



Distribuzione e abbondanza delle popolazioni di trota fario (*Salmo trutta* L.) nel bacino del fiume Tevere in Umbria.

Antonella Carosi,^a Giovanni Pedicillo,^a Agnese Bicchi,^a Valentina Angeli,^a Lucia Ghetti,^b Massimo Lorenzoni^{a,*}

^a Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale, Università di Perugia, Via Elce di Sotto, 06123 Perugia, Italy

^b Regione dell'Umbria, Servizio Progr. Forestale, Faunistico Venatoria ed Economia Montana, Via M. Angeloni, 06124 Perugia, Italy

Abstract

Lo scopo del lavoro è quello di analizzare alcuni aspetti dell'ecologia di una delle specie ittiche autoctone più diffuse nel bacino del fiume Tevere: la trota fario (*Salmo trutta* L.). Lo studio si sviluppa attraverso l'analisi di popolazione di questa specie e l'individuazione delle relazioni esistenti con i fattori biotici ed abiotici che ne influenzano la distribuzione e l'abbondanza. L'area indagata comprende la porzione umbra e tosco-emiliana del bacino del fiume Tevere. L'analisi è stata condotta utilizzando i dati della Carta Ittica Regionale, raccolti in 157 stazioni di campionamento dislocate su un totale di 132 corsi d'acqua. In ogni settore considerato è stata censita la fauna ittica presente e sono stati analizzati alcuni parametri ambientali utili alla caratterizzazione del tratto fluviale indagato. I risultati ottenuti aggiungono informazioni sul ruolo dei fattori biotici ed abiotici nell'organizzazione delle biocenosi acquatiche e costituiscono la premessa indispensabile per intraprendere le politiche gestionali necessarie per la conservazione della biodiversità e la salvaguardia degli ecosistemi fluviali. © 2005 SItE. All rights reserved

Keywords: distribuzione; fiume Tevere; popolazioni ittiche; *Salmo trutta*; zonazione longitudinale;

1. Introduzione

Salmo trutta Linnaeus, 1758 è un teleosteo d'acqua dolce appartenente alla famiglia dei Salmonidi e come tale riveste una rilevante importanza economica; ciò è dovuto essenzialmente al fatto che è oggetto di un'intensa attività di pesca ed, inoltre, viene allevata a scopo alimentare e per i ripopolamenti. L'habitat della trota fario è costituito dalle acque limpide, fresche, bene ossigenate e veloci del tratto più a monte dei corsi d'acqua (Gandolfi et

al. 1991). Nella zonazione longitudinale dei corsi d'acqua occupa il tratto a rithron o "zona della trota" (Illies & Botosaneanu 1963; Huet 1949). La trota fario è una delle specie ittiche più diffuse nel bacino del fiume Tevere, dove è spesso la sola specie presente nel tratto montano, raramente è presente associata allo scazzone e talvolta si spinge più a valle fino alla "zona del barbo" (Mearelli et al. 1995).

Lo scopo della ricerca è quello di analizzare alcuni aspetti dell'ecologia della trota fario nel bacino idrografico del fiume Tevere ed in particolare lo studio si sviluppa attraverso l'individuazione delle principali relazioni esistenti con i fattori biotici ed

* Corresponding author. Tel.: +39 075 5855716; fax: +39 075 5855733; e-mail: lorenzon@unipg.it.

abiotici che influenzano la distribuzione e l'abbondanza di tale specie.

2. Materiali e metodi

L'area indagata comprende i corsi d'acqua principali della porzione umbra del bacino del fiume Tevere (Fig. 1).

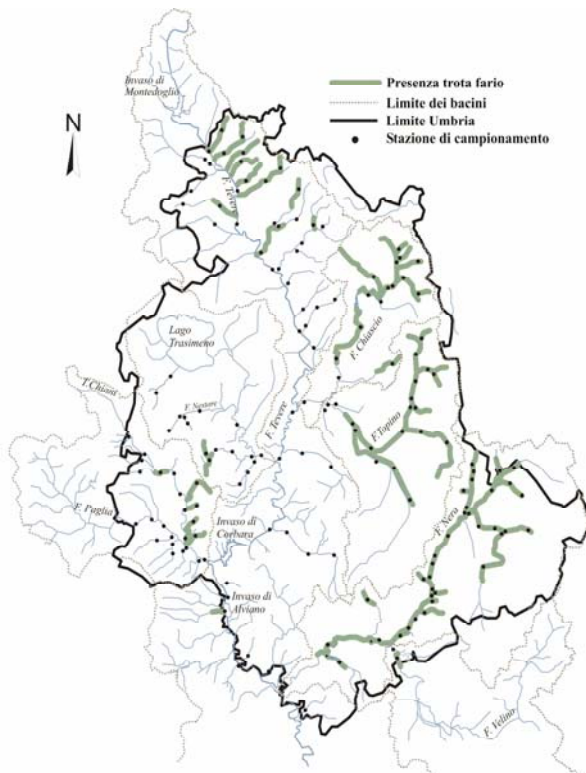


Fig. 1. Area di studio e distribuzione della trota fario.

Il fiume Tevere è il più grande fiume dell'Italia peninsulare e rappresenta in assoluto il secondo fiume italiano per estensione del bacino imbrifero ed il terzo per lunghezza; si origina dal Monte Fumaiolo a circa 1270 m s.l.m., ha una lunghezza di 405 km e costituisce l'asse idrografico cui fa capo tutta la rete idrica delle regione Umbria. Il suo bacino, che presenta una superficie pari a 12.692 km² (IRSA 1978), si estende anche ad altre regioni italiane: Emilia-Romagna, Toscana, Lazio, Marche ed Abruzzo.

L'analisi è stata condotta utilizzando i dati della Carta Ittica Regionale e ha quindi preso in considerazione esclusivamente i corsi d'acqua presenti nella porzione umbra del bacino. I dati sono stati raccolti nel periodo 1998-2005 in 157 stazioni di campionamento dislocate su un totale di 132 corsi d'acqua. Nel tratto considerato il Tevere riceve i contributi di numerosi affluenti, i maggiori dei quali sono il fiume Nestore con un bacino di 1033 km², il fiume Paglia con un bacino di 1338 km², il fiume Chiascio con un bacino di 5963 km² ed il fiume Nera, con un bacino di 4280 km² (IRSA 1978), di cui solo 1800 km² in Umbria.

In ciascuna stazione sono stati rilevati alcuni parametri morfo-idrologici, fisico-chimici, biologici utili alla caratterizzazione ambientale del settore considerato, il cui elenco è riportato nella tabella 3. L'I.B.E. è un indice biotico utilizzato per valutare la qualità dell'acqua che si basa sulla composizione delle comunità macrobentoniche (Ghetti 1986). I parametri idrologici sono stati misurati in uno o più transetti rappresentativi del settore considerato. Il bacino sotteso, la distanza dalla sorgente, la pendenza media e l'altitudine sono state ottenute dalla cartografia I.G.M. La conducibilità, il pH, la temperatura dell'acqua e l'ossigeno disciolto sono stati rilevati sul campo mediante strumenti portatili; gli altri parametri chimici sono stati determinati in laboratorio (A.P.H.A., A.W.W.A. & W.P.C.F. 1989).

La fauna ittica è stata catturata mediante l'uso di elettrostorditori su tratti almeno 10 volte più estesi in lunghezza rispetto alla larghezza della sezione bagnata; per il campionamento è stata utilizzata la tecnica delle passate successive (Moran 1951; Zippin 1956), ciò ha permesso di determinare la densità di ogni specie ittica censita. I campionamenti sono stati effettuati in due diversi periodi dell'anno, coincidenti con la fase di morbida (primavera) e di magra (estate-autunno) del regime idrologico dei corsi d'acqua indagati.

L'analisi delle corrispondenze canoniche (CCA) (ter Braak 1986) è stata utilizzata per mettere in relazione la composizione della fauna ittica con le variabili ambientali. La CCA è un metodo di analisi diretta dei gradienti ambientali sviluppato in modo specifico per analizzare le relazioni esistenti nelle matrici multivariate di dati ecologici.

Tabella 1

Confronto fra la ricchezza di specie fra presenza ed assenza della trota fario

Trota fario	N valori	Valore medio	Mediana	Valore minimo	Valore massimo	Deviazione standard	Z	p
assente	168	7.00	7.00	1.00	16.00	3.25	8.499	0.000
presente	146	3.79	3.00	1.00	14.00	3.14		

Per testare la significatività degli assi di ordinamento è stato utilizzato il Monte Carlo test con 1000 permutazioni: un asse è stato considerato significativo dal punto di vista statistico se gli autovalori ottenuti dal set di dati permutati superano gli originali in non più di 50 casi ($\alpha=0.05$). La matrice dei dati ambientali include 28 variabili e 314 osservazioni (157 stazioni x 2 campionamenti). Le variabili (N) sono state trasformate ($\ln(n+1)$) per normalizzarne la distribuzione (Brown & Austen 1996). Per ottenere la matrice dei dati ittici sono state utilizzate le densità: oltre alla fario sono stati considerati 5 gruppi di specie, raggruppate sulla

base delle proprie preferenze ecologiche. La matrice ittica è quindi composta da 6 variabili (“fario”, “altri salmonidi e scazzone”, “ciprinidi reofili”, “ciprinidi limnofili”, “predatori” e “altri”); l’elenco delle specie inserite nei vari gruppi è riportato nella tabella 2.

La relazione esistente tra il primo asse della CCA e la densità delle specie ittiche è stata successivamente investigata mediante analisi della regressione non lineare (GLM), utilizzando una distribuzione di tipo normale (Maunder & Punt 2004).

Tabella 2

Co-presenza della trota fario con le altre specie ittiche

Specie	Categoria ittica	%	Specie	Categoria ittica	%
<i>Alburnus alburnus alborella</i>	Ciprinidi limnofili	10.96	<i>Leuciscus lucumonis</i>	Ciprinidi reofili	16.44
<i>Anguilla anguilla</i>	Predatori	13.70	<i>Leuciscus souffia</i>	Ciprinidi reofili	44.52
<i>Barbus barbus</i>	Ciprinidi limnofili	0.00	<i>Micropterus salmoides</i>	Predatori	0.00
<i>Barbus plebejus</i>	Ciprinidi reofili	0.00	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Salmonidi e scazzone	3.42
<i>Barbus tyberinus</i>	Ciprinidi reofili	41.10	<i>Padogobius martensi</i>	Altri	2.05
<i>Carassius auratus</i>	Ciprinidi limnofili	10.96	<i>Padogobius nigricans</i>	Altri	20.55
<i>Chondrostoma genei</i>	Ciprinidi reofili	6.16	<i>Perca fluviatilis</i>	Predatori	1.37
<i>Chondrostoma soetta</i>	Ciprinidi reofili	0.68	<i>Pseudorasbora parva</i>	Ciprinidi limnofili	2.05
<i>Cyprinus carpio</i>	Ciprinidi limnofili	8.90	<i>Rhodeus amarus</i>	Ciprinidi reofili	0.00
<i>Cobitis taenia</i>	Altri	2.05	<i>Rutilus erythrophthalmus</i>	Ciprinidi limnofili	2.05
<i>Cottus gobio</i>	Salmonidi e scazzone	2.05	<i>Rutilus rubilio</i>	Ciprinidi reofili	40.41
<i>Esox lucius</i>	Predatori	0.68	<i>Rutilus rutilus</i>	Ciprinidi limnofili	0.00
<i>Gambusia affinis</i>	Altri	0.00	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Ciprinidi limnofili	0.68
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Altri	4.79	<i>Silurus glanis</i>	Predatori	0.00
<i>Gobio gobio</i>	Ciprinidi reofili	1.37	<i>Stizostedion lucioperca</i>	Predatori	0.00
<i>Ictalurus melas</i>	Predatori	2.05	<i>Thymallus thymallus</i>	Salmonidi e scazzone	0.68
<i>Lepomis gibbosus</i>	Predatori	4.79	<i>Tinca tinca</i>	Ciprinidi limnofili	4.11
<i>Leuciscus cephalus</i>	Ciprinidi reofili	30.82			

Tabella 3

Analisi delle corrispondenze canoniche: coefficienti canonici e correlazioni con gli assi (in grassetto $p < 0.05$)

Parametro	Coefficienti canonici		Correlazioni con gli assi			
	AX1	AX2	AX1	p	AX2	p
Distanza dalla sorgente (km)	0.267	-0.478	0.1145	0.0430	0.3248	0.0000
Bacino sotteso dalla stazione (km ²)	-0.498	1.029	0.0520	0.3580	0.4045	0.0000
Quota altimetrica (m s.l.m.)	-0.351	-0.175	-0.4637	0.0000	-0.1620	0.0040
Pendenza media (%)	-0.013	0.131	0.0905	0.1100	-0.2513	0.0000
pH	0.007	-0.038	0.1134	0.0450	-0.2400	0.0000
Conducibilità elettrica specifica ($\mu\text{S s}^{-1}$)	0.294	0.341	0.6583	0.0000	0.0543	0.3370
B.O.D. ₅ (mg l ⁻¹)	0.232	0.004	0.4115	0.0000	0.1550	0.0060
C.O.D. (mg l ⁻¹)	0.001	0.030	0.1029	0.0690	0.0652	0.2500
NNO ₃ (mg l ⁻¹)	-0.162	-0.376	0.2116	0.0000	-0.0941	0.0960
NNO ₂ (mg l ⁻¹)	-0.195	0.041	0.1886	0.0010	0.1085	0.0550
NNH ₃ (mg l ⁻¹)	-0.003	-0.016	0.1644	0.0030	-0.0043	0.9400
SO ₄ (mg l ⁻¹)	-0.092	-0.022	0.4485	0.0000	0.0489	0.3880
PPO ₄ (mg l ⁻¹)	0.044	-0.365	0.1744	0.0020	0.1158	0.0400
P totale (mg l ⁻¹)	-0.146	0.767	0.2100	0.0000	0.1841	0.0010
Cl (mg l ⁻¹)	0.350	-0.255	0.6750	0.0000	0.0591	0.2970
Temperatura dell'acqua (°C)	0.099	-0.130	0.2937	0.0000	0.0872	0.1230
Ossigeno disciolto (mg l ⁻¹)	0.135	0.275	-0.1507	0.0070	0.0433	0.4450
Ossigeno percentuale V.S. (%)	-0.242	-0.204	-0.1854	0.0010	0.0528	0.3510
E.B.I.	-0.146	-0.098	-0.3241	0.0000	-0.2223	0.0000
Larghezza media dell'alveo (m)	0.336	-0.474	0.1110	0.0490	0.2445	0.0000
Profondità media (m)	0.091	-0.150	-0.0628	0.2670	0.0525	0.3540
Velocità media di corrente (m s ⁻¹)	-0.452	0.114	-0.4743	0.0000	0.1775	0.0020
Portata (m ³ s ⁻¹)	0.406	0.025	-0.0717	0.2050	0.4311	0.0000
Sezione utile (m ²)	-0.482	0.182	-0.0882	0.1190	0.1920	0.0010
Ombreggiatura dell'alveo	0.062	-0.096	0.0590	0.2970	-0.2796	0.0000
Cover	-0.143	-0.035	-0.0440	0.4380	0.0039	0.9450
Copertura vegetale del fondo	-0.102	0.357	0.0633	0.2640	0.2649	0.0000
Granulometria prevalente	0.030	-0.140	-0.1045	0.0640	-0.2843	0.0000

3. Risultati

La trota fario è presente in 93 delle 157 stazioni campionate (Fig. 1).

La sua diffusione è massima nella sinistra idrografica del bacino (fiume Nera = 39 stazioni; fiume Chiascio e fiume Topino = 32 stazioni; Alto

Tevere = 14 stazioni). Rispetto al precedente censimento condotto nel corso della Carta Ittica Regionale di I° livello (Mearelli *et al.* 1996) si rileva un'espansione dell'areale di distribuzione della specie, espansione che interessa principalmente i sottobacini dei fiumi Chiascio e Topino. In 58 casi (18.47%) la trota fario risulta la sola specie presente. Nell'area indagata sono state

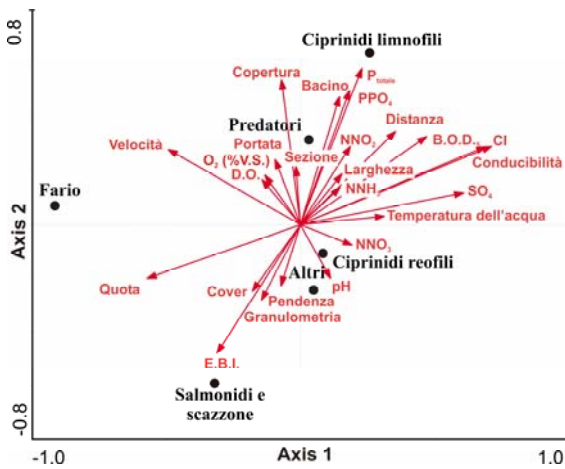


Fig. 2. CCA: biplot delle componenti ittiche e delle variabili ambientali.

rinvenute 35 specie ittiche, oltre alla trota fario, ed il loro elenco è riportato nella tabella 2.

Nei casi in cui la trota fario è presente, la ricchezza media di specie (\pm S.E.) risulta pari a 3.79 ± 0.26 (mediana = 3.0); per le stazioni in cui la trota fario è assente, si riscontra un valore medio di specie molto più elevato: 7.00 ± 0.25 (mediana = 7.0). Le differenze sono risultate altamente significative all'U-test di Mann-Whitney ($p = 0.000$) (tabella 1). Le percentuali di co-presenza tra la trota fario e le altre specie ittiche censite risultano maggiormente elevate per i ciprinidi reofili; in particolare i valori massimi si riscontrano per il vairone (44.52%), il barbo tiberino (41.10%), la rovella (40.41%) ed il cavedano comune (30.82%) (tabella 2).

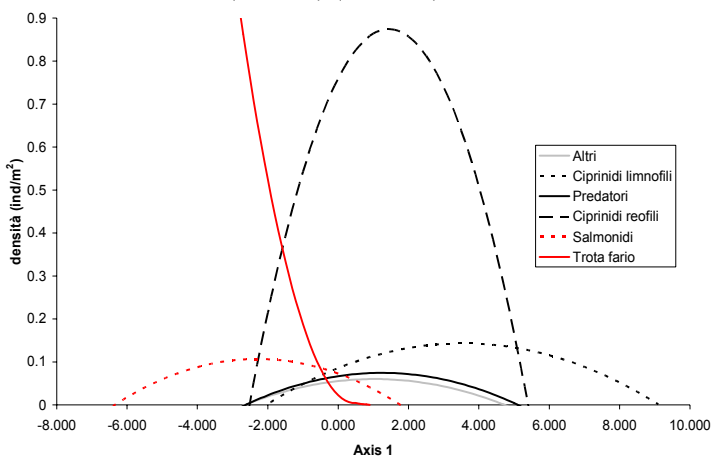


Fig. 3. Analisi della regressione: andamento delle densità in funzione del primo asse della CCA.

La tabella 3 e la Fig. 2 mostrano i risultati della CCA: il primo asse giustifica il 22.50% della variabilità complessiva (inerzia totale 2.38), mentre il secondo asse è meno informativo (10.30% della variabilità). Gli autovalori degli assi canonici sono significativi al Monte Carlo test ($p < 0.001$) e ciò evidenzia una stretta associazione fra variabili ambientali e composizione della fauna ittica (ter Braak 1986). Nel diagramma della Fig. 2 la posizione delle singole componenti ittiche appare fortemente condizionata dal gradiente longitudinale, con la trota fario che risulta associata ad elevati valori di velocità di corrente, quota altimetrica, ossigeno disciolto, I.B.E., ed a bassi valori di conducibilità elettrica specifica, solfati, cloruri, B.O.D.₅, temperatura dell'acqua e distanza della sorgente.

La relazione trovata fra la densità della trota fario ed il primo asse dell'analisi delle corrispondenze canoniche (Fig. 3) è pari a $y = 0.023 - 0.080x + 0.019x^2$ ($F = 65.60$; $p = 0.001$); per gli altri salmonidi e lo scazzone la relazione è pari a $y = 0.007 - 0.002x - 0.001x^2$ ($F = 0.29$; $p = 0.252$); per i ciprinidi reofili è pari a $y = 0.759 + 0.161x - 0.056x^2$ ($F = 20.75$; $p = 0.001$); per i ciprinidi limnofili è pari a $y = 0.086 + 0.033x - 0.005x^2$ ($F = 6.68$; $p = 0.001$); per i predatori è pari a $y = 0.007 + 0.001x - 0.001x^2$ ($F = 0.24$; $p = 0.215$) ed infine per le altre specie la relazione è pari a $y = 0.055 + 0.009x - 0.004x^2$ ($F = 1.87$; $p = 0.156$).

4. Conclusioni

I risultati della ricerca evidenziano l'esistenza nel bacino del fiume Tevere di una forte relazione fra il gradiente longitudinale e le caratteristiche morfo-idrologiche dei corsi d'acqua indagati. L'analisi delle corrispondenze canoniche sembra rappresentare molto bene l'evoluzione longitudinale del fiume: alla diminuzione di quota e all'aumento della distanza della sorgente corrisponde un'evoluzione morfologica del corso d'acqua con l'aumento del bacino sotteso, della sezione fluviale, della velocità media di corrente e della portata. A questo gradiente si associa anche un

progressivo scadimento della qualità dell'acqua denunciato chiaramente dalla diminuzione dell'I.B.E. e dall'aumento del B.O.D.₅, della conducibilità e della maggior parte degli altri parametri chimici.

La trota fario risulta ampiamente distribuita nell'area indagata confermando di prediligere soprattutto i corsi d'acqua dei settori montani del bacino, dove è presente da sola o associata ad alcuni ciprinidi reofili, quali vairone, barbo tiberino, rovello e cavedano comune. Per quanto riguarda l'influenza dei fattori abiotici, i settori fluviali in cui la trota fario è presente risultano caratterizzati da elevati valori di velocità di corrente, quota altimetrica, ossigeno disciolto, I.B.E., ed a bassi valori di conducibilità elettrica specifica, solfati, cloruri, B.O.D.₅, temperatura dell'acqua e distanza della sorgente.

I risultati confermano quanto emerso nel corso di precedenti ricerche (Mearelli *et al.* 1995; Carosi *et al.* 2004) e sono in accordo con l'ipotesi di una successione di specie ittiche lungo il gradiente longitudinale, con la sostituzione procedendo verso valle delle specie reofile più specializzate (trota fario, altri salmonidi e scazzone, ciprinidi reofili) con specie progressivamente più limnofile (predatori e ciprinidi limnofili).

References

- A.P.H.A., A.W.W.A. & W.P.C.F. (1989). *Standard methods for the examination of water and waste water*. American Public Health Association, Washington.
- Brown, M.L. & Austen, D.J. (1996) Data management and statistical techniques. *Fisheries Techniques*. (eds B. R. Murphy & D.W. Willis), pp17-62. American Fisheries Society, Bethesda.
- Carosi, A., Corboli, M., Ghetti, L., Pace, R., Pedicillo, G., Mearelli, M. & Lorenzoni, M. (2004) Stato e conservazione delle comunità ittiche del Fiume Tevere in Umbria. *Programma e riassunti del XIV Congresso S.It.E., Siena, 4-6 Ottobre 2004*, 83.
- Gandolfi, G., Zerunian, S., Torricelli, P. & Marconato, A. (1991) *I pesci delle acque interne italiane*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Ghetti, P.F. (1986). *I macroinvertebrati nell'analisi di qualità dei corsi d'acqua*. Bertelli, Trento.
- Huet, M. (1949). Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles dans les eaux courantes. *Revue Suisse d'Hydrologie*, **11**, 332-351.
- Illies, J. & Botosaneanu, L. (1963) Problemes et methodes des la classification et de la zonazion ecologique des eaux courantes, considees surtout du point de vue faunistique. *Mitt. Int. Verein. Limnol.*, **12**, 1-57.
- IRSA (1978). Indagini sull'inquinamento del fiume Tevere. *CNR*, **27**, Roma.
- Maunder, M.N. & Punt, A.E. (2004) Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research*, **70**, 141-159.
- Mearelli, M., Giovinazzo, G., Lorenzoni, M., Petesse, M.L. & Carosi, A. (1995) Zonazione ittica dei corsi d'acqua del bacino del fiume Tevere. *SITE Atti*, **16**, 669-671.
- Mearelli, M., Lorenzoni, M., Petesse, M.L., Giovinazzo, G., Carosi, A., Cingolani, L., Ghetti, L., Montilli, G., Mossone, M., Nelli, P. & Uzzoli, C. (1996) *Carta ittica della regione Umbria: bacino del fiume Tevere*. Tipografica Salvi, Perugia.
- Moran, P.A.P. (1951) A mathematical theory of animal trapping. *Biometrika*, **38**, 307-311.
- ter Braak, C.J.F. (1986) Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, **67**, 1167-1179.
- Zippin, C. (1956) An evaluation of removal method of estimation animal populations. *Biometrics*, **12**, 163-189.