori medi e le rispettive deviazioni standard dei diametri (misurati in μm) degli oociti in fase previtellogenica (P), in fase vitellogenica (V) e in fase di idratazione (I). Gli oociti sono stati prelevati dalle orate trattate e dalle orate di controllo.

ed un'emissione quasi simultanea dei gameti, come già osservato in altre specie con ovulazione sia sincrona, come *Pseudopleuronectes americanus* (HARIM e CRIM, 1992) e *Salmo salar* (MYLONAS *et al.*, 1995), che asincrona, come *Pleuronectes ferrugineus* (LARSSON *et al.*, 1997) e *Scophthalmus maximus* (MUGNIER *et al.*, 2000).

Inoltre la periodica e costan-

te somministrazione dell'Enantone Depot sembra aver contribuito all'incremento delle dimensioni delle uova idratate, fenomeno già segnalato da CHANG *et al.* (1995), anche se ciò apparentemente non altera il volume totale delle uova emesse durante l'intera stagione riproduttiva (MUGNIER *et al.*, 2000). Trattamenti con analoghi del GnRH in sistemi a lento rilascio

offrono sicuramente vantaggi. La periodica somministrazione del leuprolide, complessivamente, assieme alle odierne pratiche di allevamento, potrebbe rappresentare una semplice soluzione non solo per anticipare e sincronizzare il periodo maturativo dell'orata, ma anche per migliorare i protocolli di gestione degli stock di riproduttori.

Bibliografia

- BARBARO A., FRANCESCON A., BOZZATO G., MERLIN A., BELVEDERE P., COLOMBO L., 1997. Induction of spawning in gilthead sea bream, *Sparus aurata* L., by a long-acting GnRH agonist and its effects on egg quality and daily timing of spawning. *Aquaculture*, **154**: 349-359.
- CHANG C.F., YUEH W.S., LEE M.F., SCHALLY A.V., 1995. A microencapsulated analogue of LH-RH accelerates maturation but without stimulating sex reversal in the protandrus black porgy, *Acanthopagrus schlegelii*. *Reproduction Nutrition Development*, **35**: 339-349.
- FRANCESCON A., BARBARO A., COLOMBO L., BOZZATO G., CHIEREGHIN, S., BELVEDERE P., 1994. Induction of multiple spawning in the gilthead sea bream, *Sparus aurata* L., by LH-RH analogue treatments and their influence in egg quality. *Rivista Italiana di Acquacoltura*. **29**: 109-120.
- HARIM S.A., CRIM L.W., 1992. Gonadotropin hormone-releasing hormone analogue (GnRH) induced ovulation and spawning in female winter flounder *Pseudopleuronectes americanus* (Walbaum). *Aquaculture*. **104**: 375-390.
- LARSSON D.G., MYLONAS C.C., ZOHAR Y., CRIM L., 1997. Gonadotropin-releasing hormone analogue (GnRH-A) induces multiple ovulations of high-quality eggs in a cold-water, batch-spawning teleost, the yellow flounder (*Pleuronectes ferrugineus*). *Canadian Journal of Fishing and Aquatic Sciences*. **54**: 1957-1964.
- MUGNIER C., GUENOC M., LEBEGUE E., FOSTIER A., BRETON B., 2000. Induction and synchronisation of spawning in cultivated turbot (*Scophthalmus maximus* L.) broodstock by implantation of a sustained-release GnRH-a pellet. *Aquaculture*. **181**: 241-255.
- MYLONAS C.C., TABATA Y., LANGER R., ZOHAR Y., 1995. Preparation and evaluation of polyanhydride microsphere containing gonadotropin-releasing hormone (GnRH), for inducing ovulation and spermiation in fish. *Journal of Controlled Release*. **35**: 23-34.
- RICKER W.E., 1979. Growth Rates and Models. In: Hoar W.S., Randall D.J., Brett J.R. (eds.), *Fish Physiology*. Academic Press New York and London. **8**: 677-743.
- SCALICI M., ALLEGRO A., GIORDANO P., SCHINO G., GIBERTINI G., CANESE S., 2002a. Influence of the social factors on sex-reversal of gilthead sea bream, *Sparus aurata* (L.), reared in recirculating systems. *Biologia Marina Mediterranea*. **9**. In stampa.
- SCALICI M., SCHINO G., BARBARO A., FRANCESCON A., GIBERTINI G., CANESE S., 2002b. Influence of a long-acting LH-RH analogue on sex-reversal of gilthead sea bream, *Sparus aurata* (L.), reared in recirculating systems. *Biologia Marina Mediterranea*. **9**. In stampa.
- ZOHAR, Y., 1988. Gonadotropin releasing hormone in spawning induction in teleosts: basic and applied considerations. In: Zohar Y., Breton B. (eds.), *Reproduction in Fish: basic and applied aspects in endocrinology and genetics. Les Colloques de l'INRA*. INRA, Paris: **44**: 47-62.
- ZOHAR Y., HAREL M., HASSIN S., TANDLER A., 1995. Gilt-Head Sea Bream (*Sparus aurata*). In: Bromage N., Roberts R. (eds.), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Blackwell Science, London: 94-117.
- ZOHAR Y., MYLONAS C.C., 2001. Endocrine manipulation of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*. **197**: 99-136.

Indice degli Autori

Autore	pag.	Autore	pag.	Autore	pag.
Alessandri Cecilia	151	Furlani Andrea	45, 197	Palazzi Donatella	151
Alessio Gianluigi	33, 61, 121, 161, 213, 231	Galli Paolo	217	Panara Fausto	15
Arcadipane Michele	217	Gandolfi Gilberto	19, 245, 259	Papa R.	19
Arduini Federica	245	Gandolfi Giuliano Luigi	33, 121, 161, 213, 231	Pascale Massimo	19, 79, 207
Arrighi Silvana	157, 193	Gentili Gaetano	97	Pedesini Ugo	245
Baldoni Luciana	15	Gianaroli Massimiliano	265	Picariello Orfeo	7
Belfiore Carlo	7	Giannini Mario	211	Piccinini Armando	79, 245, 259
Belletti Emiliano	33, 121, 161, 213, 231	Giari Luisa	145, 151	Pini Gabriele	255
Betti Lorenzo	187, 221	Gibertini Giancarlo	51, 251, 271	Pini Prato Enrico	105
Bianco Pier Giorgio	7, 85	Gibertoni PierPaolo	69, 113	Pizzul Elisabetta	241
Bianucci Pierluigi	161	Giovinazzo Giancarlo	201	Pontalti Leonardo	181
Bilò Maria Fabiana	57, 109	Grava Vanin Barbara	109	Puzzi Cesare Mario	73, 97, 131, 139
Bosi Giampaolo	39, 157, 193	Ielli Federico	69, 113	Riccatto Federico	235
Bosi Rossana	97	Ippoliti Alessandra	73	Ricciolini Claudia	15
Busatto Thomas	235	Ketmaier Valerio	7	Riva Marco Angelo	131, 139
Canese Stefano	271	Konecny Robert	145	Rizzoli Marco	57
Carosi Antonella	201	La Porta Gianandrea	201	Roncarati Alessandra	227
Carta Elisa	151	Lancioni Hovirag	15	Rossetti Giampaolo	245
Cataudella Stefano	25, 197	Lorenzoni Massimo	201	Sala Luigi	265
Cavalli Giuliana	217	Lucarda Alvisè Nazzareno	167	Salviati Stefano	25, 241
Ciccotti Eleonora	25, 197	Lucentini Livia	15	Santoro Emanuela	85
Crosa Giuseppe	217	Maio Giuseppe	19, 25, 235, 241	Scalici Massimiliano	51, 251, 271
D'Isep Enrico	167	Maldini Milena	245	Scardi Michele	25
Dees Andrea	227	Manera Maurizio	145, 151	Simoni Edi	145, 151
Dezfuli Bahram Sayyaf	39, 145, 151, 193	Manzoli Isabella	39	Stefani Fabrizio	217
Di Dato Paola	25	Maran Stefano	97	Tagliavini James	19
Di Giancamillo Alessia	157, 193	Marconato Enrico	25, 241	Tancioni Lorenzo	25, 45
Domeneghini Cinzia	157, 193	Marinelli Andrea	251	Timillero Andrea	241
Dörr Martin A.J.	201	Mearelli Mario	201	Tongiorgi Paolo	265
Ercolini Paolo	61, 161, 213	Melotti Paolo	227	Trasforini Stefania	73, 131, 139
Falconi Rosanna	57	Merati Fabrizio	79	Trisolini Renata	235
Ferrante Irene	45	Monfrinotti Monica	197	Turin Paolo	25, 39, 57, 109
Ferri Mauro	93	Mordenti Oliviero	227	Vaghi M.	19
Fornieris Gilberto	167	Natali Mauro	201	Vercelloni Laura	217
Franzoi Piero	235	Nocita Annamaria	255	Vignoli Leonardo	51
		Nonnis Marzano Francesco	19, 79, 245, 259	Vittori Alvisè	181
				Zaccanti Francesco	57
				Zanetti Marco	25, 109

Manoscritti. I lavori proposti per la pubblicazione, compatibilmente con il loro contenuto, devono essere suddivisi in: introduzione, materiali e metodi, risultati, discussione, eventuali ringraziamenti, bibliografia, tabelle, figure. Qualora il lavoro sia già stato pubblicato o sottoposto all'attenzione di altri editori, la circostanza deve essere chiaramente segnalata: in tal caso il lavoro potrà essere preso in considerazione solo per la recensione nella sezione *Informazione & Documentazione*.

Titolo e Autori. Il titolo deve essere informativo e, se possibile, conciso; deve essere indicato anche un titolo breve (massimo cinquanta caratteri) da utilizzare come intestazione delle pagine successive alla prima. Il titolo deve essere seguito dal nome (per esteso) e dal cognome di tutti gli autori. Di ogni autore (contrassegnato da un richiamo numerico) deve essere riportato l'indirizzo postale completo dell'istituto nel quale è stato svolto lo studio. Il nome dell'autore referente per la corrispondenza con la redazione e con i lettori deve essere contrassegnato anche da un asterisco; il suo indirizzo di posta ordinaria deve essere seguito anche dal numero di telefono, di fax e dall'indirizzo di posta elettronica; soltanto tramite quest'ultimo verranno inviate le bozze per la correzione.

Riassunto, abstract e parole chiave. Il riassunto (lunghezza massima 250 parole) deve sintetizzare lo scopo dello studio, descrivere gli esperimenti, i principali risultati e le conclusioni; deve essere seguito dalle parole chiave, separate da una barra obliqua. Devono essere altresì riportati in lingua inglese il titolo e un *abstract* (massimo 250 parole), seguiti dalle *key words* separate da una barra obliqua.

Figure e tabelle. Le figure, con la loro didascalia al piede e numerate con numeri arabi, non devono essere inserite nel testo, ma in fogli separati alla fine del testo. È gradita l'indicazione, nel testo, della posizione preferita per l'inserzione di ciascuna figura. Anche le tabelle devono essere riportate in fogli separati, alla fine del dattiloscritto; devono essere complete di titolo e numerate con numeri romani. Occorre curare titoli, legende e didascalie in modo da rendere le tabelle e le figure autosufficienti, comprensibili cioè anche senza consultare il testo. Per le figure (grafici, disegni o fotografie di buona qualità), si raccomanda agli autori di verificare con opportune riduzioni l'aspetto finale e la leggibilità delle scritte, tenendo conto che saranno stampate riducendone la base a 80 mm (una colonna) o 170 mm (due colonne). Non inviare fotografie o grafici a colori senza essersi accertati che la loro stampa in bianco e nero assicuri comunque l'agevole riconoscibilità delle diverse sfumature o retinature. Nella scelta degli accorgimenti grafici privilegiare sempre la facilità e immediatezza di lettura agli effetti estetici.

Bibliografia. Al termine del testo deve essere riportata la bibliografia in ordine alfabetico. Ad ogni voce riportata nella bibliografia deve necessariamente corrispondere il riferimento nel testo e viceversa. Per il formato tipografico e la punteggiatura, attenersi strettamente ai seguenti esempi:

DUTTON I.M., SAENGER P., PERRY T., LUKER G., WORBOYS G.L., 1994. An integrated approach to management of coastal aquatic resources. A case study from Jervis Bay, Australia. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems*, 4: 57-73.

HELLAWELL J.M., 1986. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 546 pp.

PULLIAM H.R., 1996. Sources and sinks: empirical evidence and population consequences. In: Rhodes O.E., Chesser R.K., Smith

M.H. (eds.), *Population dynamics in ecological space and time*. The University of Chicago Press, Chicago: 45-69.

CORBETTA F., PIRONE G., (1986-1987) 1988. I fiumi d'Abruzzo: aspetti della vegetazione. In: Atti Conv. Scient. "I corsi d'acqua minori dell'Italia appenninica. Aspetti ecologici e gestionali", Aulla (MS), 22-24 giugno 1987. Boll. Mus. St. Nat. Lunigiana 6-7: 95-98.

Proposte di pubblicazione. Il manoscritto cartaceo va inviato a:
Redazione di Biologia Ambientale,
c/o Giuseppe Sansoni, Viale XX Settembre 148 - 54033
Carrara (MS)

Il manoscritto deve essere accompagnato da una copia su supporto magnetico; in alternativa, quest'ultima può essere inviata all'indirizzo di posta elettronica biologia.ambientale@cisba.it

I manoscritti saranno sottoposti alla lettura di revisori scientifici; entro due mesi l'autore indicato come referente per la corrispondenza verrà informato delle decisioni della redazione. Per evitare ritardi nella pubblicazione e ripetute revisioni del testo, si raccomanda vivamente agli autori di prestare la massima cura anche alla forma espositiva che deve essere concisa, chiara, scorrevole e in buon italiano, evitando neologismi superflui. Tutte le abbreviazioni e gli acronimi devono essere definiti per esteso alla loro prima occorrenza nel testo. I nomi scientifici delle specie devono essere sottolineati (saranno convertiti in corsivo prima della stampa). I dattiloscritti, compreso il materiale illustrativo, non saranno restituiti, salvo esplicita richiesta dell'autore all'atto dell'invio del materiale. La redazione si riserva il diritto di apportare ritocchi linguistici e grafici e di respingere i manoscritti che non rispettano i requisiti delle presenti norme per gli autori. Le opinioni espresse dagli autori negli articoli firmati non rispecchiano necessariamente le posizioni del C.I.S.B.A.

Bozze ed estratti. Le bozze di stampa saranno inviate all'autore indicato come referente per la corrispondenza, che deve impegnarsi ad una correzione molto accurata e al nuovo invio alla redazione entro 5 giorni; trascorso tale periodo, il lavoro può essere pubblicato con le sole correzioni dell'editore. All'autore referente per la corrispondenza sarà inviato il numero della rivista e, tramite posta elettronica, il file dell'estratto in formato PDF, utilizzabile per riprodurre il numero desiderato di estratti.

Formato dei file. Oltre al manoscritto vanno inviati, su supporto magnetico, i relativi file. Per assicurare la compatibilità con i programmi di videoscrittura e di impaginazione, il file contenente il testo va inviato in triplice versione: formato solo testo (*.TXT), rich text format (*.RTF) e WinWord (*.DOC, preferibilmente salvato nel formato della sua penultima versione commerciale). I grafici devono essere in bianco e nero ed essere sempre accompagnati dalla tabella dei dati di origine; per quelli realizzati con fogli elettronici inviare il file contenente sia i grafici che i dati di origine (preferibilmente salvato nella penultima versione commerciale di Excel) al fine di consentirne il ridimensionamento o eventuali modifiche al formato, volte a migliorarne la leggibilità. I file delle figure al tratto vanno inviati preferibilmente in formato *.TIF; quelli delle fotografie preferibilmente in formato *.JPG. Per formati di file diversi da quelli sopra indicati, precisare il software utilizzato. **Importante: inviare sempre i grafici e le figure come file indipendenti.** Spesso, infatti, l'utilizzo di grafici e illustrazioni inseriti in un file DOC comporta una perdita di nitidezza e difficoltà in fase di impaginazione. Per ogni chiarimento tecnico contattare Giuseppe Sansoni (tel./fax 0585 841592, e-mail biologia.ambientale@cisba.it).

BIOLOGIA AMBIENTALE

Poste Italiane s.p.a. - Spedizione in abbonamento postale - D.L. 353/2003
(conv. in L. 27/02/2004 n. 46) art. 1, comma 2, DCB - Reggio Emilia

Volume 18
Numero 1
Luglio 2004

SOMMARIO

Atti 9° Conv. Naz. AIAD

Acquapartita (FC), 11-13 giugno 2002

- 7 *Sessione Biodiversità*
moderatore: **Barbara Mantovani**
- 33 *Sessione Ecologia delle acque interne*
moderatore: **Giuseppe Maio**
- 61 *Sessione Gestione delle popolazioni ittiche
autoctone*
moderatore: **Mario Specchi**
- 93 *Sessione Gestione idrica e naturalistica dei
corsi d'acqua*
moderatore: **Giuseppe Maio**
- 113 *Sessione La problematica delle specie
alloctone*
moderatore: **Enrico Marconato**
- 145 *Sessione Acquacoltura ed ittiopatologia*
moderatore: **Piero Franzoi**
- 187 *Sessione Comunicazioni libere*
moderatore: **Giancarlo Gibertini**
- 207 *Tavola Rotonda*
moderatore: **Riccardo Galligani**
- 213 *Sessione POSTER*