



Provincia di Terni
Assessorato alla Programmazione Faunistica

INDIVIDUAZIONE E RICONOSCIMENTO DEI BARBI AUTOCTONI NEL BACINO DEL FIUME PAGLIA



A cura di:

***Massimo Lorenzoni, Antonella Carosi,
Valentina Angeli, Agnese Bicchi,
Giovanni Pedicillo, Paolo Viali***

**Provincia di Terni
Assessorato alla Programmazione Faunistica**

**INDIVIDUAZIONE E RICONOSCIMENTO DEI BARBI
AUTOCTONI NEL BACINO DEL FIUME PAGLIA**

Gruppo di lavoro

Lorenzoni Massimo, Pedicillo Giovanni, Carletti Silvia -
Dipartimento di Biologia Cellulare e Ambientale, Università degli
Studi di Perugia

**Angeli Valentina, Bicchi Agnese, Carosi Antonella, Viali
Paolo** - Servizio Programmazione Itticofaunistica, Provincia di
Terni

Tardiolo Domenico - Polizia Locale Provincia di Terni

Fotografie di Massimo Lorenzoni e Andrea Marconato

Si ringrazia il Servizio Programmazione forestale, Faunistico-venatoria ed Economia Montana della Regione dell'Umbria, ed in particolare la dott.ssa Lucia Ghetti, per il contributo finanziario che ha reso possibile la realizzazione della ricerca.

Ai termini sottolineati nel testo corrisponde una
definizione riportata nel glossario

Presentazione

La ricerca presentata in questo volume si inquadra nel panorama delle iniziative promosse dalla Provincia di Terni volte alla salvaguardia e valorizzazione del patrimonio ittico.

In particolare questa pubblicazione, sulla scia di un percorso iniziato alcuni anni fa con la realizzazione del progetto di selezione e recupero del ceppo autoctono di trota fario nel bacino del Nera, rappresenta un ulteriore contributo alla acquisizione di informazioni indispensabili per affrontare le problematiche connesse alla conservazione ed al ripristino delle specie ittiche autoctone presenti nei corpi idrici provinciali.

La tutela della biodiversità costituisce di fatto uno dei cardini fondamentali attorno al quale ruota la gestione delle risorse ittiche. In questo contesto si è ritenuto opportuno puntare l'attenzione sulle popolazioni di barbo autoctono del bacino del fiume Paglia, che rappresenta l'area in cui la specie è maggiormente diffusa.

*Lo studio, svolto in collaborazione con il Dipartimento di Biologia Cellulare ed Ambientale dell'Università degli Studi di Perugia, fornisce gli strumenti necessari per il riconoscimento delle diverse specie appartenenti al genere *Barbus*; i risultati ottenuti, opportunamente validati dalle analisi genetiche necessarie per il completamento della ricerca, costituiscono il presupposto per la selezione degli esemplari selvatici da utilizzare per la produzione di novellame autoctono destinato ai ripopolamenti.*

Le informazioni scaturite nel corso dell'indagine costituiscono dunque le basi su cui approntare un piano gestionale volto al recupero e potenziamento del barbo autoctono nelle acque del territorio provinciale.

Un particolare ringraziamento a tutti coloro che hanno partecipato alla redazione di questo lavoro.

Gianni Pelini

Assessore alla Programmazione Faunistica
della Provincia di Terni

Indice

1. Introduzione	1
2. Area di studio	3
3. Caratteristiche delle specie indagate	4
3.1 <i>Barbus meridionalis caninus</i> Bonaparte, 1839	4
3.2 <i>Barbus plebejus</i> Bonaparte, 1839	6
3.3 <i>Barbus tyberinus</i> Bonaparte. 1839	8
3.4 <i>Barbus barbus</i> Linneo, 1758	10
4. Materiali e metodi	13
4.1 Analisi di laboratorio	15
4.2 Caratteri morfometrici	16
4.3 Caratteri meristici	16
4.4 Analisi delle immagini	19
5. Risultati	23
5.1 Statistica descrittiva del campione complessivo	23
5.2 Statistica descrittiva del campione disaggregato per specie	24
5.3 Analisi delle componenti principali	24
5.4 Analisi dei cluster	33
5.5 Analisi discriminante tra i cluster	39
6. Conclusioni	42
7. Glossario	47
8. Bibliografia	51

1. Introduzione

La fauna ittica autoctona delle acque interne italiane ha subito nel corso degli anni un progressivo impoverimento, dovuto al generale degrado degli ecosistemi acquatici. L'inquinamento e l'eutrofizzazione delle acque, le alterazioni della morfologia fluviale e dei regimi idrologici, la creazione di barriere alla circolazione dei pesci sono tra le principali cause di disturbo della fauna ittica. A questi fattori si deve inoltre aggiungere l'introduzione di specie esotiche, che è stato definito uno dei più importanti e meno studiati fattori di perturbazione causati dall'uomo sugli ecosistemi acquatici. In letteratura sono riportati numerosi casi in cui le specie introdotte causano l'estinzione di specie indigene e quindi si assiste ad una alterazione degli equilibri ambientali (Lodge et al., 2000; Mack et al., 2000).

Oltre il 40% delle specie ittiche oggi presenti in Italia è di provenienza alloctona. La presenza di taxa alloctoni è più pronunciata nel tratto di pianura dei corsi d'acqua e nelle acque stagnanti: qui, infatti, le caratteristiche fisiche e biologiche sono favorevoli a molte specie esotiche, che generalmente sono limnofile ed euriterme (Rosecchi et al., 1997; McKinney e Lockwood, 1999).

Un'ulteriore causa di disturbo della fauna ittica è data dall'attività alieutica; l'integrità genetica di molte specie ittiche autoctone è difatti compromessa dalle frequenti immissioni effettuate allo scopo di ripristinare le popolazioni depauperate a causa di un eccessivo prelievo. Molto spesso, infatti, in passato nei

ripopolamenti sono stati utilizzati esemplari di ceppo diverso rispetto alle popolazioni indigene, causando il fenomeno dell'inquinamento genetico. L'incrocio tra esemplari alloctoni ed indigeni determina di fatto una perdita irreversibile della variabilità genetica che penalizza le popolazioni selvatiche in quanto riduce la loro capacità di adattarsi alle differenti condizioni ambientali.

In ogni caso, l'introduzione di specie esotiche e l'inquinamento genetico conducono inevitabilmente ad una diminuzione della biodiversità, intesa come riduzione della varietà e della variabilità all'interno delle comunità ittiche. Emerge dunque la necessità di indagare sui meccanismi alla base dell'impatto delle specie esotiche su quelle autoctone; le informazioni raccolte potranno essere utilizzate per programmare interventi di contenimento delle specie maggiormente invasive e recupero degli endemismi a rischio di estinzione. Il problema può essere evitato utilizzando nei ripopolamenti materiale ottenuto dalla fecondazione artificiale di riproduttori selvatici. La gestione di un incubatoio in grado di garantire la necessaria produzione del materiale da semina non comporta grandi difficoltà, soprattutto se si può contare sulla collaborazione dei pescatori sportivi locali (Forneris, 1989). Tuttavia laddove problemi di inquinamento genetico già sussistono occorre selezionare con cura gli esemplari da avviare alla riproduzione e non sempre ciò è possibile sulla base delle sole caratteristiche morfologiche della livrea,

1. Introduzione

a causa dei fenomeni di ibridazione ed introgressione genetica (Allendorf, 1991).

Per il genere *Barbus*, inoltre, il problema del riconoscimento ed individuazione degli esemplari autoctoni è estremamente complicato dal mancato raggiungimento di una impostazione sistematica unanimemente accettata (Bianco, 1995, 2003a 2003b e 2003c; Zerunian, 2002 e 2003) e dalle difficoltà di determinazione degli esemplari; ciò anche a causa della facilità con cui le diverse specie si ibridano fra loro. Alla luce di tali problematiche è stata ravvisata l'importanza di intraprendere uno studio che porti al riconoscimento delle popolazioni autoctone del genere *Barbus* presenti nelle acque del territorio della Provincia di Terni. In particolare l'indagine è stata rivolta al bacino del fiume Paglia, in quanto rappresenta l'area in cui risultano maggiormente diffuse le specie oggetto di studio. La ricerca vuole fornire, per quanto possibile allo stato attuale delle conoscenze, un quadro preliminare sulle caratteristiche morfologiche delle popolazioni di barbo presenti nel bacino indagato e sulla loro distribuzione. Ciò allo scopo di impostare un'analisi che permetta di riconoscere su base morfologica le popolazioni autoctone presenti, contribuendo in tal modo alla formulazione di un piano gestionale volto al loro recupero e potenziamento.

La ricerca si è articolata in due parti:

1. Censimento delle specie del genere *Barbus* presenti nel bacino:

lo scopo è quello di analizzare la distribuzione, l'abbondanza, lo stato

di ibridazione ed alcuni aspetti differenziali della biologia delle popolazioni delle diverse specie di barbo presenti nel bacino del fiume Paglia.

2. Caratterizzazione morfologica delle popolazioni:

la finalità è quella di caratterizzare dal punto di vista morfologico e morfometrico le specie di barbo presenti e di evidenziare i caratteri che permettono di discriminare gli esemplari di ceppo autoctono. Ciò allo scopo di fornire le indicazioni necessarie al riconoscimento e all'eventuale selezione degli esemplari da avviare a successivi progetti di recupero mediante fecondazione artificiale. Successive ricerche potranno completare il quadro conoscitivo delle caratteristiche biologiche ed ecologiche delle specie del genere *Barbus* presenti nel bacino del fiume Paglia, contribuendo alla formulazione di un progetto di gestione complessivo, finalizzato al potenziamento della specie autoctone ed al contenimento di quelle esotiche. Punti qualificanti del progetto di recupero sono rappresentati dall'approfondimento dei dati sulle caratteristiche biologiche delle forme autoctone (accrescimento, biologia riproduttiva, alimentazione), sulle relazioni esistenti con le altre specie ittiche presenti nella zona a barbo dei corsi d'acqua umbri, sullo sforzo pesca e sul prelievo che insistono su di esse.

2. Area di studio

Il bacino del fiume Paglia si estende alle regioni Umbria, Toscana e Lazio ed interessa le province di Perugia, Terni, Grosseto, Siena, Arezzo e Viterbo; esso comprende un'area di circa 1320 km², di cui circa 679 km² sono collocati al di fuori del territorio umbro (Fig.2.1) (Mearelli et al.,1996). Il bacino ha un'altezza massima di 1734 m s.l.m. in corrispondenza del monte Amiata; è delimitato ad est dallo spartiacque monte Peglia – monte Piatto, a sud dal lago di Bolsena, ad ovest ed a nord dallo spartiacque che corre lungo il monte Civitella, il monte Amiata ed il monte Cetona (CNR, 1982).

Il fiume Paglia è un affluente di destra del fiume Tevere, sorge sulle pendici orientali del monte Amiata, a ovest dell'abitato di Radiocofani in provincia di Siena; il fiume scorre nella Val di Chiana - Valle del Paglia compiendo un percorso di circa 60 km.

Il torrente Chiani è il maggior affluente di sinistra del Paglia, si origina presso Ponticelli (comune di Città della Pieve), dalla confluenza del torrente Astrone con il canale Chianetta. Scorre per circa 44 km con un bacino totale di 190,64 km².



Fig.2.1 - Bacino umbro del Fiume Tevere.

3. Caratteristiche delle specie del genere *Barbus*

Il genere *Barbus* appartiene all'ordine *Cypriniformes*, alla famiglia *Cyprinidae* e comprende un gran numero di specie, diffuse in Europa, Asia e Africa, con resti fossili che si conoscono fin dall'Oligocene. Le conoscenze tassonomiche e sistematiche che riguardano tale genere, probabilmente non monofiletico (Nelson, 1994), sono largamente incomplete ed andrebbero approfondite al fine di fornire basi più solide alla nomenclatura delle specie che vi appartengono (Lelek, 1987). Anche la sistematica delle popolazioni europee del genere *Barbus* appare molto complicata e non è stata ancora interamente risolta; tutto il complesso meriterebbe una più accurata indagine in grado di chiarire definitivamente la situazione. In Italia tutti gli autori (Tortonese, 1970; Gandolfi et al., 1991; Zerunian, 2002) sono concordi nel ritenere presenti almeno due specie autoctone: il barbo canino (*Barbus meridionalis caninus* Bonaparte, 1839) ed il barbo del Po (*Barbus plebejus* Bonaparte, 1839), mentre è ancora dibattuta la posizione sistematica delle popolazioni autoctone centro-meridionali, ritenute da Bianco (1995 e 2003b) attribuibili ad una specie distinta dalle due precedenti (*Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839 o barbo del Tevere). Altri autori, tuttavia, non ritengono il barbo del Tevere una specie valida (Zerunian, 2002) e preferiscono attribuire le popolazioni di questo presunto taxon a *B. plebejus*; le caratteristiche delle popolazioni di barbo dell'Italia centro-meridionale rientrerebbero, per tali autori, all'interno

della variabilità intraspecifica del barbo del Po, che risulta una specie piuttosto polimorfa anche in relazione alle caratteristiche ambientali dei diversi sistemi idrografici (Gandolfi et al., 1991). Un altro fenomeno che potrebbe aver incrementato la già consistente variabilità delle popolazioni italiane di barbo è la facilità con cui le diverse forme si ibridano fra loro; l'ibridazione è un fenomeno piuttosto frequente nei Ciprinidi e sono stati descritti vari casi anche all'interno del genere *Barbus* (Philippart e Berrebi, 1990; Betti, 1993). Un ulteriore elemento che complica la situazione faunistica è l'introduzione nelle acque interne italiane di barbi provenienti da altri paesi europei, fra i quali il barbo del Danubio (*Barbus barbus* Linnaeus, 1758).

Di seguito vengono riportate alcune informazioni riguardanti le più diffuse specie del genere *Barbus* presenti in Italia e nella tabella 3.1 viene riportata una sintesi delle caratteristiche morfologiche e meristiche (Bianco, 1995; 2003a; 2003b; 2003c).

3.1 *Barbus meridionalis caninus* Bonaparte, 1839

In Europa *Barbus meridionalis* costituisce un complesso di specie e/o sottospecie tutt'ora in continua evoluzione (Berrebi, 1995); alla luce delle attuali conoscenze, la posizione sistematica che sembra più corretta è quella di considerare le popolazioni italiane del barbo canino come una sottospecie, endemica, classificabile quindi come *Barbus*

3. Caratteristiche delle specie del genere *Barbus*

Parametro	<i>B.caninus</i>	<i>B.plebejus</i>	<i>B.tyberinus</i>	<i>B.barbus</i>
Ultimo raggio semplice pinna dorsale	Non dentellato	Dentellato in parte (con l'età diminuisce)	Dentellato in parte (con l'età diminuisce)	Fortemente dentellato
Numero dentelli pinna dorsale	0	0-38 (24-26)	0-34	
Raggi ramificati pinna dorsale	7-8	8	8	8
Raggi ramificati pinna anale	5	5	5	5
Raggi ramificati pinne ventrali	7-8	7-8	8	
Bordo posteriore della pinna dorsale (stesa)	Inserzione anteriore P.A.	Più corta dell'inserzione anteriore P.A.	Inserzione anteriore P.A.	Più corta dell'inserzione anteriore P.A.
Bordo superiore della pinna dorsale	Rettilineo	Poco concavo	Poco concavo	Molto concavo
Scaglie sulla linea laterale	39-51 (41-48)	62-78 (66-72)	47-63 (51-58)	53-62 (56-60)
Scaglie sopra la linea laterale	8.5-11.5 (9.5-10.5)	12.5-16.5 (15.5)	10.5-15.5 (12.5-14.5)	12-14
Scaglie sotto la linea laterale	6.5-9.5 (7.5-9.5)	9.5-12.5 (10.5-11.5)	7.5-10.5 (8.5-9.5)	7-9
Branchiospine 1° arco	6-12 (7-10)	9-15 (10-12)	7-13 (8-10)	17 ?
Testa	Corta e profonda	Conica (prominenza internasale)	Conica (prominenza internasale)	
Labbro inferiore	Tripartito	Tripartito	Tripartito	Vagamente tripartito o bipartito
Colorazione dorso	Macchie nere sui fianchi	Punti neri triangolari su molte scaglie	Punti neri su tutti i fianchi (talvolta delle macchie)	Punti neri sulla parte anteriore delle scaglie
Colorazione pinne impari	Con punti neri	Con punti neri	Con punti neri	
Colorazione pinne pari	Pochi punti neri	Rari punti neri	Pochi punti neri	
Iride	Gialla			
Peritoneo	Nero inchiostro	Biancastro	Grigio con gruppi di melanofori	
Distribuzione originaria	Distretto Padano-Veneto	Distretto Padano-Veneto	Distretto Tosco-Laziale	Bacino del Danubio

(Tra parentesi i valori più comuni) - Dati tratti da Bianco (1995; 2003a; 2003b; 2003c), Berg (1967), Ladiges e Vogt (1967).

Tab. 3.1 – Caratteristiche morfologiche e meristiche delle specie appartenenti al genere *Barbus* presenti in Italia.

meridionalis caninus (Zerunian, 2002) (Fig.3.1). Essa risulta geneticamente affine alle sottospecie *B. meridionalis peloponesicus*, della Grecia, e *B. meridionalis petenyi*, del bacino del Danubio, ma non alla sottospecie *B. meridionalis meridionalis* del sud della Francia (Tsigenopoulos et al., 1999).

Barbus meridionalis presenta un areale frammentato nelle regioni a più bassa latitudine dell'Europa. In Italia rappresenta una forma autoctona ed originaria del distretto Padano-Veneto, ma è stata introdotta anche in alcuni fiumi



Fig. 3.1 – Barbo canino (*Barbus meridionalis caninus*). Foto di Andrea Marconato.

3. Caratteristiche delle specie del genere *Barbus*

dell'Italia centrale (Bianco, 1993 e 1995; Zerunian, 2003) (Fig. 3.2). Il barbo canino può essere considerato comune nei tratti pedemontani dei corsi d'acqua, raro in pianura e assente nei laghi prealpini (e di regola anche nei bacini artificiali). La distribuzione della sottospecie italiana interessa tutte le regioni settentrionali; il limite meridionale dell'areale è però incerto, in quanto in Toscana esistono alcune popolazioni di dubbia origine: potrebbero essere indigene o immesse accidentalmente dall'uomo (Bianco, 2003a); secondo Bianco (1995) nei corsi d'acqua sfocianti nel mare Adriatico la distribuzione del barbo canino avrebbe il suo attuale limite sud nel fiume Marecchia.

Da accertare è la sua presenza in Umbria.



Fig. 3.2 – Areale di distribuzione originario del barbo canino (*Barbus meridionalis caninus*).

3.2 *Barbus plebejus* Bonaparte, 1839

È stato discusso se le popolazioni italiane di barbo del Po potessero appartenere ad una specie a sè stante, così come ritenuto da Gandolfi et al. (1991), oppure rappresentare una sottospecie di *Barbus barbus*, come nello schema di classificazione seguito da Tortonese (1970). Il problema resta aperto (Zerunian, 2002), anche se dati recenti hanno però evidenziato consistenti differenze genetiche fra *B. barbus* e *B. plebejus* (Tsigenopoulos et al., 1999), tali da rafforzare l'ipotesi di una separazione fra i due taxa (Berrebi, 1995). In Italia *Barbus plebejus* (Fig.3.3) è autoctono e risulta presente in quasi tutti i bacini del distretto Padano-Veneto; l'areale originario comprende il bacino del fiume Po e quelli dei fiumi afferenti al mare Adriatico in Italia, Istria e Dalmazia fino al fiume Krka e al fiume Zrmanje (Bianco, 1995 e 2003c). Se si ammette come valida l'attribuzione delle popolazioni centro-meridionali alla specie *Barbus tyberinus*, diviene dubbia la presenza di forme autoctone di *Barbus plebejus* nei



Fig. 3.3 – Barbo del Po (*Barbus plebejus*).

3. Caratteristiche delle specie del genere *Barbus*

bacini dei principali fiumi dell'Italia centrale, come l'Arno, l'Ombrone ed il Tevere. Bianco (1993), tuttavia, ritiene possibile che anche il barbo del Po sia autoctono del distretto Tosco-Laziale, con un areale originario di distribuzione parzialmente sovrapposto a quello del barbo del Tevere (Fig.3.4). L'attuale area di diffusione della specie appare considerevolmente diversa da quella originaria, a causa delle numerose introduzioni operate dall'uomo, cosa che rende attualmente molto difficile

inferiore del fiume Tevere, a valle della confluenza del torrente Assino. La distribuzione del barbo del Po nel bacino del fiume Paglia è abbastanza frammentata ed infatti esso risulta diffuso nel fosso Montacchione, nel tratto intermedio del fiume Chiani (tra Olevole e La Casella) e in due settori del fiume Paglia (Allerona e confluenza nel fiume Tevere). Quasi mai, tuttavia, le popolazioni di questa specie appaiono numerose e ben strutturate e tale situazione suscita seri dubbi sul loro reale indigenato in Umbria.



Fig. 3.4 – Areale di distribuzione originario del barbo del Po (*Barbus plebejus*).

stabilirne i reali confini (Bianco, 1993, 1995 e 2003b). In Umbria la diffusione del barbo del Po è estremamente più localizzata rispetto a quella descritta per il barbo del Tevere (Fig.3.5): esso risulta, infatti, presente nel tratto del fiume Chiascio a valle della confluenza del torrente Rasina e nel corso medio-

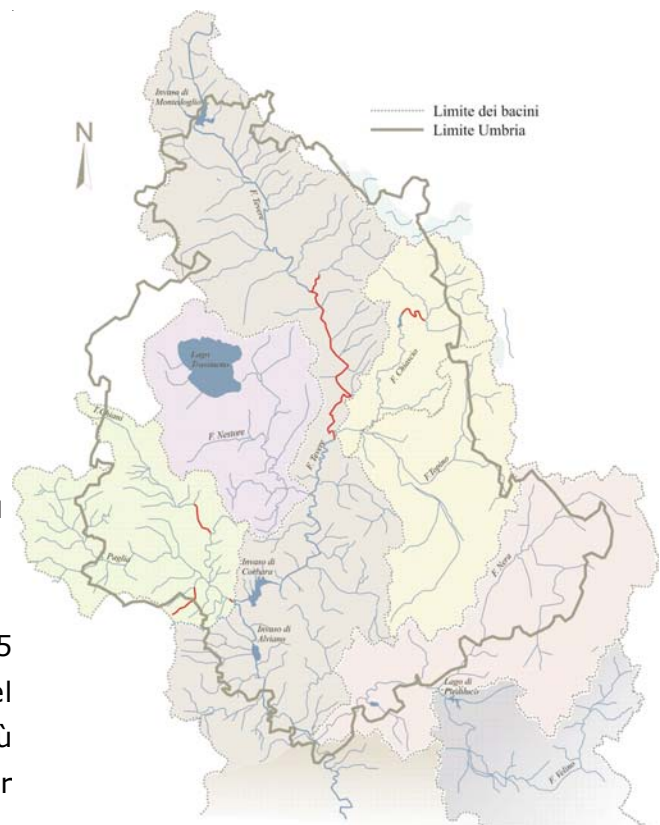


Fig. 3.5 – Distribuzione in Umbria di *Barbus plebejus*.

3. Caratteristiche delle specie del genere *Barbus*

3.3 *Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839

Per lungo tempo le popolazioni di barbo dell'Italia centro-meridionale sono state considerate come appartenenti a *Barbus plebejus* (Tortonese, 1970; Gandolfi et al., 1991), anche se era nota l'esistenza di alcune differenze morfologiche che le differenziavano, almeno parzialmente, da quelle presenti nei corsi d'acqua delle regioni settentrionali (Nonnis Marzano et al., 2003). Le differenze che secondo Bianco (1995 e 2003b) giustificano tale separazione consistono nella presenza di squame di maggiori dimensioni, in una livrea leggermente diversa e nella colorazione più scura del peritoneo che caratterizzerebbe il barbo del Tevere (Fig.3.6).



Fig. 3.6 – Barbo del Tevere (*Barbus tyberinus*).

Il barbo tiberino risulta la specie del genere *Barbus* più diffusa in Umbria; di seguito sono riportate le principali caratteristiche che lo contraddistinguono (Bianco 1995 e 2003b).

Morfologia

- Ultimo raggio non ramificato della pinna dorsale dentellato; la dentellatura scompare con l'età e all'aumentare della taglia (nei pesci di 80-100 mm c'è la perdita della dentellatura). Quando sono presenti, questi dentelli, possono raggiungere un valore massimo di 35.
- 47-63 scaglie sulla linea laterale, più comunemente 51-58.
- 7-13 branchiospine, più comunemente 8-10, nel primo arco branchiale.
- 8 raggi ramificati sulla pinna dorsale, 5 raggi ramificati sulla pinna anale.
- La testa è conica e talvolta può essere presente una prominente internasale. Il muso è estremamente appuntito. Le labbra sono spesse e completamente coperte da papille.
- La pinna dorsale, quando è schiacciata al corpo, può raggiungere negli esemplari più grandi la verticale dell'inserzione della pinna anale.
- Il margine libero della pinna dorsale è diritto o solo leggermente concavo.

Colorazione

- La pinna dorsale è grigiasta, con piccole chiazze rotondeggianti e una colorazione rossastra lungo il margine libero; la pinna anale è di solito incolore o con piccole chiazze. Le pinne pettorali e pelviche sono grigiastre o talvolta arancioni.
- La pinna caudale presenta piccole chiazze rotondeggianti che talvolta formano piccoli gruppi e sono disposte in modo da formare delle bande verticali.

3. Caratteristiche delle specie del genere *Barbus*

- Il dorso ha una colorazione bruna. I fianchi sono giallognoli chiari o argentati; il ventre è biancastro.
- Nella zona dorsale e laterale del corpo sono presenti chiazze irregolari e scure.
- La membrana peritoneale è generalmente grigia.
- La testa è scura con piccole macchie; i barbigli sono bianco-grigiastri.

Dimorfismo sessuale

I maschi in riproduzione presentano piccoli e numerosi tubercoli sul capo, sull'opercolo e al centro delle scaglie del dorso, specialmente nell'area tra il margine posteriore dell'osso occipitale e l'origine della pinna dorsale.

Habitat

- Specie bentonica, preferisce fondali sabbiosi e ghiaiosi.
- Vive in acque moderatamente profonde, con presenza di corrente e buona concentrazione di ossigeno. In inverno si rifugia in tane o sotto i massi nelle acque più profonde.
- Tipico abitante di torrenti, ruscelli e piccoli fiumi del tratto pedemontano.
- Considerato specie pioniera per la scarsa capacità di competere con altri ciprinidi.

Alimentazione

Si nutre di piante acquatiche, invertebrati bentonici e talvolta anche di piccoli pesci.

Distribuzione

L'areale originario di *Barbus tyberinus* era probabilmente meno vasto

di oggi; la variazione è stata determinata dalle numerose introduzioni avvenute nel tempo (Bianco, 1995, 2003b). Lungo il versante tirrenico della penisola è probabilmente indigeno in tutti i fiumi dei bacini compresi tra il fiume Magra a nord ed il fiume Sele al sud (Fig.3.7). La specie risulta assente nei bacini dei fiumi afferenti al mar Ionio. Sul versante adriatico della penisola *Barbus tyberinus* è presente in tutti i bacini della regione Abruzzo e nel fiume Ofanto, che segna il suo limite di espansione a sud sul versante est dell'Italia (Bianco, 1993). Il limite a nord, sul versante adriatico, non è stato ancora determinato con certezza: è presente nel fiume Esino (Bianco, 1991) e nel suo affluente Sentino (Mearelli et al., 1996). Le numerose transfaunazioni avvenute nel distretto Toscano-Laziale rendono difficile



Fig. 3.7 – Areale di distribuzione originario del barbo del Tevere (*Barbus tyberinus*).

3. Caratteristiche delle specie del genere *Barbus*

l'individuazione dell'esatto areale originario della specie. In alcune località dell'Italia centrale *Barbus tyberinus* compete con l'esotico *Barbus barbus* e a causa di ciò il *Barbus tyberinus* risulta in progressivo declino nel tratto inferiore dei fiumi Ombrone, Albegna e Fiora (Bianco e Keitmayer, 2001).

Il barbo tiberino è la specie del genere *Barbus* che ha l'areale di distribuzione più ampio in Umbria (Fig.3.8); esso risulta infatti diffuso nell'asta principale del Tevere e nei bacini di tutti i suoi affluenti principali, dove si localizza nel tratto intermedio e terminale dei corsi d'acqua (zona a barbo).

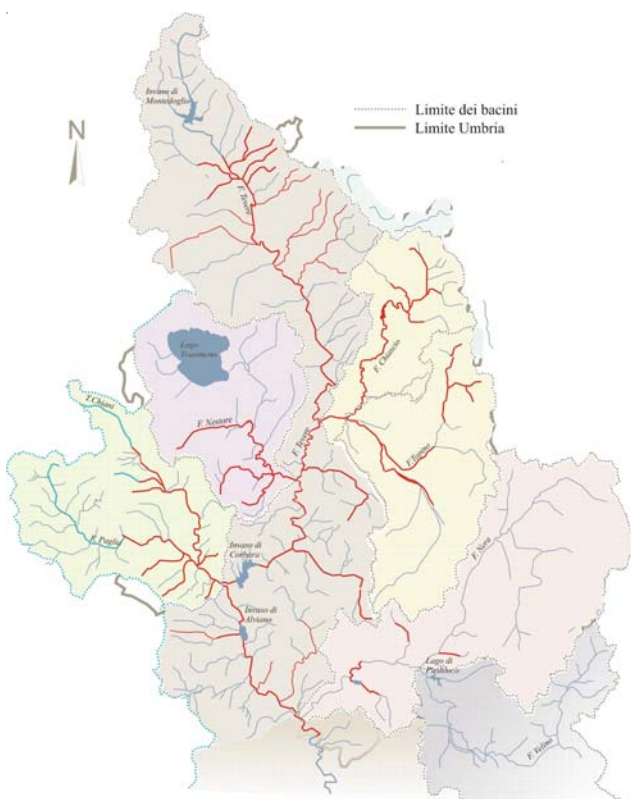


Fig. 3.8 – Distribuzione in Umbria di *Barbus tyberinus*.

3.4 *Barbus barbus* Linneo, 1758

Morfologia

- Testa più allungata ed il corpo più slanciato rispetto al barbo del Tevere (Fig.3.9).
- Profilo ventrale rettilineo, dorso leggermente arcuato.
- Il raggio più lungo della pinna dorsale è ossificato e l'orlo posteriore è finemente dentellato.
- La pinna dorsale e quella anale sono corte; la pinna anale, quando è pressata al corpo, non raggiunge l'inserzione della pinna caudale.
- 53-62 scaglie lungo la linea laterale, più comunemente 56-60.
- 8 raggi ramificati sulla pinna dorsale e 5 raggi ramificati sulla pinna anale (Ladiges e Vogt, 1967; Bianco, 1995; Maitland, 2004).



Fig. 3.9 – Barbo del Danubio (*Barbus barbus*).

Colorazione

- Il dorso è generalmente bruno-verdastro, ma a volte può essere anche verde-nerastro.

3. Caratteristiche delle specie del genere *Barbus*

- I fianchi sono sfumati, vanno dal verde al giallo-dorato; il ventre è bianco e talvolta può avere riflessi rossastri.
- Le pinne sono grigio-verdastre, con una leggera tonalità rossastra che aumenta verso il margine esterno.

Dimorfismo sessuale e riproduzione

- Nei maschi la maturità sessuale viene raggiunta a circa 4 anni di età, nelle femmine a circa 5 anni.
- Nel periodo riproduttivo, che va da maggio a giugno, i maschi si ricoprono di tubercoli nuziali.
- Per la riproduzione prediligono fondali sabbiosi o ghiaiosi, preferibilmente nelle zone a monte di una confluenza; per raggiungere le zone riproduttive il barbo del Danubio può risalire i corsi d'acqua per parecchi chilometri (Mills, 1991).
- Le uova vengono fissate alle pietre sommerse e schiudono entro 10-15 giorni.

Habitat

Il barbo del Danubio vive in acque limpide, con corrente veloce ed alta concentrazione di ossigeno.

Alimentazione

Si nutre di piccoli invertebrati, detriti vegetali e piccoli pesci; per alimentarsi predilige in genere le ore notturne.

Distribuzione

- Il barbo del Danubio è diffuso in gran parte dell'Europa centrale, fino ad un limite orientale rappresentato dal fiume Dniepr

(Fig.3.10). In Francia è presente in gran parte del territorio, spingendosi a sud fino al fiume Memel (Ladiges e Vogt, 1967; Lelek, 1987).

- Nelle isole britanniche ha un areale molto limitato: la specie è indigena esclusivamente della parte sud-orientale dell'Inghilterra (fiumi Tamigi, Severn, Avon e Trent), ma è stato introdotto in altre località inglesi, in Galles ed in Scozia. È assente in Irlanda (Maitland, 2004).
- Nelle regioni settentrionali dell'Europa è assente in Irlanda, Scozia, Danimarca e penisola scandinava; è anche assente nella penisola iberica e nella penisola ellenica.

Gli interventi antropici negli alvei fluviali, specialmente la canalizzazione di molti tratti, sono una delle cause principali della progressiva scomparsa del *Barbus barbus* (Maitland, 2004).

Il *Barbus barbus* o barbo del Danubio è una specie ittica che è stata introdotta abbastanza di recente in Umbria, infatti, è stata segnalata per la prima volta nel 2001 (Mearelli et al., 2001). Tale specie si è dimostrata in grado di ambientarsi molto bene nei corsi d'acqua del bacino del Tevere; si è infatti acclimatata ed è in rapida espansione in tutti i corsi d'acqua più importanti. Attualmente è presente nel bacino del fiume Tevere ed in quello di tutti i suoi affluenti principali ad eccezione del fiume Nera (Lorenzoni et al., 2004a,2004b) (Fig.3.11).

Anche nel bacino del fiume Paglia tale specie è in rapida espansione ed è

4. Materiali e metodi

Il campione esaminato è costituito da barbi provenienti dal bacino del fiume Paglia, ai quali sono stati aggiunti anche alcuni campioni prelevati nei torrenti Carpina e Sentino. Questi ultimi sono stati inseriti nell'analisi poichè provenienti da due località in cui il barbo del Danubio non si è ancora diffuso. Gli esemplari sono stati catturati nel periodo compreso fra l'ottobre 2003 ed il febbraio 2004. I prelievi sono stati effettuati su quattro corsi d'acqua per un totale di sei stazioni di campionamento; nel fiume Paglia, dove le stazioni di campionamento sono 3, ogni stazione è stata identificata con un codice alfa-numerico costituito dalle prime 4 lettere del nome del corso d'acqua e da un numero progressivo in ordine crescente da monte a valle (PAGL01, PAGL02 e PAGL03). Nella tabella 4.1 sono riportate le date e le caratteristiche delle stazioni di campionamento, mentre la figura 4.1 riporta la localizzazione di quelle presenti nel bacino del fiume Paglia.

I campionamenti sono stati effettuati mediante l'utilizzo di elettrostorditori di potenza diversa. In relazione alle caratteristiche del sito di indagine sono stati utilizzati un apparecchio portatile a batteria di 0,75 kW di potenza, in grado di erogare sia



Fig. 4.1 – Localizzazione delle stazioni di campionamento.

corrente continua che corrente continua pulsata, ed un generatore di corrente continua con motore a scoppio da 2,500 kW di potenza. Il vantaggio di tali apparecchi è quello di consentire una

Corso d'acqua	Stazione di campionamento	Comune	Coordinate UTM		Data
Torrente Carpina	Carpina	Montone	33T284493	4805411	12\11\2003
Torrente Sentino	Sentino	Scheggia	33T318625	4810150	21\11\2003
Fiume Paglia	Pagl01	Allerona	33T256990	4740329	17\10\2003
Fiume Paglia	Pagl02	Orvieto	33T265043	4734812	14\11\2003
Fiume Paglia	Pagl03	Baschi	33T270378	4730869	11\02\2004
Fiume Chiani	Chiani	Morrano	33T265081	4734864	14\11\2003

Tab. 4.1 – Caratteristiche delle stazioni di campionamento.

4. Materiali e metodi

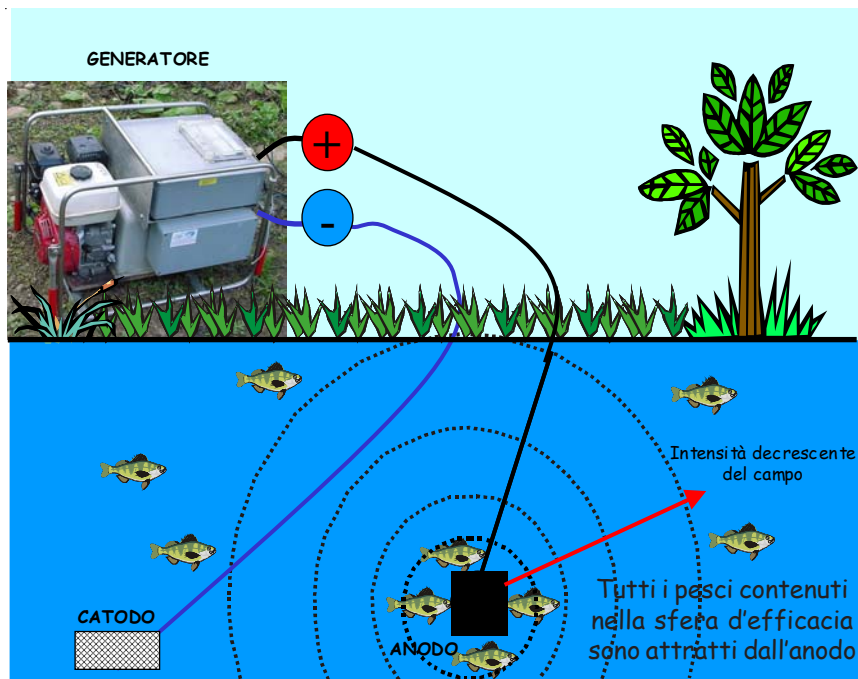


Fig. 4.2 – Schema di funzionamento dell'elettrostorditore.

rapida ed efficace cattura della fauna ittica sfruttando l'effetto prodotto sui pesci dalla presenza in acqua di un campo elettrico (Fig. 4.2). Le reazioni provocate dal campo elettrico sul pesce sono due (Cowx, 1990; Reynolds, 1996): la prima è la "galvanotassia positiva", cioè il nuoto attivo verso l'anodo in conseguenza dell'aumento nella differenza di potenziale che si instaura tra le parti del corpo del pesce stesso; la seconda, successiva, si ha quando si supera il limite critico di potenziale e consiste nella "galvanonarcosi"; tale fenomeno si traduce in una paralisi momentanea del pesce che ne permette l'agevole recupero mediante retini. È ormai dimostrato che il prelievo mediante l'utilizzo di elettrostorditore non provoca eccessivi danni alla fauna ittica e quindi permette una restituzione all'ambiente acquatico di tutti i pesci catturati senza alterare le

caratteristiche della popolazione (Reynolds, 1996; Beaumont et al., 2005).

Sono stati catturati in totale 185 esemplari appartenenti al genere *Barbus*; sul campo ogni esemplare è stato determinato sulla base di un'ispezione preliminare delle sole caratteristiche morfologiche. Parte del campione catturato (88 esemplari) è stato sacrificato mediante la permanenza prolungata in una soluzione di acetone-cloroformio, quindi portato in laboratorio per le successive analisi; si è cercato di sacrificare il minor numero possibile di esemplari. Tutti gli altri barbi catturati sono stati liberati nelle rispettive località di provenienza, dopo che per ognuno di essi sono state effettuate, direttamente sul campo, le seguenti operazioni:

- Misura della lunghezza totale (LT), dall'apice del muso fino al lobo

4. Materiali e metodi

superiore della pinna caudale (Lagler et al., 1962; Anderson e Neuman, 1996). Per questa misura è stata utilizzata una tavoletta ittiometrica graduata, con una precisione di $\pm 0,1$ cm.

- Determinazione del peso, mediante bilancia elettronica con una precisione di ± 1 g.
- Prelievo di scaglie: da una porzione antero-dorsale appena sopra la linea laterale (Baglinière e Le Louarn, 1987; DeVries e Frie, 1996) è stato prelevato un piccolo numero di scaglie necessario per la determinazione dell'età in laboratorio; le scaglie sono state conservate in etanolo al 33%.
- Riprese fotografiche: gli esemplari, sistemati con le pinne ben distese, sono stati posizionati su una tavola graduata munita di stativo e quindi fotografati con una macchina digitale Nikon D100.

invernale si assiste ad una diminuzione della velocità di crescita delle scaglie contestualmente a quella del corpo. I *circuli* formati in inverno si presentano quindi addensati fra loro, così da formare i cosiddetti *annuli*; dopo il periodo invernale, la ripresa di un accrescimento più rapido è evidenziata dalla formazione di *circuli* più radi e distanziati. Contando il numero degli addensamenti invernali (*annuli*) è possibile, quindi, risalire all'età del pesce (Bagenal, 1985) (Fig.4.3).

Negli esemplari esaminati l'età è stata assegnata sia attribuendo il numero di inverni trascorsi al momento della cattura (classe di età: 0+, 1+, 2+ ecc.), che esprimendola in anni. In questo secondo caso, poiché si ritiene comunemente che la riproduzione del barbo avvenga fra maggio e giugno (Tortonese, 1970), è stato considerato giugno come mese di nascita per tutti gli esemplari esaminati.

4.1 Analisi di laboratorio

In laboratorio si è proceduto alla determinazione dell'età mediante analisi microscopica delle scaglie (scalimetria) (DeVries e Frie, 1996). Le scaglie si accrescono per deposizione di calcio sul margine esterno ed il processo determina la presenza di una serie di anelli concentrici (*circuli*) determinati dalla deposizione del calcio sui bordi della scaglia stessa, la cui velocità di formazione è funzione del metabolismo del pesce (Bagenal, 1985). L'accrescimento della scaglia è continuo, ma non costante; essendo i pesci organismi ectotermi, nella stagione

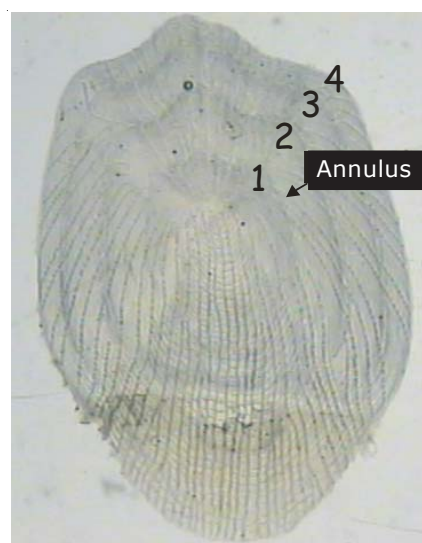


Fig. 4.3 – Scaglia di un barbo di 4 anni di età.

4. Materiali e metodi

Su tutti gli esemplari portati in laboratorio, sono stati misurati i principali parametri morfologici, di seguito elencati, ritenuti utili per le successive elaborazioni.

4.2 Caratteri morfometrici

I caratteri morfometrici rilevati in laboratorio sono riportati nella tabella 4.2 ed illustrati nella figura 4.4: tutte le misure sono state effettuate sul fianco sinistro del pesce; la lunghezza totale e la lunghezza alla furca sono state determinate con un tavolo di dissezione millimetrato (precisione ± 1 mm), gli altri caratteri morfologici sono stati rilevati mediante l'utilizzo di un calibro digitale (precisione $\pm 0,1$ mm).

Codice	Parametro
LT	Lunghezza totale
LF	Lunghezza alla furca
DO	Diametro dell'occhio
DINT	Distanza interorbitale
LBAR	Distanza tra i barbigli

Tab. 4.2 - Elenco dei parametri morfometrici rilevati in laboratorio.

4.3 Caratteri meristici

Anche i caratteri meristici sono stati misurati direttamente in laboratorio sugli esemplari conservati; il loro elenco è riportato nella tabella 4.3. Le branchiospine sono state contate dopo aver asportato e posto su un vetrino il primo arco della branchia di sinistra del pesce (Fig.4.5), nella quale sono state

contate esclusivamente le spine della fila più interna.

I raggi delle pinne sono stati contati dopo aver asportato le pinne, averle pulite dal muco e poste su un vetrino; sono stati considerati unicamente i raggi ramificati. Per il conteggio dei dentelli presenti nel raggio ossificato della pinna dorsale, questo è stato estratto dal resto della pinna e posto in una soluzione diluita di ipoclorito di sodio: ciò ha permesso di eliminare il tessuto epiteliale che ricopre i raggi. E' stata inoltre osservata anche la disposizione dei dentelli (parametro: DISDENT; codifica: dentelli presenti sul primo terzo prossimale del raggio, dentelli presenti nei primi 2/3 prossimali del raggio, dentelli presenti sull'intero raggio), la loro grandezza (parametro: DIMDENT; codifica: grandi, piccoli) e forma (parametro: FORMDENT; codifica: dritti-uncinati).

Sui fianchi è stata indagata la presenza o l'assenza di punti più scuri dello sfondo (parametro: PUNT; codifica: sì, no) e la presenza o meno di chiazze (parametro: MACC; codifica: sì, no). E' stata verificata l'eventuale presenza di un margine scuro attorno alle scaglie, in

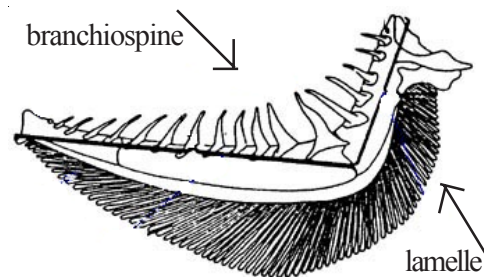


Fig. 4.5 - Prima arcata branchiale di un pesce, con branchiospine e lamelle branchiali.

4. Materiali e metodi

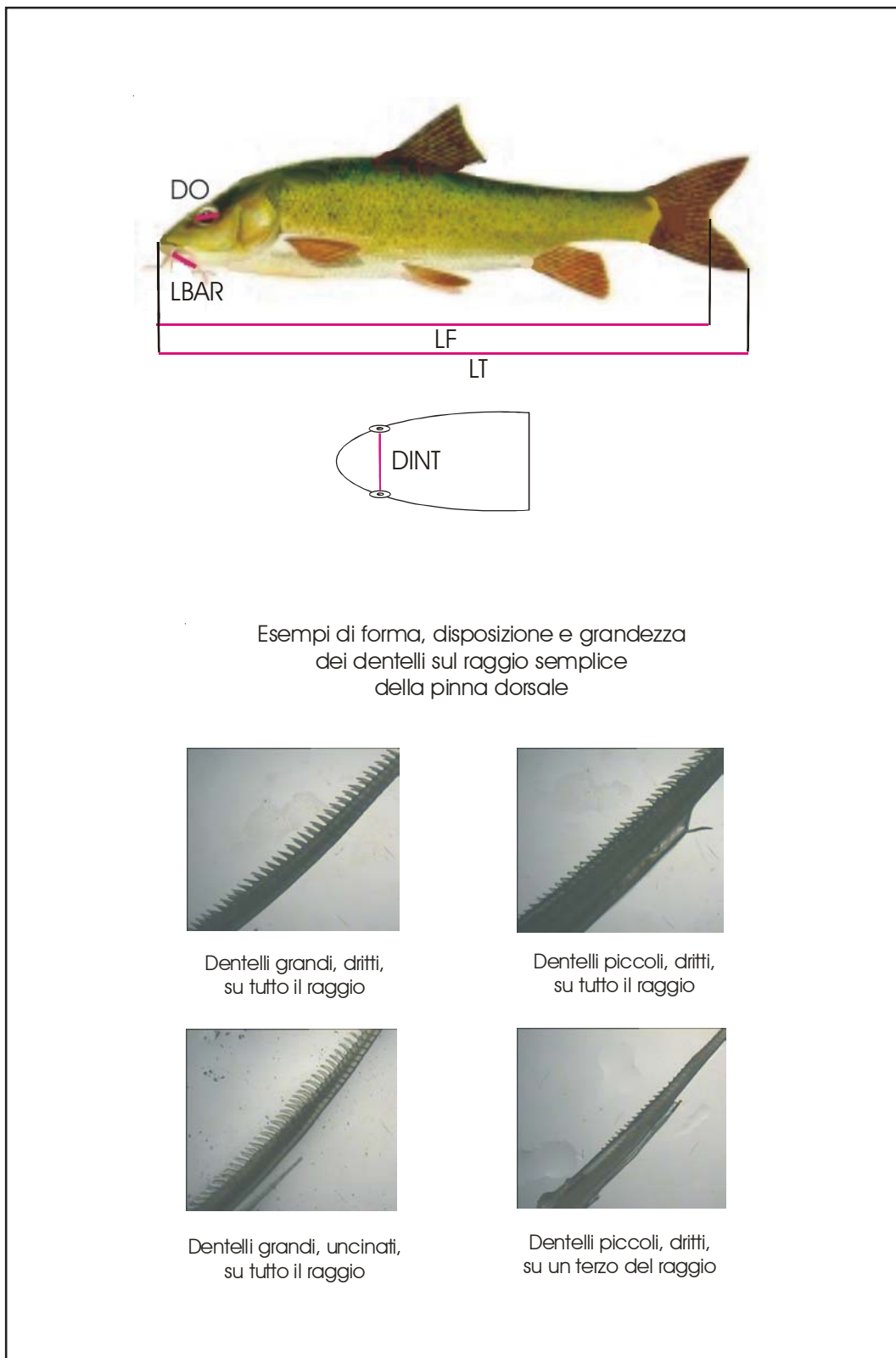


Fig. 4.4 – Parametri morfometrici e meristici rilevati in laboratorio.

4. Materiali e metodi

modo tale da formare un reticolo sui fianchi del pesce (parametro: RETSQ; codifica: si, no) e la presenza di addensamenti di melanofori all'interno delle scaglie nella loro parte anteriore (parametro: PUNTSQ; codifica: si, no) (Fig.4.6).



Fig. 4.6 – Addensamenti di melanofori nella parte anteriore delle scaglie.

Il colore delle pinne ventrali, anale e caudale è stato distinto in grigio, rosa e rosso-arancio; sulla pinna dorsale, anale

e caudale è stata anche verificata la presenza-assenza di punti scuri (parametri PUNTPD, PUNTPA, PUNTPC; codifica: si, no).

In questa fase è avvenuta anche la determinazione del sesso mediante dissezione degli esemplari ed analisi macroscopica delle gonadi (Bagenal, 1985). Sempre tramite dissezione è stata valutata la colorazione del peritoneo (parametro COLPER), che è stata distinta in argentea, grigia e nera.

Per il conteggio del numero di branchiospine, dei raggi ramificati delle pinne e dei dentelli del raggio ossificato della pinna dorsale è stato utilizzato uno stereomicroscopio Wild. Per gli altri caratteri meristici è stata sufficiente una semplice lente di ingrandimento da laboratorio.

Codice	Parametro
NBRANCH	N° branchiospine del 1° arco branchiale
NLL	N° scaglie sulla linea laterale
NSOPRA	N° scaglie sopra la linea laterale
NSOTTO	N° scaglie sotto la linea laterale
NPD	N° raggi ramificati della pinna dorsale
NPA	N° raggi ramificati della pinna anale
NDENT	N° dei dentelli sul raggio semplice pinna dorsale
DISDENT	Disposizione dei dentelli sulla pinna dorsale
DIMDENT	Dimensioni dei dentelli sulla pinna dorsale
FORMDENT	Forma dei dentelli sulla pinna dorsale
COLPER	Colore del peritoneo
PUNT	Presenza di punti sui fianchi
MACC	Presenza di macchie sui fianchi
RETSQ	Presenza di reticolo sulle squame
PUNTSQ	Presenza di punti sulle squame
PUNTPD	Presenza di punti sulla pinna dorsale
PUNTPA	Presenza di punti sulla pinna anale
PUNTPC	Presenza di punti sulla pinna caudale
COLPV	Colorazione delle pinne ventrali
COLPA	Colorazione della pinna anale
COLPD	Colorazione della pinna caudale

Tab. 4.3 – Elenco dei parametri meristici rilevati in laboratorio.

4. Materiali e metodi

4.4 Analisi delle immagini

Dalle foto riprese sul campo sono stati misurati altri parametri morfometrici e meristici il cui elenco è riportato nella

Codice	Parametro
LOC	Lunghezza all'occhio
LOP	Lunghezza all'opercolo
LPP	Lunghezza pinna pettorale
LPV	Lunghezza pinna ventrale
NPD	N° raggi ramificati pinna dorsale
NPA	N° raggi ramificati della pinna anale
NLL	N° scaglie sulla linea laterale
NSOPRA	N° scaglie sopra la linea laterale
NSOTTO	N° scaglie sotto la linea laterale
PUNT	Presenza di punti sui fianchi
MACC	Presenza di macchie sui fianchi
RETSQ	Presenza di reticolo sulle squame
PUNTSQ	Presenza di punti sulle squame
PUNTPD	Presenza di punti sulla pinna dorsale
PUNTPA	Presenza di punti sulla pinna anale
PUNTPC	Presenza di punti sulla pinna caudale
COLPV	Colorazione delle pinne ventrali
COLPA	Colorazione della pinna anale
COLPD	Colorazione della pinna caudale
HPDmax	Altezza raggio ossificato pinna dorsale
HPDmin	Altezza 3° raggio ramificato pinna dorsale
HPA	Altezza della pinna anale
SupPDdri	Superficie pinna dorsale con margine dritto
SupPD	Superficie pinna dorsale reale

Tab. 4.4 – Elenco dei parametri rilevati in laboratorio sulle immagini riprese sul campo.

tabella 4.4 ed illustrati nella figura 4.7. Tutte le misurazioni sono state effettuate utilizzando il software ImageJ che permette di effettuare calcoli geometrici selezionando i punti direttamente sull'immagine.

Per identificare le specie all'interno del genere *Barbus* un carattere che può risultare determinante è rappresentato dalla forma del margine superiore della pinna dorsale (Bianco, 1995); per misurare la presenza di una eventuale curvatura nel profilo della pinna si è proceduto con la misurazione dell'altezza dell'ultimo raggio semplice della pinna dorsale (HPDMax), che generalmente è quello più lungo, e del terzo raggio ramificato (HPD3raggio) che è collocato al centro della pinna stessa. Dalla differenza nella lunghezza tra i due raggi si è ricavato un ulteriore parametro, che è in grado di esprimere la concavità della curva (Parametro Curva): maggiore è il valore del parametro Curva, tanto più

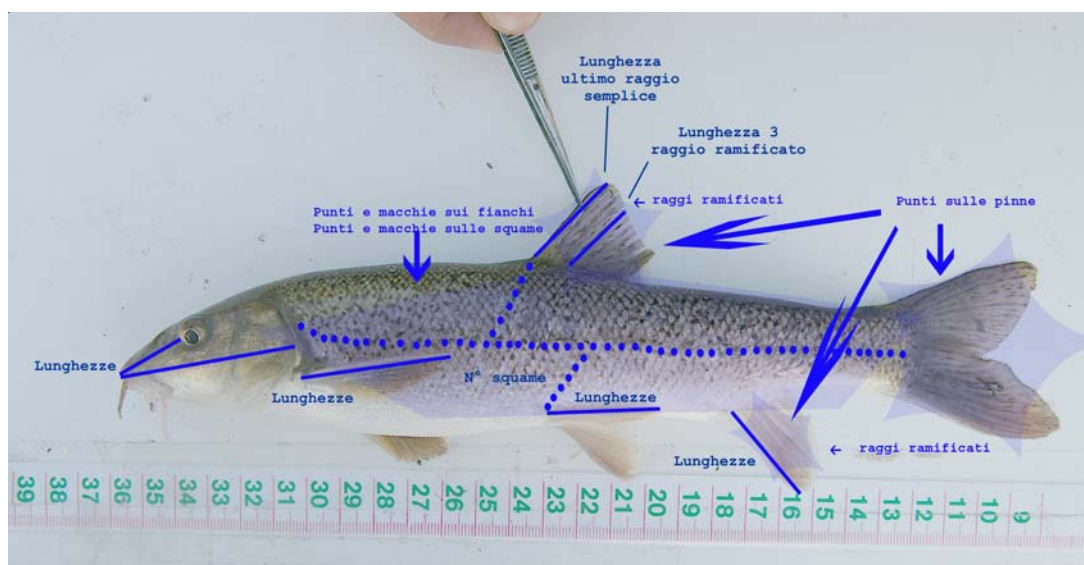


Fig. 4.7 – Parametri misurati sulle immagini riprese sul campo.

4. Materiali e metodi

marcata risulta la concavità della pinna dorsale. La forma della pinna dorsale è stata ulteriormente analizzata calcolando, sempre mediante analisi delle immagini, la superficie della pinna; le misure rilevate sono state due: la prima (Parametro SupPDdri) ha preso in considerazione il poligono di massima superficie che inscrive la pinna, cioè è stata considerata quella figura geometrica ottenuta dalla congiunzione mediante segmenti rettilinei

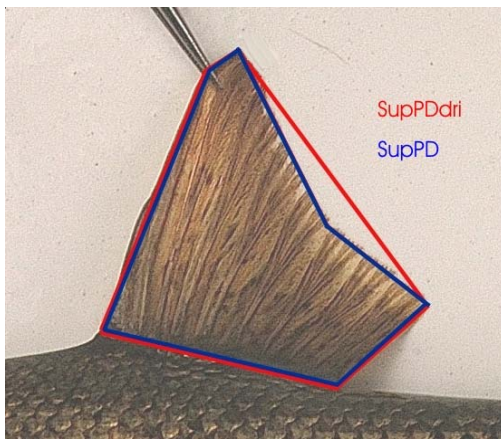


Fig. 4.8 - Misura delle superfici della pinna dorsale.

dei punti più esterni della pinna (Fig.4.8). La seconda superficie misurata ha seguito il reale profilo della pinna (Parametro SupPD). Anche in questo caso è stata ottenuta per differenza una terza misurazione (Parametro DiffPD), in grado di esprimere il grado di scostamento del profilo superiore della pinna da una retta: più grande è la differenza tra le due superfici maggiore è il grado di concavità della pinna dorsale.

Oltre a tali caratteri morfometrici e meristici tradizionali, dalle immagini sono state ricavate altre misurazioni ottenute

utilizzando il metodo suggerito da Strauss e Bookstein (1982). Tali autori propongono la misurazione di alcuni parametri geometrici derivanti dalla costruzione di un reticolo chiamato box-truss, ottenuto individuando alcuni punti di particolare significato biologico (detti landmark)(Fig.4.9). Attraverso la misurazione delle distanze tra detti landmark si può analizzare la forma del pesce preso in considerazione. I landmark devono essere punti facilmente localizzabili sul perimetro del pesce ed essere significativi dal punto di vista anatomico: ad esempio vengono privilegiati i punti di inserzione delle pinne.

Le distanze morfometriche tradizionali considerano aspetti della forma irregolari e ridondanti, mentre l'analisi delle distanze tra i landmark è particolarmente sensibile ai mutamenti di forma degli esemplari; pertanto l'analisi geometrica può risultare particolarmente importante per la discriminazione tra gruppi di esemplari appartenenti alla stessa specie e tra specie diverse. Ciò è avvalorato da diversi studi che hanno paragonato le misure morfometriche tradizionali e le distanze geometriche (Strauss e Bookstein, 1982; Schweigert, 1990; Roby et al., 1991). Nella foto riportata nella figura 4.9 viene illustrata la posizione dei 15 landmark individuati sul profilo dei barbi, mentre la tabella 4.5 riporta la loro localizzazione. Le coordinate (x,y) dei landmark sono state elaborate allo scopo di ricavare per ogni esemplare le distanze che separano ogni landmark dagli altri, per un totale di 105 misure il cui elenco è

4. Materiali e metodi

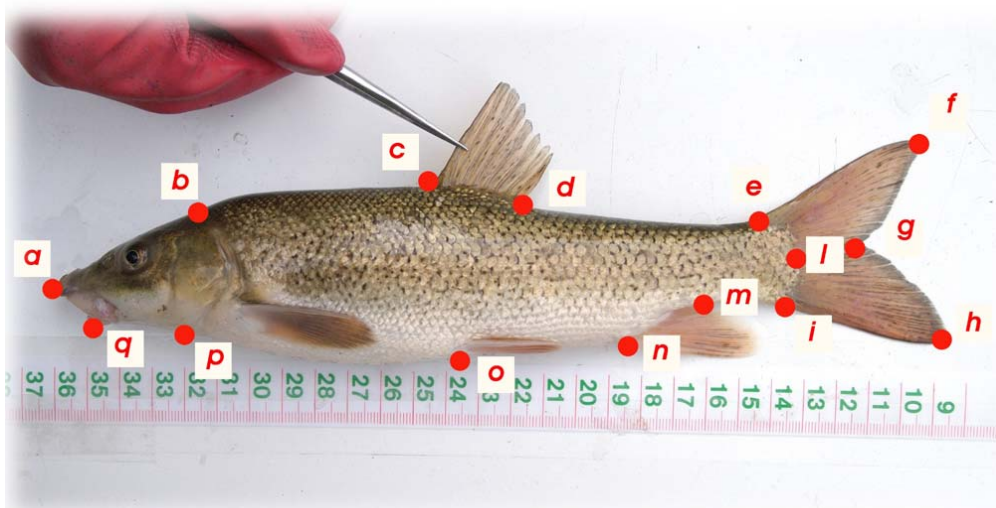


Fig. 4.9 – Localizzazione dei landmark.

Codice	Localizzazione
a	apice del muso
b	margine superiore dell'opercolo
c	inserzione anteriore della pinna dorsale
d	inserzione posteriore della pinna dorsale
e	inserzione superiore della pinna caudale
f	lobo superiore della pinna caudale
g	furca
h	lobo inferiore della pinna caudale
i	inserzione inferiore della pinna caudale
l	ultima squama della linea laterale
m	inserzione posteriore della pinna anale
n	inserzione anteriore della pinna anale
o	inserzione della pinna ventrale
p	margine inferiore dell'opercolo
q	proiezione del punto di attacco del barbiglio posteriore sul profilo del pesce

Tab. 4.5 – Elenco dei landmark posizionati sul profilo del pesce.

Distanze				
ab	bl	dh	fl	il
ac	bm	di	fm	im
ad	bn	dl	fn	in
ae	bo	dm	fo	io
af	bp	dn	fp	ip
ag	bq	do	fq	iq
ah	cd	dp	gh	lm
ai	ce	dq	gi	ln
al	cf	ef	gl	lo
am	cg	eg	gm	lp
an	ch	eh	gn	lq
ao	ci	ei	go	mn
ap	cl	el	gp	mo
aq	cm	em	gq	mp
bc	cn	en	hi	mq
bd	co	eo	hl	no
be	cp	ep	hm	np
bf	cq	eq	hn	nq
bg	de	fg	ho	op
bh	df	fh	hp	oq
bi	dg	fi	hq	pq

Tab. 4.6 – Elenco delle distanze fra landmark misurate per ogni esemplare.

riportato nella tabella 4.6.

Tutti i dati, meristici, morfometrici e geometrici, sono stati annotati su schede di laboratorio e successivamente registrati in un archivio informatico realizzato mediante il software Microsoft Access. In totale sono stati considerati 143 parametri, dei quali 15 sono morfometrici, 23 meristici e 105 geometrici.

Nella figura 4.10 viene riportato lo schema delle elaborazioni effettuate nel corso della ricerca. In questa pubblicazione a carattere divulgativo vengono presentate le elaborazioni maggiormente significative. Le analisi complete sono riportate nella relazione integrale contenuta nel CD allegato.

4. Materiali e metodi

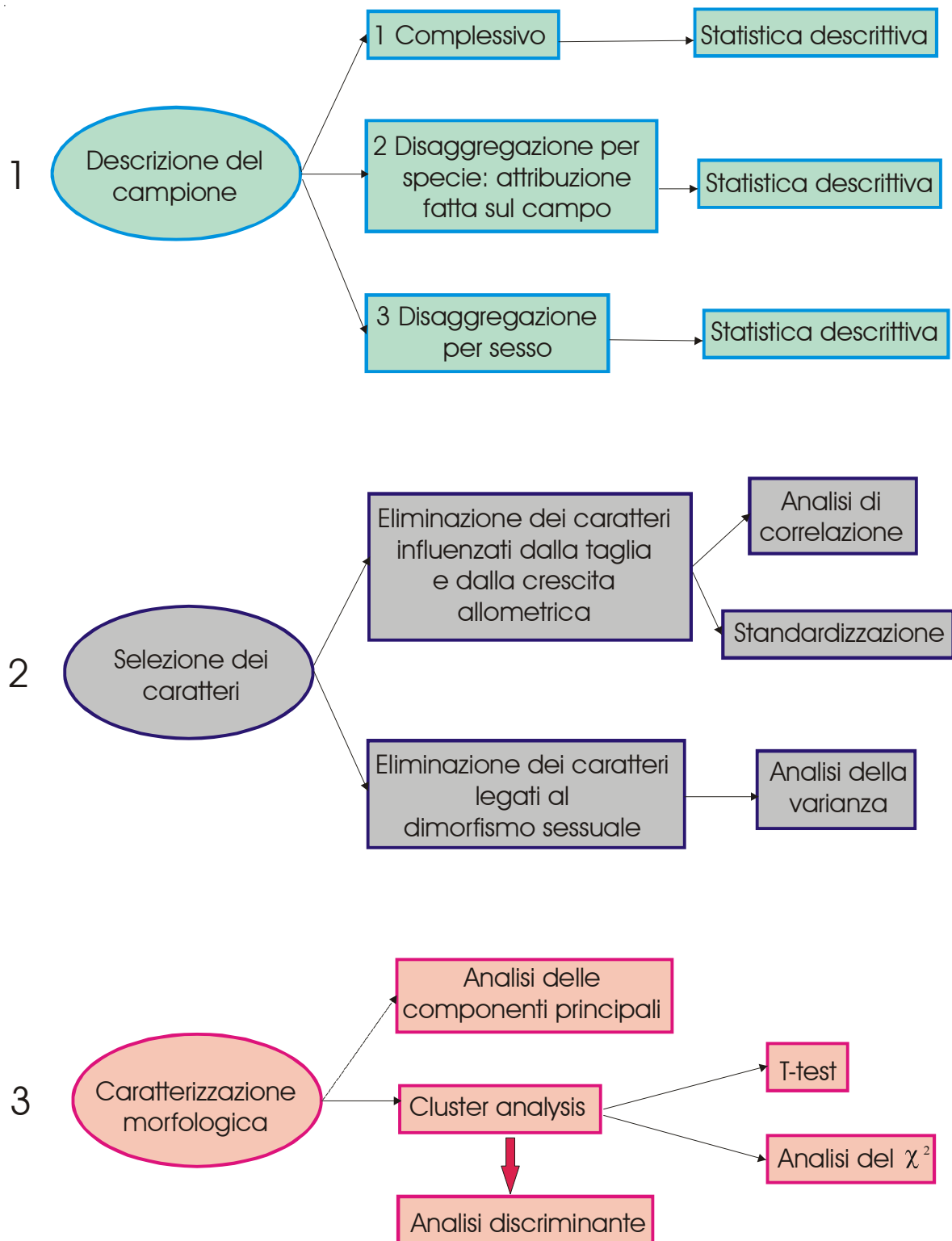


Fig. 4.10 – Schema delle elaborazioni svolte nel corso della ricerca.

5. Risultati

5.1. Statistica descrittiva del campione complessivo

Come operazione preliminare, per organizzare e sintetizzare i dati, è stata effettuata un'analisi statistica descrittiva del campione complessivo sui valori relativi alla lunghezza totale (Lt), al peso e all'età dei 185 esemplari esaminati. I risultati dell'analisi sono riportati nella tabella 5.1:

	Lunghezza totale (cm)	Peso (g)	Età (anni)
N° Valori	185	185	143
Valore medio	17,790	79,040	2,810
Mediana	16,900	45,700	2,420
Valore minimo	5,000	1,000	0,330
Valore massimo	46,170	910,000	6,670
Deviazione standard	7,200	101,170	1,290

Tab. 5.1 – Statistica descrittiva di lunghezza, peso ed età del campione complessivo.

la lunghezza totale è stata rilevata sull'intero campione e presenta un valore

medio di 17,79 cm; l'intervallo di variazione oscilla fra un minimo di 5,00 cm ed un massimo di 46,17 cm. Per quanto riguarda il peso, questo varia da un minimo di 1,00 g ad un massimo di 910,00 g con un valore medio di 79,04 g. L'età è stata determinata su 143 esemplari, fra i quali i più anziani risultano avere oltre 6 anni, mentre i più giovani hanno meno di un anno (circa 3 mesi); l'età media del campione è pari a circa 2 anni e 8 mesi.

Nella figura 5.1 è rappresentato l'istogramma di frequenza dell'età del campione esaminato. Le classi di età presenti nel campione sono 7 e vanno con continuità dagli esemplari dell'anno (0+) agli individui che avevano, al momento della cattura, trascorso 6 inverni (6+). Le classi più rappresentate sono la 3+ e la 2+, ma abbondanti sono anche gli esemplari 1+.

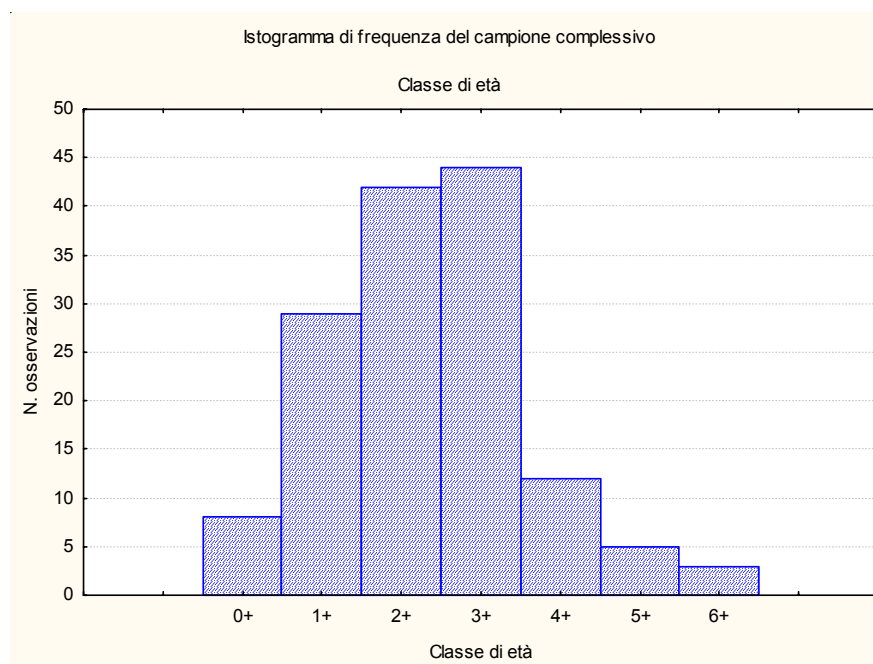


Fig. 5.1 – Campione complessivo: istogramma di frequenza della classe di età.

5. Risultati

5.2 Statistica descrittiva del campione disaggregato per specie

Il campione complessivo è stato anche disaggregato nelle due specie che sono risultate presenti nell'area indagata, *Barbus tyberinus* e *Barbus barbus*. Si precisa che la separazione degli individui fra le due specie è avvenuta sul campo con un approccio esclusivamente morfologico ed ha essenzialmente lo scopo di verificare il grado di omogeneità delle taglie. Nelle analisi di tipo morfometrico, infatti, è fondamentale effettuare comparazioni fra gruppi di individui che abbiano taglie omogenee per evitare l'effetto di un accrescimento di tipo allometrico. In caso di differenze sostanziali nei gruppi di soggetti da analizzare è necessario, prima di effettuare i confronti, eliminare l'effetto della taglia (Beacham, 1985; Reist, 1985).

Nelle tabelle 5.2-4 vengono riportati i risultati della statistica descrittiva per la lunghezza totale, il peso e l'età nel campione disaggregato per specie.

	Barbo del Tevere	Barbo del Danubio
N° Valori	146	39
Valore medio	17,57	18,62
Mediana	16,65	16,90
Valore minimo	5,00	6,20
Valore massimo	46,17	29,60
Deviazione standard	7,43	6,29

Tab. 5.2 – Statistica descrittiva della lunghezza totale nel campione disaggregato per specie.

	Barbo del Tevere	Barbo del Danubio
N° Valori	146	39
Valore medio	77,89	83,29
Mediana	45,00	54,50
Valore minimo	1,00	3,00
Valore massimo	910,00	254,00
Deviazione standard	108,09	70,67

Tab. 5.3 – Statistica descrittiva del peso nel campione disaggregato per specie.

	Barbo del Tevere	Barbo del Danubio
N° Valori	107	36
Valore medio	2,90	2,55
Mediana	2,67	2,42
Valore minimo	0,33	0,42
Valore massimo	6,67	5,42
Deviazione standard	1,34	1,12

Tab. 5.4 – Statistica descrittiva dell'età nel campione disaggregato per specie.

All'interno del campione sono stati trovati 185 esemplari validi per le elaborazioni, 146 appartenenti a *Barbus tyberinus* e 39 appartenenti alla specie *Barbus barbus*.

Mediante analisi del t-test è stato effettuato un confronto fra le medie dei parametri esaminati per i due gruppi di individui; dal confronto le differenze non appaiono statisticamente significative né per la lunghezza totale ($F=0,65$; $p=0,422$), né per il peso ($F=0,09$; $p=0,768$), né per l'età ($F=2,03$; $p=0,156$).

5.3 Analisi delle componenti principali.

Le analisi successive hanno avuto essenzialmente lo scopo di evidenziare l'eventuale presenza nel campione di gruppi di individui con caratteristiche

5. Risultati

uniformi tali da farli ascrivere a specie diverse del genere *Barbus*. Per giungere a tale traguardo si è fatto ricorso a metodi di analisi statistica multivariata, che hanno seguito due percorsi diversi: nel primo caso è stata applicata la tecnica delle componenti principali, mentre nel secondo caso si è fatto ricorso ad un'analisi di agglomerazione (cluster analysis). L'obiettivo di un'analisi morfometrica è la descrizione della forma (Schaefer, 1991), che subisce generalmente durante lo sviluppo di un individuo dei cambiamenti soprattutto se si è in presenza di un accrescimento di tipo allometrico. Per essere efficacemente utilizzate nella caratterizzazione e discriminazione delle popolazioni, nelle misure morfometriche deve essere necessariamente ridotta l'influenza delle differenze di taglia esistenti fra i gruppi di individui da confrontare (Beacham, 1985; Reist, 1985; Schaefer, 1991). Tale influenza può essere eliminata mediante una standardizzazione dei valori misurati in funzione della lunghezza dei soggetti esaminati. In alternativa è possibile usare tecniche di statistica multivariata, come l'analisi delle componenti principali (Schaefer, 1991): il modello utilizzato, infatti, estrae delle nuove variabili (componenti principali) che rappresentano una combinazione lineare delle variabili di partenza. Se fra queste sono incluse delle misure che risultano correlate alla taglia, queste vengono rappresentate nella prima componente estratta, che può essere quindi rimossa. Le componenti successive alla prima descrivono meglio le differenze di forma esistenti nella popolazione,

indipendentemente dalla taglia e possono essere utilizzate con successo per l'ordinamento dei dati nel confronto fra gruppi di individui (Cadrin e Friedland, 1999; Cadrin 2000; Delling et al., 2000). Per esaltare la presenza della taglia nel modello sono stati inseriti, oltre ai parametri morfometrici, meristici e geometrici misurati sugli esemplari esaminati, anche la lunghezza totale, il peso e l'età degli individui: la matrice dei dati utilizzata è pertanto composta da 121 parametri (lunghezza totale, peso, età e i parametri rimasti dopo la verifica del dimorfismo sessuale: 11 parametri morfometrici, 18 parametri meristici e 89 parametri geometrici) e da 57 osservazioni (esemplari esaminati in cui le osservazioni erano complete); dall'analisi è stato escluso il numero dei raggi ramificati della pinna dorsale, poiché tale parametro è sempre risultato costante in tutti gli esemplari analizzati. I dati sono stati trasformati in modo logaritmico per normalizzarne i valori e successivamente sono stati standardizzati: la normalizzazione è stata effettuata mediante la formula $y = \log(x+1)$, mentre la standardizzazione è stata effettuata ponendo la media di tutti i parametri pari a 0 e la deviazione standard pari a 1 (Brown e Austen, 1996).

La tabella 5.5 riporta i risultati dell'analisi, mostrando gli autovalori e la varianza giustificata dalle prime 10 componenti estratte, mentre la tabella 5.6 illustra le coordinate fattoriali delle variabili. La prima componente, con un autovalore pari a 94,97, giustifica il 78,49% della

5. Risultati

Componente	Autovalore	% varianza	Varianza cumulata
PC1	94,970	78,488	78,488
PC2	5,191	4,290	82,778
PC3	2,775	2,294	85,072
PC4	2,069	1,710	86,781
PC5	1,833	1,515	88,296
PC6	1,535	1,269	89,565
PC7	1,315	1,087	90,652
PC8	1,253	1,035	91,688
PC9	1,120	0,926	92,614
PC10	1,012	0,836	93,450

Tab. 5.5 – Analisi delle componenti principali: autovalori e varianza giustificata dalle prime 10 componenti.

varianza complessiva e mostra la presenza di una correlazione positiva fra la taglia degli esemplari (espressa come lunghezza totale, lunghezza alla furca, peso ed età) con tutti i parametri morfometrici e la totalità delle distanze; nessuno dei parametri meristici, al contrario, appare essere in relazione alla taglia. La seconda componente, con un autovalore pari a 5,19, giustifica il 4,29% della varianza complessiva e mostra la presenza di una correlazione negativa tra la forma della pinna dorsale, la presenza di punteggiatura sulle squame e di reticolatura sui fianchi, il numero dei dentelli sull'ultimo raggio semplice della pinna dorsale, la disposizione e la dimensione dei denti; la correlazione è positiva con il colore della pinna caudale. La terza componente, con un autovalore pari a 2,77, giustifica il 2,29% della varianza complessiva e mostra la presenza di una correlazione negativa tra il numero delle squame sulla linea laterale,

la presenza di punti sulla pinna caudale, mentre la relazione è positiva con la distanza *aq*, che rappresenta una misura della lunghezza della bocca (Fig.5.2), e con il colore delle pinne ventrali ed anali.

Le prime tre componenti complessivamente giustificano l'85,07% della varianza complessiva e nel grafico della figura 5.3 viene riportata la distribuzione degli esemplari esaminati nel piano fattoriale rappresentato dalla seconda (PC2) e dalla terza componente (PC3). L'analisi evidenzia una netta divisione dei barbi in due insiemi distinti (gruppo 1 e gruppo 2), separazione che avviene soprattutto mediante la seconda componente; il grado di sovrapposizione fra i due gruppi è abbastanza limitato e comprende un numero di 4 individui, peraltro attribuiti dall'analisi al gruppo 1. I due gruppi separati dall'analisi delle componenti principali coincidono in misura molto accentuata con la determinazione degli individui effettuata sul campo: il

5. Risultati

	PC1	PC2	PC3		PC1	PC2	PC3		PC1	PC2	PC3
Lt	-0,966	-0,025	0,021	ap	-0,755	-0,091	0,455	fg	-0,899	-0,146	-0,016
Lf	-0,966	-0,210	0,027	aq	-0,461	-0,132	0,666	fh	-0,835	-0,054	0,007
Peso	-0,091	-0,076	-0,067	bd	-0,99	0,060	-0,023	fi	-0,957	-0,111	0,014
Età	-0,849	0,177	-0,005	be	-0,991	0,064	-0,045	fp	-0,996	0,039	-0,022
DO	-0,506	0,336	0,037	bf	-0,996	0,039	-0,015	fq	-0,997	0,038	-0,016
LOC	-0,895	-0,128	0,177	bg	-0,996	0,066	-0,020	fh	-0,970	-0,054	0,031
LOP	-0,934	-0,025	0,128	bh	-0,997	0,040	-0,016	gi	-0,951	-0,032	0,066
LBAR	-0,880	-0,128	0,075	bi	-0,994	0,073	-0,040	gl	-0,903	0,104	-0,026
LPV	-0,910	-0,162	-0,005	bl	-0,995	0,061	-0,021	gn	-0,988	0,011	-0,017
LPP	-0,943	-0,102	0,047	bm	-0,989	0,096	-0,035	go	-0,992	0,049	-0,410
HPDMax	-0,927	-0,225	0,041	bn	-0,989	0,080	-0,035	gp	-0,994	0,069	-0,030
HPD3raggio	-0,938	-0,073	0,053	bo	-0,986	0,066	-0,021	gq	-0,996	0,064	-0,024
Curva	-0,799	-0,437	0,019	bq	-0,963	0,101	0,083	hm	-0,974	-0,067	0,016
DiffPD	-0,505	-0,624	-0,056	cd	-0,980	-0,038	-0,036	hn	-0,980	-0,028	0,002
LL	0,003	0,141	-0,533	ce	-0,983	0,038	-0,060	ho	-0,988	0,015	-0,028
SOPRA	0,068	0,190	-0,444	cf	-0,991	0,013	-0,012	hp	-0,993	0,043	-0,028
SOTTO	0,210	0,222	-0,059	cg	-0,995	0,051	-0,017	hq	-0,996	0,040	-0,024
NRAGGIPA	-0,016	-0,236	0,051	ch	-0,997	0,018	-0,009	il	-0,944	-0,019	0,109
Peritoneo	-0,091	-0,015	0,141	ci	-0,992	0,055	-0,047	im	-0,926	-0,059	-0,064
Puntineri	-0,107	0,213	0,054	cl	-0,995	0,038	-0,200	in	-0,974	0,032	-0,068
Reticolatura	-0,220	-0,565	-0,067	cm	-0,988	0,077	-0,046	il	-0,986	0,067	-0,075
Puntisquame	-0,393	-0,617	-0,149	cn	-0,987	0,050	-0,048	ip	-0,991	0,079	-0,050
PuntiPD	0,077	-0,145	0,235	co	-0,982	0,014	-0,065	iq	-0,994	0,072	-0,042
PuntiPA	0,158	0,429	0,140	cq	-0,990	0,090	-0,003	lm	-0,959	-0,092	0,010
PuntiPC	0,101	0,211	-0,584	de	-0,968	0,066	-0,070	ln	-0,988	0,002	-0,012
ColPV	0,015	0,006	0,707	dg	-0,992	0,075	-0,013	lo	-0,991	0,047	-0,043
ColPA	0,032	0,212	0,501	dh	-0,995	0,031	-0,002	lp	-0,993	0,068	-0,300
ColPC	0,076	0,537	-0,116	di	-0,986	0,086	-0,047	lq	-0,996	0,063	-0,024
N°denti1fila	-0,456	-0,793	-0,152	dl	-0,990	0,062	-0,014	no	-0,969	0,097	-0,080
N°denti2fila	-0,478	-0,729	-0,152	dm	-0,979	0,122	-0,043	nq	-0,989	0,082	-0,380
Disdenti	-0,355	-0,800	0,008	dn	-0,980	0,082	-0,043	op	-0,977	0,088	-0,029
Dimdenti	-0,387	-0,787	-0,081	do	-0,979	0,029	-0,073	oq	-0,985	0,073	-0,020
ab	-0,921	-0,021	0,263	dp	-0,986	0,076	-0,025	pq	-0,823	0,011	0,011
ac	-0,989	0,063	0,053	dq	-0,993	0,067	-0,013				
ad	-0,993	0,046	0,039	ef	-0,931	-0,068	0,055				
ae	-0,995	0,052	0,001	eg	-0,878	0,103	0,106				
af	-0,997	0,033	0,009	eh	-0,964	0,017	0,065				
ag	-0,997	0,053	0,019	ei	-0,971	0,074	-0,020				
ah	-0,997	0,029	0,025	el	-0,851	0,036	0,111				
ai	-0,977	0,056	0,013	em	-0,928	-0,093	-0,087				
al	-0,997	0,049	0,022	en	-0,969	0,003	-0,083				
am	-0,933	0,075	0,030	eo	-0,983	0,048	-0,087				
an	-0,992	0,058	0,042	ep	-0,991	0,071	-0,052				
ao	-0,982	0,034	0,109	eq	-0,993	0,065	-0,042				

Tab. 5.6 – Analisi delle componenti principali: coordinate fattoriali dei parametri esaminati (in rosso valori >0,50).

5. Risultati

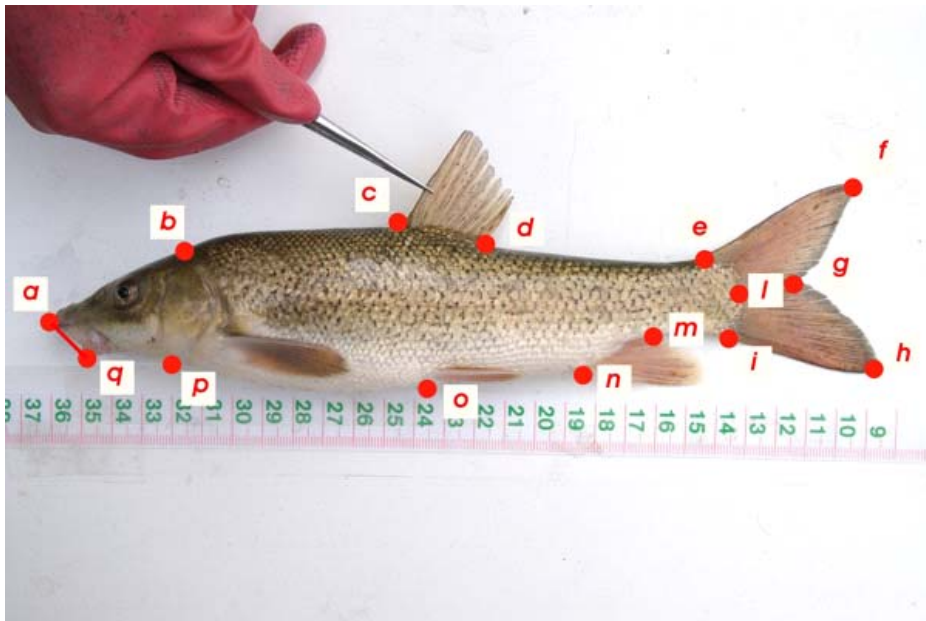


Fig. 5.2 – Distanza aq.

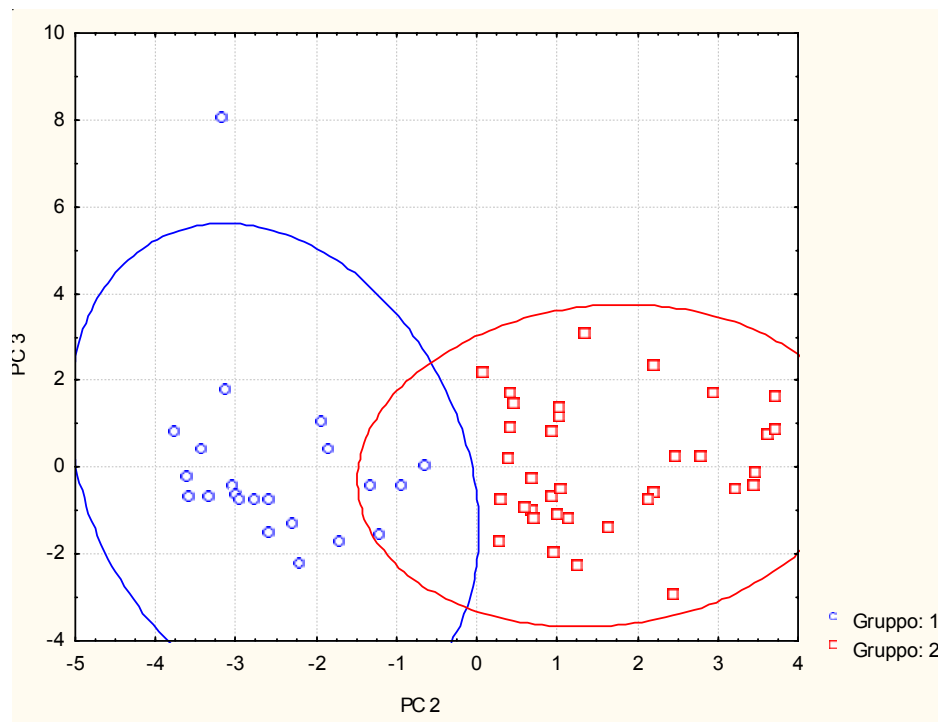


Fig. 5.3 – Analisi delle componenti principali: distribuzione degli individui esaminati sul piano fattoriale PC2 x PC3.

5. Risultati

gruppo 1 è composto da 19 esemplari (82,61%) attribuiti sul campo alla specie *Barbus barbus* e da 4 individui (17,39%) assegnati alla specie *Barbus tyberinus*; il gruppo 2 è formato da 32 barbi del Tevere (94,12%) e da 2 barbi del Danubio (5,86%). A confermare l'elevata capacità dell'analisi delle componenti principali di discriminare fra le due specie, c'è da sottolineare il fatto che 3 dei 4 esemplari determinati erroneamente sul campo come barbi del Tevere, ma appartenenti al gruppo 1, sono rappresentati dai soggetti che nel grafico della figura 5.3 vengono collocati nella zona di sovrapposizione fra i due gruppi: non si può, quindi escludere che possa trattarsi di forme ibride per le quali è chiaramente

più difficile operare una separazione. Una verifica effettuata a posteriori, eseguita indagando in maniera più approfondita le caratteristiche di tali soggetti, sembra pienamente confermare tale ipotesi (Figg.5.4-5.7). Anche nel caso delle altre attribuzioni in cui emerge un contrasto tra i risultati dell'analisi delle componenti principali e l'attribuzione eseguita sul campo, non si può scartare la possibilità che ciò sia dovuto a fenomeni di ibridazione; in molti casi infatti si tratta di esemplari (Figg.5.8-5.10) con caratteristiche intermedie rispetto a quelle tipiche delle due specie esaminate, che l'analisi delle componenti principali colloca in prossimità della zona di sovrapposizione fra i due gruppi.



Fig. 5.4 - Esemplare forse ibrido attribuito al barbo del Danubio – catturato nel Paglia ad Orvieto.

5. Risultati



Fig. 5.5 - Esempio forse ibrido attribuito al barbo del Tevere – catturato nel Paglia ad Allerona.



Fig. 5.6 - Esempio forse ibrido attribuito al barbo del Tevere – catturato nel Paglia ad Orvieto.

5. Risultati



Fig. 5.7 - Esemplare forse ibrido attribuito al barbo del Tevere – catturato nel Paglia alla confluenza nel Tevere.

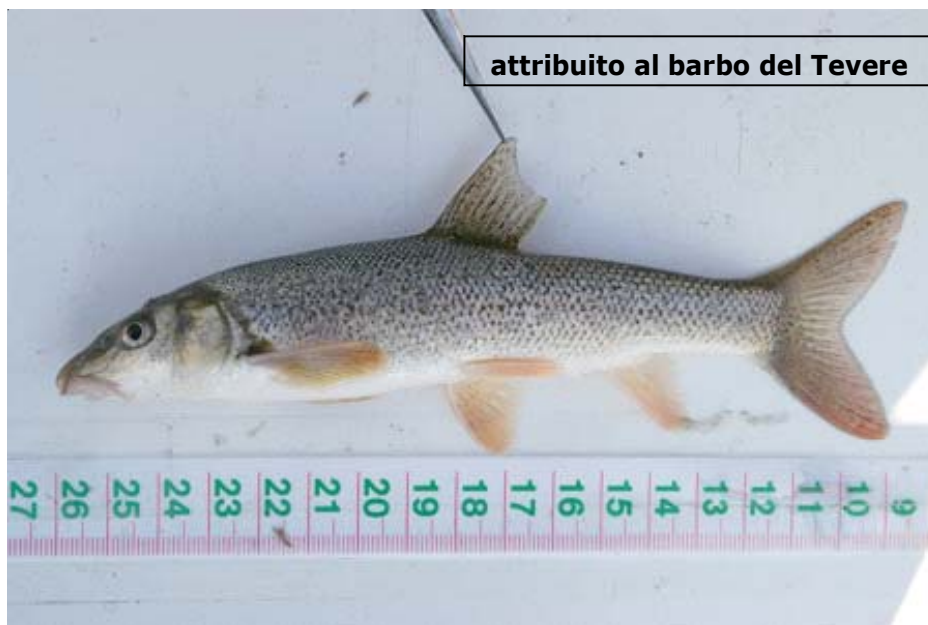


Fig. 5.8 - Esemplare attribuito sul campo al barbo del Tevere – ma appartenente al gruppo 1; catturato nel Paglia ad Orvieto.

5. Risultati



Fig. 5.9 - Esemplare attribuito sul campo al barbo del Danubio – ma appartenente al gruppo 2; catturato nel Paglia alla confluenza nel Tevere.

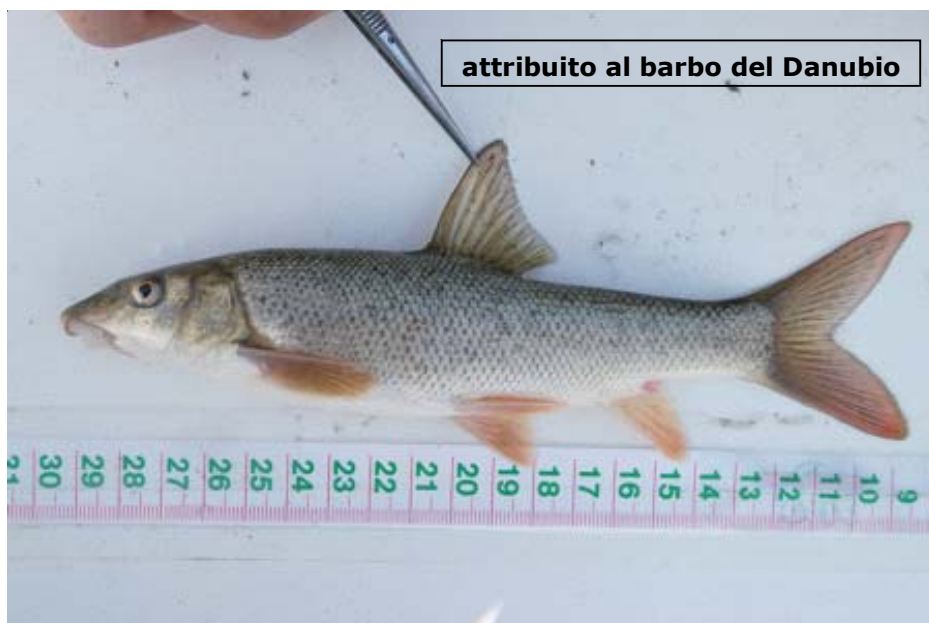


Fig. 5.10 - Esemplare attribuito sul campo al barbo del Danubio – ma appartenente al gruppo 2; catturato nel Paglia ad Orvieto.

5. Risultati

I risultati dell'analisi delle componenti principali sono, quindi, molto incoraggianti: viene confermata, infatti, l'esistenza di una dipendenza delle misure morfometriche e geometriche dalle dimensioni degli esemplari sui quali tali misure sono state effettuate; nessun carattere meristico appare al contrario influenzato dalla taglia. L'analisi dimostra anche che le conseguenze di tale variabilità possono essere facilmente evitate scartando la prima componente estratta ed utilizzando le successive, fra le quali la seconda risulta particolarmente efficace nel discriminare correttamente gli esemplari appartenenti alle due specie. La forma della pinna dorsale, il numero, la disposizione e la dimensione dei dentelli presenti sull'ultimo raggio semplice della pinna dorsale e alcune caratteristiche della livrea risultano i caratteri che meglio di altri permettono di distinguere le due specie. Il barbo del Tevere si caratterizza per avere rispetto al barbo del Danubio una pinna dorsale nettamente meno arcuata, per la presenza di un numero di dentelli sul raggio ossificato della pinna dorsale meno elevato, i dentelli sono anche meno robusti e collocati su una minore estensione del raggio (generalmente sono situati nel primo terzo prossimale), per l'assenza dell'addensamento di melanofori nella parte anteriore delle squame e di un reticolo sui fianchi e per una pinna caudale meno intensamente colorata di rosso. Emerge anche la possibilità che un certo numero di soggetti presentino, tuttavia, caratteristiche intermedie fra quelle indicate come tipiche delle due specie,

probabilmente a causa della presenza di ibridazione, e ciò potrebbe generare confusione e rendere più difficile la determinazione degli esemplari.

5.4 Analisi dei cluster

Per avere una conferma della presenza nel campione dei barbi esaminati di gruppi di individui con caratteristiche differenziali si è fatto ricorso ad un'ulteriore tecnica di analisi statistica multivariata: l'analisi di agglomerazione o cluster analysis. Lo scopo dell'analisi dei cluster è quello di suddividere un campione multivariato in gruppi di casi omogenei (Fowler e Cohen, 1993) e quindi risponde particolarmente bene alle nostre necessità. La presenza di differenze nelle dimensioni e nell'età media degli individui esaminati ha suggerito la necessità di eliminare l'effetto della variabilità legata alla taglia per procedere alle successive analisi. A tal fine è stata effettuata una trasformazione dei parametri morfometrici e delle distanze utilizzando il metodo del rapporto percentuale con la lunghezza totale (Gandolfi et al., 1991; Lorenzoni et al., 1991; Lorenzoni et al. 2003). I dati di partenza sono quindi costituiti dai caratteri meristici e da quelli morfometrici e geometrici standardizzati e trasformati in funzione della lunghezza degli esemplari per eliminare l'influenza della taglia. La matrice utilizzata è composta da 118 parametri e da 57 osservazioni; i caratteri utilizzati sono rappresentati da 11 parametri morfometrici, 18 parametri meristici e 89

5. Risultati

parametri geometrici.

Il metodo utilizzato nell'analisi dei cluster è il metodo di Ward applicato ad una matrice costruita sulle distanze euclidee; i risultati sono illustrati nella figura 5.11 in cui viene riportato il dendrogramma degli esemplari esaminati.

Dal grafico si evidenzia una netta separazione del campione in due gruppi ad una distanza di legame pari a circa il 45% della distanza massima, a sua volta il cluster 2 viene nuovamente suddiviso in due alla distanza di legame del 30%. Appare molto netta la sovrapposizione fra i cluster restituiti dall'analisi e la determinazione effettuata sul campo nelle due specie *Barbus tyberinus* e *Barbus barbus*. Infatti, come risulta evidente nei

dati riportati nella tabella 5.7, l'86,36% dei pesci determinati come barbi del Danubio appartiene al cluster 1, mentre il 91,43% dei barbi del Tevere viene raggruppato nel cluster 2; complessivamente nel cluster 1 sono presenti 3 barbi tiberini e 19 barbi del Danubio, mentre il cluster 2 è composto da 32 barbi del Tevere e 3 barbi del Danubio.

	Cluster	Barbus tyberinus	Barbus barbus
Conteggi	1	3	19
%		8,57%	86,36%
Conteggi	2	32	3
%		91,43%	13,64%

Tab. 5.7- Analisi dei cluster: conteggi e frequenze degli individui nei cluster.

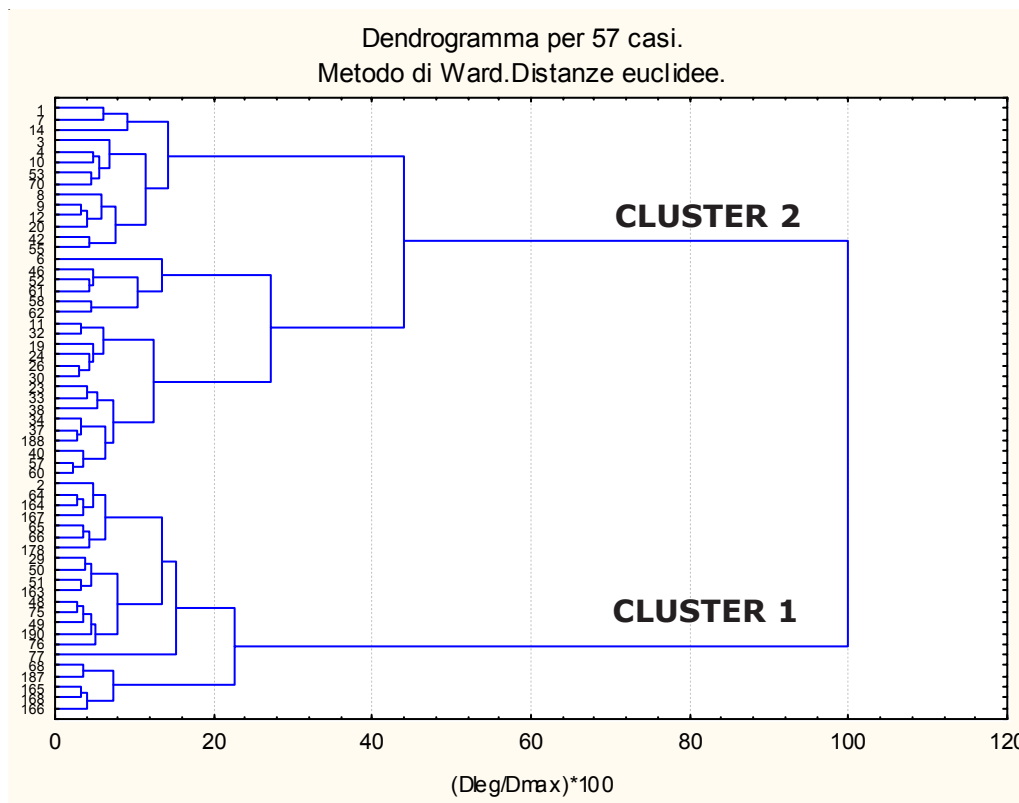


Fig. 5.11 – Analisi dei cluster: dendrogramma dei barbi esaminati.

5. Risultati

Per evidenziare i caratteri che permettono una distinzione fra i due cluster, è stato effettuato un confronto mediante t-test fra i valori medi di ciascun parametro calcolati disaggregando il campione dei soggetti esaminati nei due cluster individuati. I risultati del confronto per i parametri morfometrici sono riportati nella tabella 5.8 ed evidenziano l'esistenza di differenze altamente significative per il diametro dell'occhio (DO), la lunghezza all'occhio (LOC), la lunghezza dei barbigli (LBAR), la lunghezza delle pinne ventrali (LPV) e pettorali (LPP), l'altezza (HPDMax) e la curvatura della pinna dorsale (Curva e DiffPD).

	Media Cluster 1	Media Cluster 2	t	gl	p
DO	2,725	3,327	-3,902	55	0,000
LOC	9,042	8,448	2,655	55	0,010
LOP	21,379	21,028	0,851	55	0,398
LBAR	4,925	4,477	3,385	55	0,001
LPV	13,963	13,111	3,071	55	0,003
LPP	18,137	17,245	2,813	55	0,006
HPDMax	15,145	13,869	4,670	55	0,000
HPD3raggio	10,231	10,169	0,316	55	0,752
Curva	4,913	3,700	7,321	55	0,000
DiffPD	2,087	0,493	7,755	55	0,000

Tab. 5.8- T-test fra i valori medi nei due cluster dei parametri morfometrici.

Gli esemplari del cluster 1, che può essere assimilato al *Barbus barbus*, sono caratterizzati nei confronti degli esemplari del cluster 2 (*Barbus tyberinus*) da un occhio più piccolo, da un muso più allungato, da barbigli più lunghi, da pinne pari più lunghe, da una pinna dorsale nettamente più alta e con il profilo del margine superiore molto più convesso, come risulta evidente dall'analisi dei due parametri Curva e DiffPD.

I risultati del confronto per i

parametri meristici quantitativi sono riportati nella tabella 5.9 ed evidenziano l'esistenza di differenze altamente significative per il numero di dentelli presenti nell'ultimo raggio semplice della pinna dorsale, con valori medi che risultano nettamente più elevati nel caso del cluster 1. Per quanto riguarda i parametri meristici di tipo qualitativo, il confronto fra i cluster è stato effettuato sulle frequenze utilizzando il test del χ^2 di Pearson. Il peritoneo di colore argenteo è predominante sulle altre colorazioni osservate (Tab.5.10) e le differenze fra i cluster non sono risultate significative all'analisi statistica ($\chi^2=0,395$; $p=0,820$); la presenza di punti neri sui fianchi (Tab.5.11) è pressoché costante in tutti gli esemplari di entrambi i cluster e le differenze non risultano significative ($\chi^2=0,640$; $p=0,424$).

Il reticolo sui fianchi (Tab.5.12), presenta le differenze nelle frequenze tra i cluster tali da risultare altamente significative ($\chi^2=8,449$; $p=0,003$): nel

	Media Cluster 1	Media Cluster 2	t	gl	p
LL	55,545	55,057	0,687	55	0,494
SOPRA	12,181	12,257	-0,224	55	0,823
SOTTO	9,409	9,685	-1,057	55	0,295
NRAGGIPA	5,000	4,942	1,134	55	0,261
N°denti1fila	41,545	17,028	12,578	55	0,000
N°denti2fila	41,545	15,342	11,898	55	0,000

Tab. 5.9- T-test fra i valori medi nei due cluster dei parametri meristici quantitativi.

Colore		Cluster 1	Cluster 2
Argenteo	Conteggi	13	18
	%	59,09%	51,43%
Grigio	Conteggi	7	14
	%	31,82%	40,00%
Nero	Conteggi	2	3
	%	9,09%	8,57%

Tab. 5.10 - Frequenze del colore del peritoneo nel campione disaggregato per cluster.

5. Risultati

Presenza		Cluster 1	Cluster 2
SI	Conteggi	22	34
	%	100,00%	97,14%
NO	Conteggi	0	1
	%	0,00%	2,86%

Tab. 5.11 – Frequenze della presenza di punti neri sui fianchi nel campione disaggregato per cluster.

Presenza		Cluster 1	Cluster 2
NO	Conteggi	10	35
	%	45,45%	100,00%
SI	Conteggi	12	0
	%	54,55%	0,00%

Tab. 5.12 – Frequenze della presenza di un reticolo sui fianchi nel campione disaggregato per cluster.

cluster 1 la percentuale di individui muniti di reticolo risulta molto più elevato (54,55%), rispetto al cluster 2 (0,00%).

Le pinne dorsale e caudale risultano munite di punti neri nella grande maggioranza degli individui di entrambi i cluster (Tab.5.13-14), con differenze che non risultano statisticamente significative fra i due gruppi né per la pinna dorsale ($X^2=1,619$; $p=0,203$), né per la pinna caudale ($X^2=2,405$; $p=0,121$); nella presenza di punti neri sulla pinna anale, al contrario, le differenze che si evidenziano risultano altamente significative ($X^2=9,063$; $p=0,003$), con il cluster 1 in cui predominano gli individui in cui tale carattere risulta assente, mentre il contrario avviene nel cluster 2 (Tab.5.15).

Per quanto riguarda la colorazione, le differenze fra i due gruppi non risultano statisticamente significative per le pinne ventrali ($X^2=3,591$; $p=0,166$) ed anale ($X^2=5,823$; $p=0,054$) (Tab.5.16-17), mentre lo sono per la pinna caudale ($X^2=14,234$; $p=0,001$); in quest'ultima,

Presenza		Cluster 1	Cluster 2
SI	Conteggi	21	35
	%	95,45%	100,00%
NO	Conteggi	1	0
	%	4,55%	0,00%

Tab. 5.13 – Frequenze della presenza di punti neri sulla pinna dorsale nel campione disaggregato per cluster.

Presenza		Cluster 1	Cluster 2
SI	Conteggi	19	34
	%	86,36%	97,14%
NO	Conteggi	3	1
	%	13,64%	2,86%

Tab. 5.14 – Frequenze della presenza di punti neri sulla pinna caudale nel campione disaggregato per cluster.

Presenza		Cluster 1	Cluster 2
SI	Conteggi	9	28
	%	40,91%	80,00%
NO	Conteggi	13	7
	%	59,09%	20,00%

Tab. 5.15 – Frequenze della presenza di punti neri sulla pinna anale nel campione disaggregato per cluster.

Colore		Cluster 1	Cluster 2
rosa	Conteggi	16	24
	%	72,73%	68,57%
grigio	Conteggi	3	10
	%	13,64%	28,57%
rosso-arancio	Conteggi	3	1
	%	13,64%	2,86%

Tab. 5.16 – Frequenze del colore delle pinne ventrali nel campione disaggregato per cluster.

Colore		Cluster 1	Cluster 2
rosa	Conteggi	16	21
	%	72,73%	60,00%
grigio	Conteggi	2	12
	%	9,09%	34,29%
rosso-arancio	Conteggi	4	2
	%	18,18%	5,71%

Tab. 5.17 – Frequenze del colore della pinna anale nel campione disaggregato per cluster.

5. Risultati

Colore		Cluster 1	Cluster 2
		rosa	Conteggi
	%	40,91%	20,00%
grigio	Conteggi	4	24
	%	18,18%	68,57%
rosso-arancio	Conteggi	9	4
	%	40,91%	11,43%

Tab. 5.18 – Frequenze del colore della pinna caudale nel campione disaggregato per cluster.

infatti, nel cluster 1 prevalgono nettamente gli individui caratterizzati da tinte rosa o rosso-arancio, mentre nel cluster 2 a predominare sono gli esemplari con una pinna caudale di colore grigio (Tab.5.18).

Infine, per quanto riguarda i dentelli presenti nell'ultimo raggio della pinna dorsale, il cluster 1 si caratterizza soprattutto per la predominanza di dentelli estesi su tutto il raggio (Tab.5.19) e di grandi dimensioni (Tab.5.20), differenziandosi quindi nettamente dal cluster 2 in cui prevalgono gli esemplari con dentelli piccoli ed estesi nel primo terzo prossimale del raggio; le differenze fra i due gruppi di pesci risultano per entrambi i caratteri altamente significative all'analisi statistica (estensione dei dentelli sul raggio: $X^2=38,543$; $p=0,000$) (dimensioni dei dentelli: $X^2=34,494$; $p=0,000$).

Colore		Cluster 1	Cluster 2
		1/3	Conteggi
	%	4,55%	80,00%
2/3	Conteggi	1	4
	%	4,55%	11,43%
tutto	Conteggi	20	3
	%	90,91%	8,57%

Tab. 5.19 – Frequenze della disposizione dei dentelli sull'ultimo raggio semplice della pinna dorsale nel campione disaggregato per cluster.

Grandezza		Cluster 1	Cluster 2
		piccoli	Conteggi
	%	13,64%	91,43%
grandi	Conteggi	19	3
	%	86,36%	8,57%

Tab. 5.20 – Frequenze della grandezza dei dentelli sull'ultimo raggio semplice della pinna dorsale nel campione disaggregato per cluster.

L'analisi dei caratteri meristici ha evidenziato come il cluster 1, che può essere assimilato al *Barbus barbus*, sia caratterizzato nei confronti del cluster 2 (*Barbus tyberinus*) da individui più frequentemente muniti di reticolo sui fianchi, di punti neri sulle squame e caratterizzati molto spesso dall'assenza di punti neri sulla pinna anale, mentre la loro pinna caudale ha di solito una colorazione più accesa, in cui predomina il rosa o il rosso-arancio; infine per quanto riguarda i dentelli presenti nell'ultimo raggio della pinna dorsale il cluster 1 si caratterizza soprattutto per la presenza di denti mediamente più numerosi, estesi su tutto il raggio e di maggiori dimensioni.

I risultati del confronto effettuato mediante t-test per i parametri geometrici sono riportati nella tabella 5.21 ed evidenziano l'esistenza di differenze statisticamente significative per le distanze **ab, ah, ap, cd, em, fg, fi, hm, hn, im, in, ln**, mentre le differenze sono altamente significative per la distanza **lm**; in tutti i casi i valori medi risultano nettamente più elevati nel caso del cluster 1. L'analisi dei caratteri geometrici ha evidenziato come il cluster 1 sia caratterizzato da individui aventi mediamente un capo più allungato,

5. Risultati

	Media Cluster 1	Media Cluster 2	t	gl	p		Media Cluster 1	Media Cluster 2	t	gl	p
ab	19,443	18,283	2,290	55	0,025	dp	42,471	42,965	-0,928	55	0,357
ac	46,332	45,883	0,921	55	0,360	dp	42,471	42,965	-0,928	55	0,357
ad	56,671	55,917	1,392	55	0,169	dq	50,627	50,696	-0,132	55	0,895
ae	83,879	82,968	1,045	55	0,300	ef	22,273	21,487	1,473	55	0,146
af	105,492	104,017	1,434	55	0,157	eh	25,942	25,732	0,442	55	0,659
ag	95,916	95,126	0,877	55	0,384	ei	9,743	9,765	-0,123	55	0,902
ah	104,329	102,096	2,082	55	0,041	el	6,917	6,943	-0,103	55	0,917
ai	84,318	83,044	1,616	55	0,111	em	14,881	13,954	2,245	55	0,028
al	88,414	87,254	1,417	55	0,161	en	20,931	20,148	1,855	55	0,068
am	73,022	72,598	0,582	55	0,562	eo	38,144	37,622	0,799	55	0,427
an	67,493	66,690	1,132	55	0,262	ep	68,673	68,950	-0,320	55	0,750
ao	49,023	47,902	1,754	55	0,084	eq	77,319	77,176	0,156	55	0,876
ap	17,447	15,532	2,091	55	0,041	fg	14,659	13,725	2,100	55	0,040
aq	8,873	7,289	1,553	55	0,126	fh	22,944	22,447	0,554	55	0,581
bd	38,891	39,023	-0,279	55	0,780	fi	26,405	25,267	2,151	55	0,035
be	66,638	66,763	-0,145	55	0,884	fp	90,692	90,179	0,513	55	0,609
bf	87,863	87,455	0,409	55	0,683	fq	99,234	98,352	0,848	55	0,400
bg	79,157	79,557	-0,462	55	0,645	gh	13,923	13,279	1,705	55	0,093
bh	88,650	87,770	0,908	55	0,367	gi	12,727	12,798	-0,242	55	0,809
bi	68,154	68,057	0,125	55	0,900	gl	7,553	7,971	-1,915	55	0,061
bl	71,678	71,640	0,047	55	0,962	gn	29,955	29,355	1,375	55	0,174
bm	57,095	57,747	-0,940	55	0,350	go	48,634	48,283	0,513	55	0,609
bn	52,128	52,424	-0,453	55	0,651	gp	80,213	80,614	-0,430	55	0,668
bo	34,988	34,963	0,061	55	0,951	gq	89,039	89,018	0,022	55	0,982
bq	15,982	15,932	0,191	55	0,848	hm	31,665	30,188	2,661	55	0,010
cd	11,511	11,117	2,234	55	0,029	hn	37,021	35,604	2,425	55	0,018
ce	39,296	39,053	0,380	55	0,704	ho	55,747	54,353	1,663	55	0,101
cf	60,061	59,352	0,874	55	0,385	hp	87,930	87,030	0,830	55	0,409
cg	52,191	52,370	-0,281	55	0,779	hq	96,930	95,571	1,275	55	0,207
ch	62,915	61,985	1,307	55	0,796	il	6,366	6,280	0,593	55	0,555
ci	42,242	41,882	0,674	55	0,502	im	11,390	10,483	2,663	55	0,010
cl	44,867	44,527	0,632	55	0,529	in	17,426	16,698	2,184	55	0,033
cm	32,123	32,300	-0,417	55	0,677	io	36,296	35,751	0,919	55	0,361
cn	28,745	28,543	0,505	55	0,615	ip	68,236	68,301	-0,077	55	0,938
co	19,695	19,174	1,929	55	0,058	iq	77,158	76,769	0,466	55	0,642
cq	40,918	41,246	-0,770	55	0,444	lm	16,428	15,377	2,894	55	0,005
de	27,877	27,976	-0,172	55	0,863	ln	22,721	21,887	2,521	55	0,014
dg	40,709	41,272	-1,033	55	0,305	lo	41,231	40,626	1,028	55	0,308
dh	51,526	51,089	0,700	55	0,486	lp	72,712	72,809	-0,116	55	0,907
di	30,871	30,977	-0,227	55	0,820	lq	81,528	81,188	0,405	55	0,686
dl	33,371	33,430	-0,127	55	0,898	no	18,936	19,095	-0,416	55	0,678
dm	21,254	21,838	-1,839	55	0,071	nq	60,067	60,276	-0,292	55	0,771
dn	19,013	19,201	-0,070	55	0,545	op	32,268	32,777	-1,098	55	0,276
do	18,386	18,166	0,783	55	0,436	oq	41,298	41,331	-0,070	55	0,944

Tab.5.21 - T-test fra i valori medi nei due cluster dei parametri geometrici.

5. Risultati

un'altezza minima del corpo più elevata, una base della pinna dorsale più estesa, una pinna anale posta in posizione più avanzata ed una pinna caudale avente i lobi più pronunciati (Fig.5.12).

5.5 Analisi discriminante tra i cluster

Mediante l'analisi discriminante è stato possibile evidenziare il grado di differenziazione fra i due gruppi separati dall'analisi dei cluster ad una distanza di legame di circa il 25% delle distanza massima. I risultati sono rappresentati nella Fig.5.13: nel grafico l'asse delle ascisse è costituito dalla prima variabile

canonica (Tab.5.22) che giustifica il 100% della variabilità.

L'analisi evidenzia una completa separazione fra gli individui appartenenti ai due gruppi. L'elevata capacità dell'analisi di discriminare fra i due gruppi di individui è confermata dalla corretta classificazione di un numero molto alto di esemplari, pari al 98% del totale (Tab.5.23); i valori degli esemplari correttamente classificati sono più elevati nel cluster 1, in cui 22 esemplari sono attribuiti in modo esatto (100%), rispetto al cluster 2, in cui 34 esemplari sono classificati in modo corretto (98%) ed un solo esemplare in modo erroneo.

Inoltre l'analisi discriminante

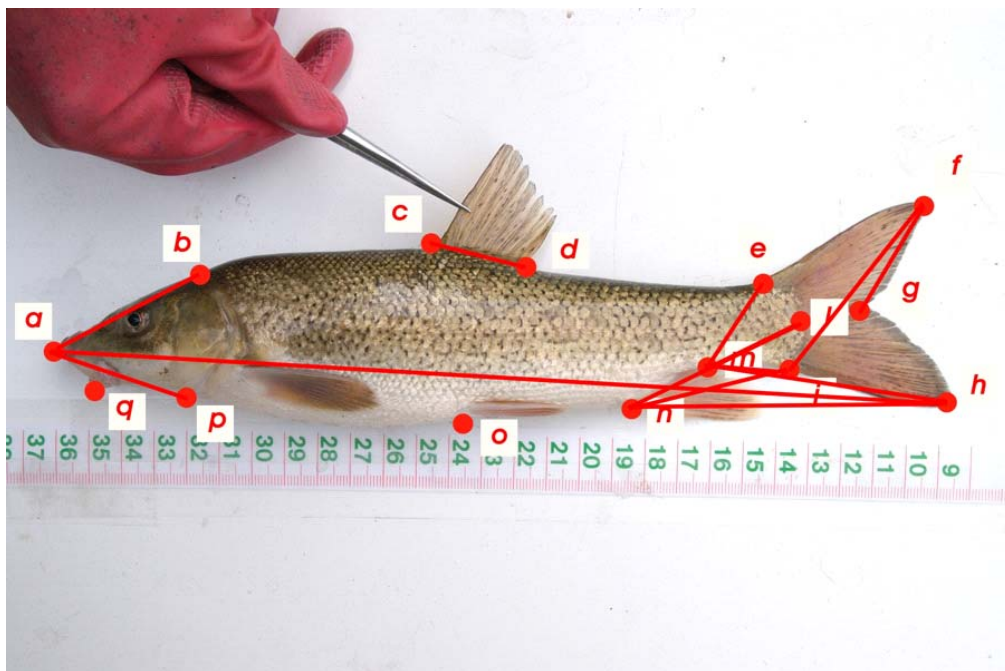


Fig. 5.12 – Distanze che sono risultate significativamente diverse nei due cluster.

5. Risultati

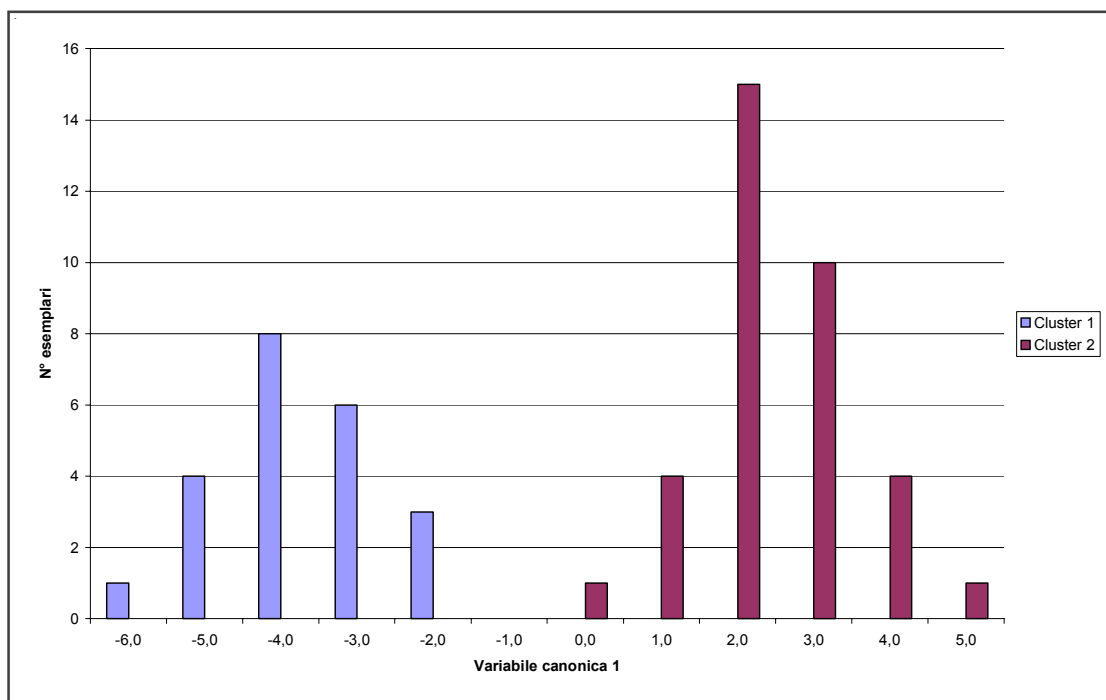


Fig. 5.13– Analisi discriminante.

Correlazioni canoniche	Autovalori	Frequenza cumulata della dispersione totale	Wilks lambda	p
0,952	9,611	1,000	0,094	0,000

Tab. 5.22 – Capacità discriminante della funzione canonica.

	Cluster 1	Cluster 2	% corretti
Cluster 1	22	0	100%
Cluster 2	1	34	97%
Totale	23	34	98%

Tab. 5.23 – Analisi discriminante. Esemplari classificati correttamente.

stepwise ha permesso di selezionare fra tutti i parametri esaminati quelli che meglio consentono la migliore separazione nei 2 gruppi: i risultati sono riportati nella tabella 5.24.

Tra i parametri morfometrici l'analisi considera l'altezza della pinna dorsale particolarmente significativa per distinguere fra le due specie; tra i meristici

Variabile	F	Tolleranza
HPDMAX	8,17	0,235
HPD3RAGGIO	14,00	0,270
AP	8,59	0,092
AQ	4,19	0,085
CE	27,84	0,123
CO	6,28	0,649
EO	20,59	0,150
IN	2,59	0,562
NDENTI2FILA	54,02	0,680

Tab. 5.24– Analisi discriminante stepwise: elenco dei parametri che meglio discriminano fra i 2 gruppi.

sono i dentelli presenti sull'ultimo raggio semplice della pinna dorsale ad avere il più elevato potere discriminante, per le misure geometriche che meglio separano

5. Risultati

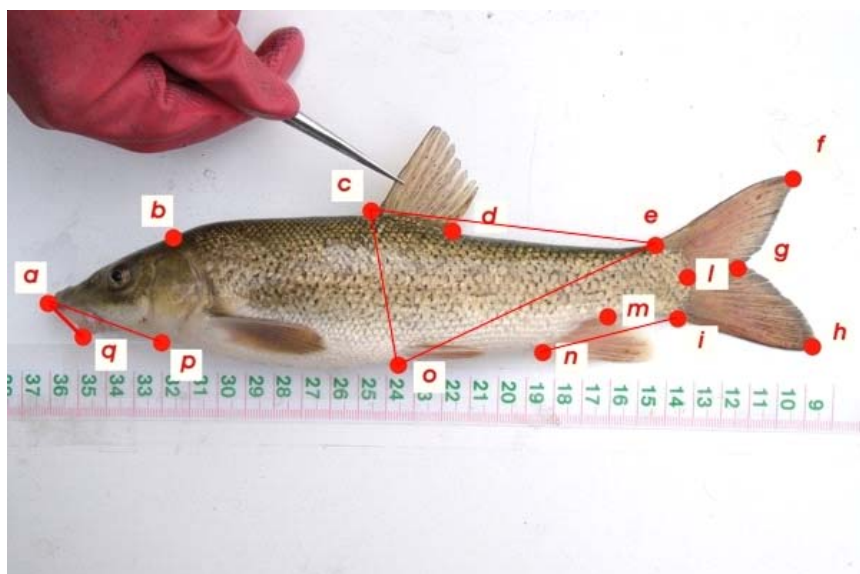


Fig. 5.14 – Analisi discriminante: distanze che meglio discriminano fra i due cluster.

fra i due cluster alcune distanze (**ap**, **aq**, **ce**, **co**, **eo** e **in**) che sono in relazione (Fig.5.14) con la grandezza della bocca (**aq**), la lunghezza del muso (**ap**) l'altezza massima del corpo (**co** e **eo**) e la posizione delle pinne dorsale (**ce**), anale (**in**) e ventrali (**eo**).

5.6 Percentuali delle due specie nelle stazioni di campionamento.

Alla luce delle analisi condotte è possibile verificare il numero di esemplari catturati, e le relative percentuali, disaggregando il campione per specie ittica e stazione di provenienza; i risultati sono riportati nella tabella 5.25. E' possibile notare che nel torrente Sentino, nel torrente Carpina e nel fiume Chiani tutti gli esemplari catturati appartengono alla specie *Barbus tyberinus*, mentre nel fiume Paglia l'abbondanza relativa degli esemplari attribuibili a *Barbus barbus*

progressivamente cresce da monte verso valle e raggiunge il suo massimo nella stazione prossima alla confluenza nel fiume Tevere, dove la grande maggioranza degli esemplari appartiene alla specie alloctona.

	<i>Barbus tyberinus</i>	<i>Barbus barbus</i>	Totale
Torrente Sentino			
Conteggi	6	0	6
% colonna	100,00	0,00	0
Torrente Carpina			
Conteggi	6	0	6
% colonna	100,00	0,00	0
Fiume Chiani			
Conteggi	29	0	29
% colonna	100,00	0,00	0
Fiume Paglia PAGL01			
Conteggi	13	1	14
% colonna	92,80	7,20	
Fiume Paglia PAGL02			
Conteggi	8	13	21
% colonna	38,00	62,00	
Fiume Paglia PAGL03			
Conteggi	3	7	10
% colonna	30,00	70,00	

Tab. 5.25 – Abbondanza delle due diverse specie di barbo nelle stazioni di campionamento.

6. Conclusioni

Il barbo del Danubio sta rapidamente ampliando la propria diffusione, spingendosi sempre più a monte lungo l'asta principale del fiume Paglia; allo stato attuale il fiume Chiani ed i numerosi affluenti minori presenti nell'area indagata non sono stati ancora colonizzati dalla specie. Le sue preferenze ecologiche sono tali da fargli privilegiare i corsi d'acqua di maggiori dimensioni (Berg, 1965, Lelek, 1987; Maitland, 2004) ed anche nel resto del bacino del fiume Tevere (Mearelli et al., 2001; Lorenzoni et al., 2004b) la specie per ora è limitata alle aste fluviali dei corsi principali. Tuttavia, vista la rapidità con cui si sta propagando nella rete idrografica regionale, è molto probabile che il barbo del Danubio non abbia ancora raggiunto nel bacino del fiume Paglia la sua massima diffusione e che il suo areale sia in futuro destinato ad ampliarsi ulteriormente. E' ancora da verificare se tale specie possa colonizzare tutti i corsi d'acqua in cui attualmente è presente il barbo del Tevere o se si limiti ai soli settori più a valle della zona a barbo, rimanendo quindi escluso dai settori montani e collinari dei corsi d'acqua di minori dimensioni.

L'impatto che l'introduzione del barbo del Danubio ha causato sulle popolazioni delle specie indigene non è documentato, ma appare molto probabile che le popolazioni di barbo tiberino siano danneggiate dall'introduzione della specie esotica: le caratteristiche ecologiche delle due specie sono, infatti, molto simili e quindi la possibilità di una forte interazione di tipo competitivo è elevata. Già oggi in alcuni settori fluviali in cui è presente da

maggior tempo, il barbo del Danubio risulta una delle specie dominanti la comunità ittica (Mearelli et al., 2001; Lorenzoni et al., 2004b) e, anche se non esistono ancora dati quantitativi certi, alcuni risultati sembrano indicare che le popolazioni sintopiche di barbo tiberino stiano subendo una contrazione numerica. Le relazioni di causa ed effetto restano solo ipotetiche a causa della mancanza di informazioni sullo status delle popolazioni autoctone prima dell'introduzione e a causa dei tempi lunghi necessari a verificare l'effetto delle introduzioni stesse (Rosecchi et al., 1997). Inoltre, le perturbazioni avvenute negli habitat fluviali rendono difficile l'interpretazione dei cambiamenti intercorsi in anni recenti nelle popolazioni naturali (Rosecchi et al., 1997; McKinney e Lockwood, 1999). La presenza del barbo del Danubio, infatti, è attualmente più elevata nei corsi d'acqua in cui maggiori sono gli effetti negativi dovuti all'antropizzazione; per la specie indigena è quindi difficile separare l'effetto negativo esercitato dalla specie esotica, da quello dovuto alle cattive condizioni ambientali. La fauna ittica autoctona del distretto zoogeografico Tosco-laziale è caratterizzata soprattutto da forme reofile, le quali risentono in misura notevole delle conseguenze dell'inquinamento (Bianco, 1993). Il barbo del Danubio è, come la maggior parte delle specie esotiche trapiantate, più adattabile del barbo del Tevere e risulta pertanto in grado di vivere anche in condizioni ambientali più compromesse; infatti le caratteristiche ecologiche che permettono ad una specie ittica di essere trasportata

6. Conclusioni

ed introdotta con successo in un nuovo ambiente sono molto spesso le stesse che le garantiscono di adattarsi agli ambienti degradati (Rosecchi et al., 1997; McKinney e Lockwood, 1999). La presenza di un fenomeno di esclusione competitiva in atto tra le due specie di barbo non si può scartare allo stato attuale delle conoscenze. Tra i fattori che avvantaggiano ulteriormente il barbo del Danubio rispetto a quello del Tevere occorre aggiungere la presenza di un accrescimento notevolmente più rapido (Bruno, 1987); un altro fenomeno che sicuramente contribuisce a danneggiare le popolazioni di barbo del Tevere deriva dalla facilità con cui le diverse specie si ibridano fra loro, con la conseguente presenza di fenomeni di introgressione e inquinamento genetico (Philippart e Berrebi, 1990; Betti, 1993). I vari aspetti legati alle caratteristiche ecologiche e biologiche delle due specie del genere *Barbus* ed alle conseguenze negative dovute all'introduzione della specie esotiche richiedono ulteriori approfondimenti che possono scaturire dal proseguimento della Carta Ittica Regionale e dalla predisposizione di altre eventuali ricerche.

Obiettivo fondamentale per la realizzazione di un progetto di recupero e potenziamento delle popolazioni autoctone è quello di caratterizzare dal punto di vista morfometrico le due specie di barbo presenti nel bacino del fiume Paglia e di evidenziare i caratteri che permettono di distinguere gli esemplari di ceppo autoctono. Tale finalità, legata alla necessità di acquisire le indicazioni necessarie al riconoscimento e alla

selezione degli esemplari da avviare alla fecondazione artificiale, è stata pienamente raggiunta dalla ricerca ed esiste la concreta possibilità di discriminare morfologicamente gli esemplari appartenenti alle due diverse specie del genere *Barbus*. Tali risultati, prima di divenire immediatamente applicativi, necessitano evidentemente di una validazione su base genetica, ma già da ora appaiono sufficientemente consistenti e coerenti con le indicazioni esistenti in letteratura. Le diverse analisi statistiche utilizzate convergono nell'indicare la presenza di due gruppi di individui all'interno dei campione esaminato, individui le cui caratteristiche solo parzialmente si sovrappongono fra loro e che quindi possono essere riconosciuti abbastanza agevolmente sulla base delle loro caratteristiche morfologiche. L'analisi dimostra che la forma della pinna dorsale, il numero, la disposizione e la dimensione dei dentelli presenti sull'ultimo raggio semplice della pinna dorsale e alcune caratteristiche della livrea risultano i caratteri che meglio di altri permettono di distinguere le due specie.

Il barbo del Tevere (Fig.6.1) si caratterizza per avere rispetto al barbo del Danubio (Fig.6.2):

- 1.** una pinna dorsale nettamente meno arcuata;
- 2.** un numero di dentelli sul raggio ossificato della pinna dorsale meno elevato;
- 3.** i dentelli meno robusti e collocati su una minore estensione del raggio (generalmente sono situati nel primo terzo prossimale);

6. Conclusioni

4. l'assenza dell'addensamento di melanofori nella parte anteriore delle squame e di un reticolo sui fianchi;
5. una pinna caudale meno intensamente colorata di rosso.

Gli esemplari di *Barbus barbus* sono

caratterizzati nei confronti di *Barbus tyberinus*, oltre che dai caratteri già elencati, anche da un occhio più piccolo, da un muso più allungato, da barbigli più lunghi, da un'altezza minima del corpo più elevata; per quanto riguarda le pinne,

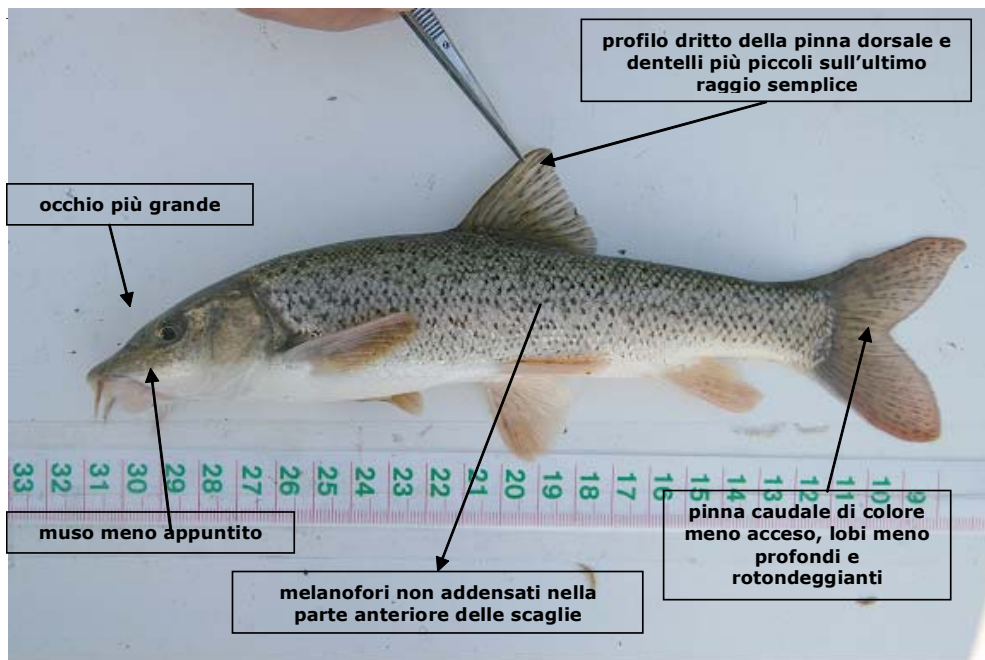


Fig. 6.1 - Caratteristiche tipiche del barbo del Tevere.

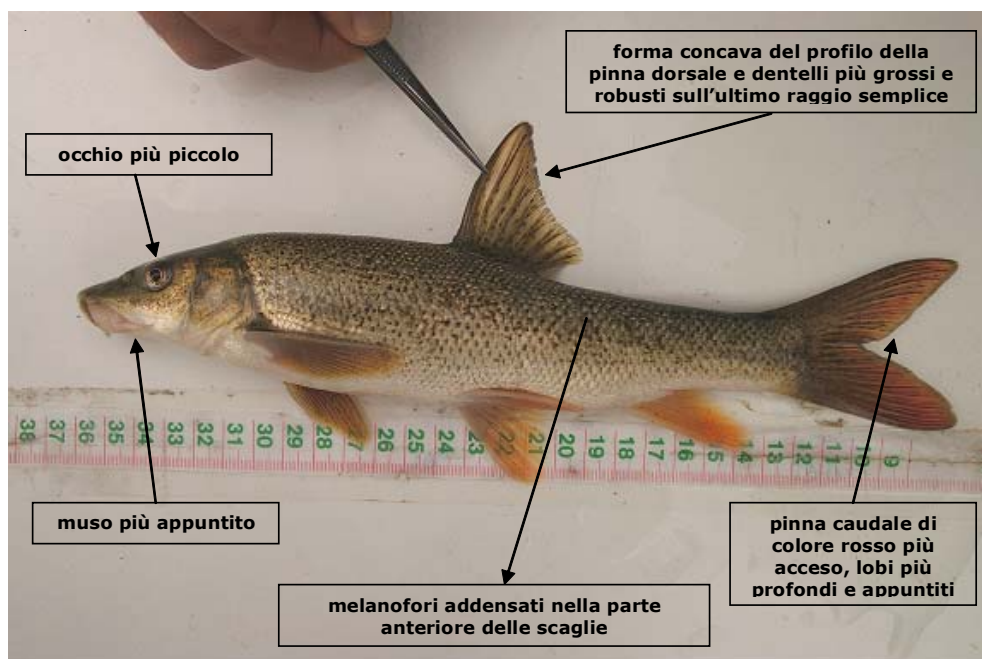


Fig. 6.2 - Caratteristiche tipiche del barbo del Danubio.

6. Conclusioni

quelle pari e la dorsale sono più lunghe, la pinna anale è posta in posizione più avanzata ed è meno punteggiata di scuro, mentre la pinna caudale presenta i lobi più pronunciati. L'analisi discriminante ha evidenziato la possibilità di ottenere una completa separazione fra gli individui appartenenti alle due specie e ciò è confermato dalla corretta classificazione di un numero molto alto di esemplari, pari al 98% del totale. L'analisi statistica ha permesso di selezionare i parametri che consentono la migliore separazione nei 2 gruppi fra i quali, ancora una volta, vengono messi in evidenza la forma concava o meno della pinna dorsale e la forma e la disposizione dei dentelli dell'ultimo raggio della pinna dorsale.

Le analisi hanno anche evidenziato che la presenza dei fenomeni di ibridazione tra le due specie è molto probabile. Ciò comporta maggiori incertezze nella determinazione effettuata con i soli caratteri morfologici e rende più problematica la scelta degli esemplari da utilizzare per eventuali programmi di fecondazione artificiale. Soltanto le analisi genetiche potranno indicare quanto vasta ed importante è la portata di tale fenomeno e dare delle indicazioni più precise nel riconoscimento degli esemplari di origine ibrida.

Tuttavia, molto spesso gli ibridi mostrano una morfologia intermedia rispetto a quella delle specie parentali (Betti, 1993; Dellling et al., 2000) ed inoltre le differenze che separano il barbo del Danubio da quello del Tevere sono sufficientemente numerose ed ampie. Il margine di errore nella determinazione può

essere tuttavia ridotto notevolmente se la selezione degli esemplari viene effettuata utilizzando il maggior numero di caratteri, fra quelli che permettono di discriminare fra le due specie (Fig.6.3).

L'analisi morfologica ha dimostrato anche la presenza di dimorfismo sessuale nelle specie esaminate: le femmine risultano caratterizzate rispetto ai maschi da una maggiore distanza interorbitale, da una pinna dorsale più grande e soprattutto da una pinna anale più lunga e posta in posizione leggermente più arretrata. In particolare le caratteristiche della pinna anale possono risultare molto utili per riconoscere il sesso dei riproduttori: le femmine, infatti, presentano una pinna anale più lunga dei maschi tanto che addossandola al corpo, il margine posteriore raggiunge la base della pinna caudale (Fig.6.4).

Molti aspetti delle popolazioni delle specie del genere *Barbus* presenti nel bacino del fiume Paglia necessitano di essere approfonditi ed indagati con ulteriori ricerche, ma sicuramente le informazioni ottenute finora hanno notevolmente ampliato le cognizioni in nostro possesso. Ulteriori sforzi saranno necessari per completare il quadro conoscitivo e giungere alla formulazione di un progetto di gestione complessivo per recuperare e potenziare la specie autoctona; la finalità della presente ricerca era quella di caratterizzare dal punto di vista morfologico le specie di barbo presenti, evidenziando i caratteri che permettono di discriminare gli esemplari di ceppo autoctono e tale obiettivo si può considerare pienamente raggiunto.

6. Conclusioni

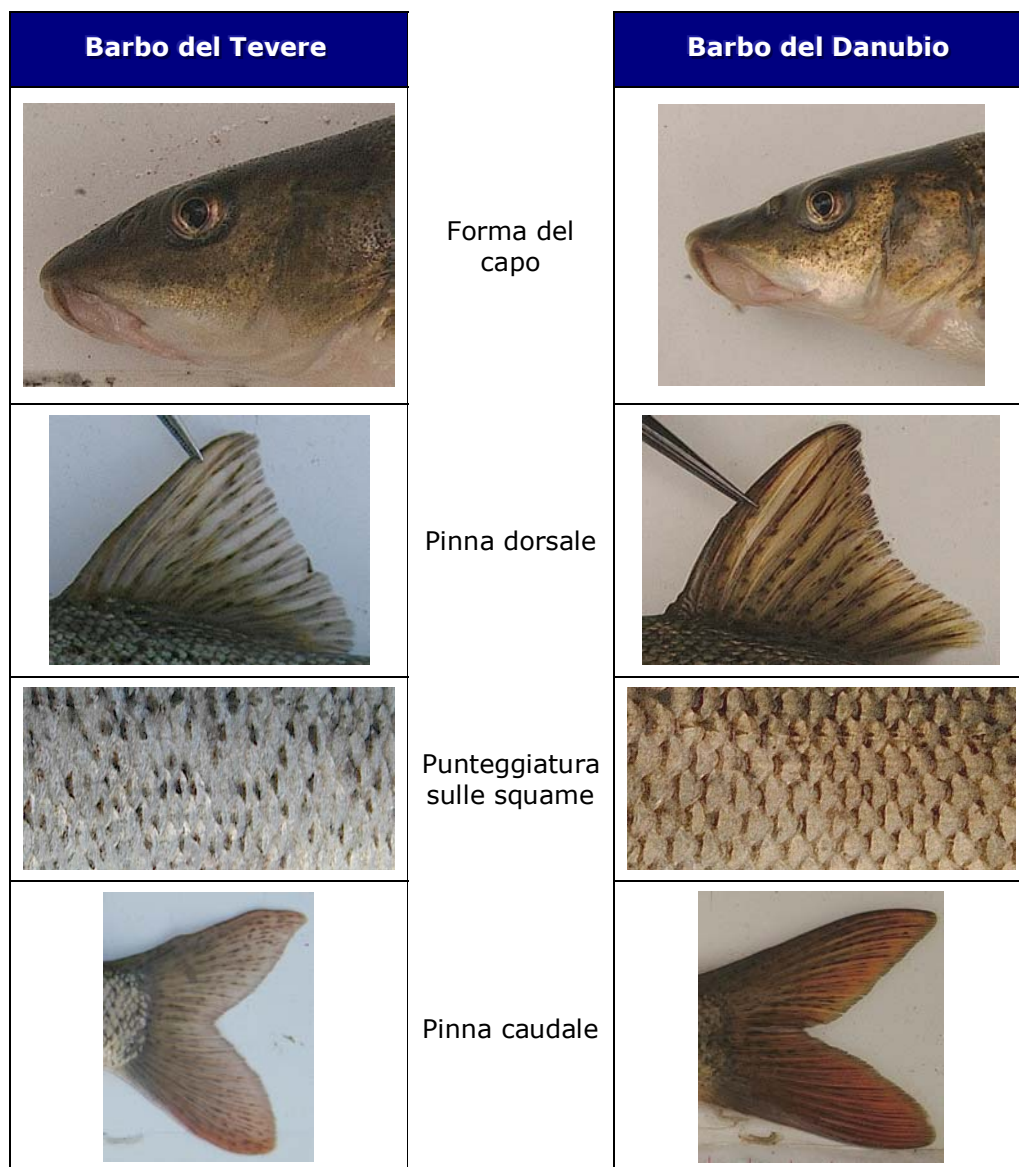


Fig. 6.3 – Confronto di alcune caratteristiche differenziali fra il barbo del Tevere e il barbo del Danubio.

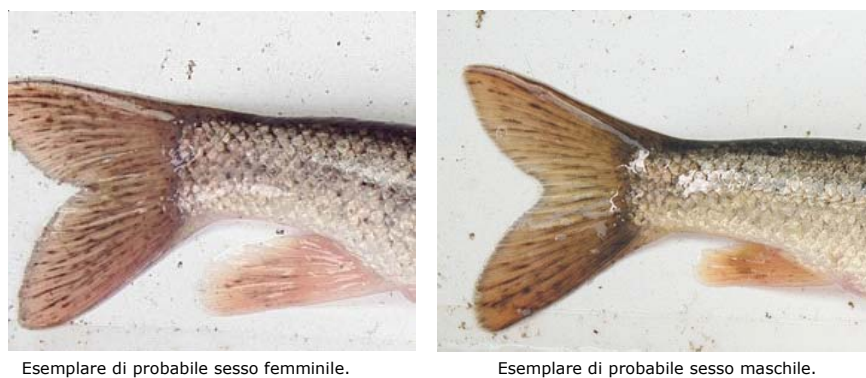


Fig. 6.4 – Dimorfismo sessuale nella forma della pinna anale nel barbo del Tevere.

7. Glossario

Acclimatata (specie): specie introdotta volontariamente o accidentalmente dall'uomo in un territorio estraneo al suo areale, dove si riproduce spontaneamente adattandosi alle diverse condizioni ambientali.

Alloctona (o Esotica): specie introdotta volontariamente o accidentalmente dall'uomo in un ambiente estraneo al suo areale originario.

Allometrico (accrescimento): riferito al caso in cui vi è predominanza di una dimensione di crescita sulle altre.

Autoctona (o Indigena): specie naturalmente presente in una determinata area della quale è originaria.

Areale: area geografica in cui è diffusa una determinata specie.

Bentonico: riferito ad un organismo acquatico che vive a contatto con i sedimenti del fondo.

Biodiversità: ricchezza di specie animali e vegetali che vivono in un determinato ambiente.

Comunità: insieme delle popolazioni di differenti specie che interagiscono nello spazio e nel tempo.

Dimorfismo sessuale: insieme di caratteri differenti che consentono di distinguere morfologicamente i maschi dalle femmine.

Distretto zoogeografico: area geografica definita sulla base della distribuzione delle entità faunistiche autoctone, tenendo conto dei processi di dispersione avvenuti nel corso del tempo.

Ectotermi: organismi la cui temperatura corporea dipende da quella dell'ambiente circostante.

Ecosistemi: unità funzionali che comprendono le comunità, cioè tutti gli organismi che vivono e interagiscono in una data area, e le componenti ambientali non viventi.

Endemica (specie): specie animale o vegetale che vive e si riproduce esclusivamente in un territorio di limitata estensione.

Esclusione competitiva: fenomeno che porta alla scomparsa di una specie, causato dalla presenza di un'altra specie che utilizza le stesse risorse.

Euritermo: termine ecologico riferito ad organismi in grado di tollerare variazioni di temperatura anche notevoli, purchè avvengano gradualmente.

Eutrofizzazione: processo degenerativo delle acque dovuto alla presenza di un eccesso di sali minerali, che può causare uno sviluppo eccessivo dei vegetali acquatici.

Ibridazione: incrocio tra entità biologiche (cellule, organismi, popolazioni, specie) geneticamente diverse tra loro, che spesso originano prole sterile (**ibrido**).

Introggressione genetica: acquisizione di caratteri genetici all'interno di una popolazione a causa del verificarsi di fenomeni di ibridazione.

Inquinamento genetico: alterazione del pool genetico di una popolazione causata dall'introduzione di individui

7. Glossario

aventi caratteristiche ereditarie differenti.

Limnofilo: organismo adattato a vivere nelle acque stagnanti o a debole velocità di corrente.

Livrea: l'insieme dei colori e dei disegni della pelle, del pelo o del piumaggio di varie specie animali, variabile nel corso dell'anno in relazione al ciclo riproduttivo e stagionale.

Melanoforo: cellula pigmentaria cutanea contenente melanina.

Meristici (caratteri): caratteri numerabili, quali il numero dei raggi delle pinne, le scaglie lungo la linea laterale, ecc...

Morfometrici (caratteri): caratteri misurabili in lunghezza, quali la lunghezza totale, il diametro dell'occhio, ecc...

Monofiletico: gruppo comprendente una specie ancestrale e tutti i suoi discendenti.

Peritoneo: membrana che riveste la cavità addominale.

Pioniera (specie): specie che colonizzano per prime un ambiente.

Popolazione: insieme di individui della stessa specie che vivono in una determinata area geografica.

Popolazioni sintopiche: popolazioni coabitanti nella stessa località.

Reofilo: organismo adattato a vivere in acque ad elevata velocità di corrente.

Ripopolamento: rilascio in natura di individui da parte dell'uomo allo scopo

di incrementare e sostenere le popolazioni sottoposte a prelievo.

Sistematica: scienza che classifica gli esseri viventi.

Tassonomia: insieme di regole e principi che permettono l'ordinamento gerarchico degli organismi viventi.

Taxon (pl.Taxa): termine aspecifico usato per indicare una categoria sistematica indipendentemente dalla posizione nella scala gerarchica della classificazione.

Transfaunazioni: trasferimenti di fauna all'interno dei confini di stato.

8. Bibliografia

- Allendorf F. W.** (1991). Ecological and genetic effects of fish introductions: synthesis and recommendations. *Can. J. Fish. Aq. Sc.*, **48** (Suppl.1): 178-181.
- Anderson R. O. e Neuman R. M.** (1996). Length, weight and associated structural indices. In Murphy B.R. e Willis D.W. (editors). *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, 447-482.
- Bagenal T. B.** (1985). *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ed. Blackwell Scientific Publications Ltd., London, 365 pp.
- Baglinière J. L e Le Louarn H.** (1987). Caractéristiques scalimétriques des principales espèces de poissons d'eau douce de France. *Bull. Fr. Peche Piscic.*, **306**: 1-36.
- Beacham T. D.** (1985). Meristic and morphometric variation in pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) in southern British Columbia and Puget Sound. *Can, J. Zool.*, **63**: 366-372.
- Beaumont W. R. C., Lee M. J. e Peirson G.** (2005). The equivalent resistance and power requirements of electric fishing electrodes. *Fisheries Management and Ecology*, **12**: 37-43.
- Berg L. S.** (1965). *Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries*. Vol. II. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem. 232-233.
- Berrebi P.** (1995). Speciation of the genus *Barbus* in the north mediterranean basin: recent advances from biochemical genetics. *Biological Conservation*, **72**: 237-49
- Betti L.** (1993). Prime osservazioni sull'ibridazione tra Barbo comune (*Barbus barbus plebejus* Val.) e Barbo canino (*Barbus meridionalis* Risso). *Studi Tridentini di Scienze naturali - Acta Biologica*, **70**: 23-28.
- Bianco P. G.** (1991). Sui pesci d'acqua dolce del fiume Esino (Marche, Italia centrale). *Atti Soc. Ital. Sci. Nat. Museo Civ. Storia Nat. Milano*, **132** (5): 49-60.
- Bianco P. G.** (1993). L'ittiofauna continentale dell'Appennino umbro/marchigiano, barriera semipermeabile allo scambio di componenti primarie tra gli opposti versanti dell'Italia centrale. *Biogeographia*, **7**: 427-485.
- Bianco P. G.** (1995). A revision of the Italian *Barbus* species (Cypriniformes: Cyprinidae). *Ichthyol. Explor. Freshwater.*, **6** (4): 305-324.
- Bianco P. G.** (2003a). *Barbus caninus*, 1839. In P. Benarescu and N.G. Bogutskaya: *The freshwater fishes of Europe*. Vol 5(2): Cyprinidae 2. Part II: Barbus. Aula Verlag, Wiebelsheim, 427-450.

8. Bibliografia

- Bianco P. G.** (2003b). *Barbus tyberinus* Bonaparte, 1839. In P. Benarescu and N.G. Bogutskaya: *The freshwater fishes of Europe*. Vol 5(2): Cyprinidae 2. Part II: Barbus. Aula Verlag, Wiebelsheim, 427-450.
- Bianco P. G.** (2003c). *Barbus plebejus* Bonaparte, 1839. In P. Benarescu and N.G. Bogutskaya: *The freshwater fishes of Europe*. Vol 5(2): Cyprinidae 2. Part II: Barbus. Aula Verlag, Wiebelsheim, 339-364.
- Bianco P. G. e Keitmayer V.** (2001). Anthropogenic changes in the freshwater fish fauna of Italy, with reference to the central region and *Barbus graellsii*, a newly established alien species of Iberian origin. *Journal of Fish Biology*, **59** (suppl.A): 190-208.
- Brown M. L. e Austen D. J.** (1996). Data management and statistical techniques. In Murphy B.R. e Willis D.W. (editors). *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, 17-62.
- Bruno S.** (1987). *Pesci e crostacei d'acqua dolce*. Giunti, Firenze, 286 pp.
- Cadrin S. X.** (2000). Advances in morphometric identification of fishery stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **10**: 91-112.
- Cadrin S. X., Friedland K. D.** (1999). The utility of image processing techniques for morphometric analysis and stock identification. *Fisheries Research*, **43**: 129-139.
- CNR** (1982). *Bacino del fiume Paglia (Umbria-Toscana)*. *Studi strutturali, idrogeologici e geochimici*. CNR, Roma, 112 pp.
- Cowx I. G.** (1990). *Developments in electric fishing*. Blackwell Scientific Publication Ltd, 358 pp.
- 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**: 1299-1312.
- DeVries D. R. e Frie R. V.** (1996). Determination of age and growth. In Murphy B.R. e Willis D.W. (editors). *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, 483-512.
- Forneris G.** (1989). Gli incubatoi di valle. *Amministrazione Provinciale di Torino*, 57 pp.
- Fowler J. e Cohen L.** (1993). *Statistica per ornitologi e naturalisti*. Franco Muzzio Editore, Padova, 242 pp.
- Gandolfi G., Zerunian S., Torricelli P., Marconato A.** (1991). *I pesci delle acque interne italiane*. Ist. Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, 617 pp.
- Ladiges e Vogt** (1967). *Guida dei pesci d'acqua dolce d'Europa*. Edizioni Labor, Milano, 269 pp.
-

8. Bibliografia

- Lelek A.** (1987). *The freshwater fishes of Europe. Vol.9 - Threatened Fishes of Europe.* Aula Verlag, Wiesbaden, 343 pp.
- Lagler K. E., Bardach J. E. e Miller R. R.** (1962). *Ichthyology the studies of fishes.*
- Lodge D. M., Taylor C. A., Holdich D. M. e Skurdal J.** (2000). Non indigenous crayfish threaten North American freshwater biodiversity: lessons from Europe. *Fisheries*, **25** (8): 7-20.
- Lorenzoni M., Giovinazzo G., Mearelli M., Ballerini M., Bevagna D., Costantini L., Dipatrizi M., Petesse M. L.** (1991). Prime considerazioni sulle caratteristiche biologiche e morfologiche di *Salmo trutta* L. del bacino umbro del F. Nera. *SITE Atti*, **12**: 465-468.
- Lorenzoni M., Carosi A., Panara F.** (2003). *Il recupero del ceppo autoctono della trota fario nel bacino idrografico del Fiume Nera.* Arti Grafiche Nobili, 184 pp.
- Lorenzoni M., Corboli M., Pagano L., Pedicillo G., Carosi A., Morelli S., Viali P., Baldini G., Ghetti L., Zeetti A., Natali M., Biscaro Parrini A., Dolciami R., Mezzetti A., Andreani M., Burchia A., Cassieri S., De Luca M., Mossone M., Quondam L. S., Uzzoli C., Anziani L. e Cocchi M.** (2004a). *Carta Ittica Regionale. Bacino del Fiume Nera.* Perugia, Regione dell'Umbria, 269 pp.
- Lorenzoni M., Corboli M., Grillo E., Pedicillo G., Carosi A., Viali P., Ghetti L., Baldini G., Zeetti A., Natali M., Dolciami R., Biscaro Parrini A., Mezzetti A., Mossone M., Andreani M., Burchia A., Cassieri S., De Luca M., Quondam L. S., Uzzoli C. e Di Brizio M.** (2004b). *Carta Ittica Regionale. Bacino del Fiume Nestore.* Perugia, Regione dell'Umbria, 216 pp.
- Maitland P.S.** (2004). *Keys to the freshwater fish of Britain and Ireland, with notes on their distribution and ecology.* Freshwater Biological Association, Cumbria, 248 pp.
- Mach R. N., Simberloff C. D., Lonsdale W. M., Evans H., Clout M. e Bazzaz F.** (2000). Biotic invasions: Causes, Epidemiology, Global Consequences and Control. *Issues in Ecology*, **5**: 1-24.
- Mckinney M. L. e Lockwood J. L.** (1999). Biotic homogenization: a few winners replacing many losers in the next mass extinction. *Trend in Ecology and Evolution*, **14** (11): 450-453.
- Mearelli M., Lorenzoni M., Carosi A., Giovinazzo G., Petesse M. L., Ghetti L., Montilli G., Anzini L., D'Emilio G., Zampa O., Ruco P., Nelli P.** (1996). *Carta ittica della regione Umbria: bacini del F.Chiani e del F.Paglia.* Giunta Regionale Servizio per gli interventi
-

8. Bibliografia

- ittiofaunistici. Tipografica Salvi, Perugia, pp.167.
- Mearelli M., La Porta G., Leoni P., Lorenzoni M., Carosi A., Cingolani L., Ghetti L., Mossone M. e Uzzoli C.** (2001). *Carta Ittica Regionale. Bacino del fiume Chiascio e fiume Topino*. Perugia, Regione dell'Umbria, 279 pp.
- Mills C. A.** (1991). Reproduction and life history. In Winfield I. e Nelson J. (editors). *Cyprinid fishes; systematic, biology and exploitation*. Chapman & Hall, London, 667 pp.
- Nelson J. S.** (1994). *Fishes of the world*. Wiley, New York, 600 pp.
- Nonnis Marzano F., Pascale M., Piccinini A.** (2003). Atlante dell'ittiofauna della Provincia di Parma. Stilgraf, Vidana, 127 pp.
- Philippart J. C., Berrebi P.** (1990). Experimental hybridation of *Barbus barbus* and *Barbus meridionalis*: physiological, morphological, and genetic aspects. *Aquatic Living Resources*, **3**: 325-332.
- Reist J.** (1985). An empirical evaluation of several univariate methods that adjust for size variation in morphometric data. *Can. J. Zool.*, **63**: 1429-1439.
- Reynolds J. B.** (1996). Electrofishing. In Murphy B.R. e Willis D.W. (editors). *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, 447-482.
- Roby D., Lambert J. D., Sevigny J. M.** (1991). Morphometric and electrophoretic approaches to discrimination of capelin (*Malotus villosus*) population in the estuary and Gulf of Saint Lawrence. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **48**: 2040-2050.
- Rosecchi E., Poizat G. e Crivelli A. J.** (1997). Introductions de poissons d'eau douce et d'écrevisses en Camargue: historique, origines et modifications des peuplements. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, **344-345**: 221-232.
- Schaefer** (1991). Morphometric investigations in cyprinid biology. In Winfield I. e Nelson J. (editors). *Cyprinid fishes; systematic, biology and exploitation*. Chapman & Hall, London, 667 pp.
- Schweigert J.** (1990). Comparison of morphometric and meristic data against truss networks for describing Pacific Herring stocks. *Am. Fish. Soc. Symp.*, **7**: 47-62.
- Strauss R. E., Bookstein F. L.** (1982). The truss: body for reconstructions in morphometrics. *Systematic Zoology*, **31** (2): 113-135.
- Tortonese E.** (1970). *Fauna d'Italia. Osteichthyes. Vol.X.Pesci Ossei*. Officine Grafiche Calderini, Bologna, 565 pp.
- Tsigenopoulos C. S., Karakousis Y. e Berrebi P.** (1999). The North Mediterranean *Barbus* lineage: phylogenetic hypotheses and
-

8. Bibliografia

taxonomic implications based on allozyme data. *Journal of Fish Biology*, 54: 267–286.

Zerunian S. (2002). *Condannati all'estinzione?* Edagricole, Bologna, 220 pp.

Zerunian S. (2003). *Piano d'azione generale per la conservazione dei Pesci d'acqua dolce italiani.* Quad. Conserv. Natura, 17, Min. Ambiente – Ist. Naz. Fauna selvatica, 123 pp.