

Attività di ricerca con lo scopo di aumentare le conoscenze sulle caratteristiche biologiche ed ecologiche delle popolazioni di *Carassius auratus* e *Callinectes sapidus* nei Bacini di Ugento (LE)

RELAZIONE TECNICA FINALE

Rosalba Padula - ARPA Umbria

Massimo Lorenzoni, Antonella Carosi, Francesca Lorenzoni - Università degli Studi di Perugia DCBB

Giorgio Mancinelli -Università degli Studi del Salento DiSteBA Teresa Maggio, Luca Castriota, Tiziana Cillari, Manuela Falautano, Patrizia Perzia - ISPRA

Gennaio 2024



INTRODUZIONE

Nel corso del 2021 presso il “Parco Naturale Regionale del Litorale di Ugento” (Fig.1) l’Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale dell’Umbria (di seguito Arpa Umbria) e l’Università degli Studi di Perugia- Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie (di seguito UniPg-DBBC), sollecitati dal Comune di Ugento, hanno effettuato una serie di attività di campionamento ittico e analisi ecologiche per valutare la presenza del carassio dorato (*Carassius auratus*) in alcuni dei Bacini di Ugento. In quell’occasione si è potuto verificare che nelle acque dolci e salmastre del Parco si erano insediate diverse specie aliene che per caratteristiche, abbondanze, significatività, avrebbero richiesto opportuni approfondimenti ed attenzioni. Tra questi oltre al *Carassius auratus* anche il *Callinectes sapidus*, il *Ficopotamus enigmaticus* e la *Gambusia holbrooki*. Tali segnalazioni acquisivano particolare rilevanza anche perché l’area di studio è tra i più importanti sistemi lacustri costieri del Salento (area naturale protetta istituita con L.R. 13/07).

Un attento monitoraggio sulla presenza delle specie aliene è attualmente il più efficace sistema di prevenzione per affrontare la problematica che rappresenta una tra le principali minacce alla biodiversità. Le attività di eradicazione che andrebbero messe in atto qualora le popolazioni aliene invasive fossero non solo già insediate ma con impatti ecologicamente negativi o dannosi per altre specie, richiederebbero, infatti, uno sforzo economico, gestionale e tecnico molto elevato.

I risultati dello studio qualitativo dei corsi d’acqua e del campionamento ittico svolto nel 2021 hanno quindi indotto il Comune di Ugento a proseguire la collaborazione con i suddetti enti e rafforzarla con un partenariato più ampio decidendo così di inserire anche uno studio più approfondito sul *Callinectes sapidus*. Il gruppo di lavoro si arricchisce dunque anche della collaborazione del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Biologiche ed Ambientali dell’Università degli Studi del Salento (di seguito UniSalento-DiSTeBA) e dell’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (di seguito ISPRA) che cooperano ad acquisire dati sul ruolo funzionale e sull’impatto potenziale del granchio blu su flora e fauna nativa.

Nasce così il nuovo progetto di studi, che, supportato dal Comune di Ugento con specifica Convenzione, vuole raggiungere i seguenti obiettivi:

- 1) aumentare le conoscenze sulle caratteristiche biologiche ed ecologiche della popolazione delle due specie non indigene, carassio dorato (*Carassius auratus*) e granchio blu (*Callinectes sapidus*) nei Bacini di Ugento;
- 2) acquisire informazioni utili a quantificare le abbondanze della popolazione e l’impatto ecologico delle due specie aliene negli ambienti naturali e protetti del Parco Naturale Regionale del Litorale di Ugento, in considerazione anche della recente espansione demografica e dell’invasività del granchio blu;
- 3) impostare nuove pratiche comunicative che mirano al coinvolgimento attivo della popolazione locale.



Fig. 1 Parco Naturale Regionale “Litorale di Ugento” (foto M. Dadamo)

La partnership del progetto è rappresentata da:

- Comune di Ugento
- ARPA Umbria
- Università degli Studi di Perugia DCBB
- Università degli Studi del Salento DiSTeBA
- ISPRA

In particolare, nella presente relazione di sintesi vengono illustrati i risultati ottenuti nel corso delle seguenti attività previste dal progetto:

Attività 1 – Coinvolgimento e formazione dei pescatori locali

Attività 2 – Monitoraggio di *Carassius auratus*

Attività 3 – Analisi dei contenuti stomacali di *Callinectes sapidus* tramite eDNA metabarcoding

ATTIVITA' 1 – Coinvolgimento e formazione dei pescatori locali

Enti coinvolti: ARPA Umbria (Rosalba Padula), DCBB (Massimo Lorenzoni, Antonella Carosi, Francesca Lorenzoni), ISPRA (Teresa Maggio, Luca Castriota, Tiziana Cillari, Manuela Falautano, Patrizia Perzia) e UniSalento-DiSTeBA (Giorgio Mancinelli)

La prima attività è stata finalizzata alla sensibilizzazione e coinvolgimento della comunità locale allo scopo anche di potenziare le attività di monitoraggio sulla presenza, distribuzione e abbondanza di *Carassius auratus* e *Callinectes sapidus* nei bacini di Ugento per acquisire ulteriori informazioni sulle popolazioni presenti, attraverso l'ausilio di pescatori locali individuati dall'amministrazione Comunale.

Il primo step è stato quello di definire la percezione della presenza delle specie aliene nell'area di studio e il loro impatto sulla pesca: a tale scopo è stato predisposto un questionario rivolto ai pescatori.

Il "Questionario sulla percezione della presenza di specie aliene nell'area di studio e il loro impatto sulla pesca", da compilare in forma anonima, è stato sviluppato in più sezioni:

1. una prima parte riportante i dati anagrafici dell'intervistato (età, tipo di attività di pesca, anno di inizio attività, attrezzi utilizzati e area di pesca);
2. una seconda parte volta ad indagare la conoscenza e percezione dell'intervistato rispetto alla tematica delle specie non indigene o aliene (Fig. 2).
3. una terza parte volta ad indagare la conoscenza e la percezione dell'intervistato rispetto alle specie non indigene o aliene *Carassius auratus* e *Callinectes sapidus* (Fig. 3).

Pensi che queste specie siano numerose nei nostri ambienti acquatici?	<input type="radio"/> Sono rare <input type="radio"/> Sono comuni <input type="radio"/> Sono abbondanti <input type="radio"/> Non so
Il cambiamento climatico ha favorito l'arrivo di nuove specie animali e vegetali che prima non c'erano?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Non so
La navigazione, l'acquariofilia e l'acquacoltura possono influenzare l'arrivo di nuove specie animali e vegetali nelle nostre acque?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Non so
L'arrivo di nuove specie animali e vegetali nelle nostre acque interne, marine o di transizione, possono causare problemi all'ambiente e alle altre specie?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Non so
Se hai risposto Sì alla domanda precedente, che tipo di problemi possono causare?	
La presenza di queste specie può avere un impatto sulla pesca?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Non so
Se hai risposto Sì alla domanda precedente, che tipo di impatto?	
Alcune di queste nuove specie possono essere pericolose per l'uomo se toccate e/o mangiate?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Non so
Se hai risposto Sì alla domanda precedente, scrivi quale o quali specie conosci?	
Hai mai avvistato/catturato una specie non abitualmente presente nella tua area o mai vista prima?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No
Se hai risposto Sì, hai qualche foto o video di quella cattura/avvistamento?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No

Figura 2: Questionario sulla percezione della presenza di specie aliene nell'area di studio e il loro impatto sulla pesca. Sezione relativa alla tematica "Specie aliene" in generale.

Hai mai avvistato il carassio dorato *Carassius auratus*?
(La specie in foto)

Sì No

A

Carassius auratus: forma selvatica

B

Carassius auratus: varietà rossa selezionata

Se lo hai avvistato/catturato puoi proseguire il questionario

Quando hai avvistato per la prima volta il carassio? (anno e mese)	
Dove lo hai avvistato per la prima volta? Se lo hai catturato, con quale attrezzo? Si presentava nella forma selvatica (come in foto A) o selezionata dall'uomo (come in foto B)?	
Lo hai avvistato/catturato anche successivamente? Nella stessa zona o altrove?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No
Il carassio ti è sembrato abbondante nell'area dove lo hai avvistato/catturato?	<input type="radio"/> Occasionale <input type="radio"/> Comune <input type="radio"/> Abbondante <input type="radio"/> Non so
Pensi che il carassio dorato negli ultimi 5 anni sia:	<input type="radio"/> Aumentato <input type="radio"/> Diminuito <input type="radio"/> Stabile <input type="radio"/> Fluttuante <input type="radio"/> Non so
Pensi o hai verificato che il carassio abbia qualche effetto positivo o negativo sull'attività di pesca, sulle altre specie ittiche e/o sull'ambiente?	<input type="radio"/> Positivo <input type="radio"/> Negativo <input type="radio"/> Nessun effetto <input type="radio"/> Non so
Se hai risposto sì alla domanda precedente, scrivi quale effetto (es. aumento della torbidità dell'acqua, scomparsa o aumento dell'abbondanza di altre specie)	
Hai mai provato a mangiarlo? Come lo hai trovato?	

Hai mai avvistato/catturato il granchio blu atlantico *Callinectes sapidus*?
(La specie in foto)

Sì No

Callinectes sapidus: Foto sx di Angela Pira; Foto dx di Gianna Cescotto

Se lo hai avvistato/catturato puoi proseguire il questionario

Quando hai avvistato/catturato per la prima volta il granchio blu? (mese e anno)	
Dove hai avvistato/catturato per la prima volta? A che profondità? Se lo hai catturato, con quale attrezzo?	
Lo hai avvistato/catturato anche successivamente? Quando? (mese e anno) Nella stessa zona o altrove? A che profondità? Se lo hai catturato, con quale attrezzo? Hai mai pescato femmine con uova? Se sì in che periodo dell'anno (mese/stagione)?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No
Il granchio blu ti sembra abbondante nell'area dove lo hai avvistato/catturato?	<input type="radio"/> Assente <input type="radio"/> Occasionale <input type="radio"/> Comune <input type="radio"/> Abbondante <input type="radio"/> Non so
Pensi che il granchio blu atlantico negli ultimi 10 anni sia:	<input type="radio"/> Aumentato <input type="radio"/> Diminuito <input type="radio"/> Stabile <input type="radio"/> Fluttuante <input type="radio"/> Non so
Pensi che il granchio blu abbia qualche effetto positivo o negativo sull'attività di pesca?	<input type="radio"/> Positivo <input type="radio"/> Negativo <input type="radio"/> Nessun effetto <input type="radio"/> Non so
Se pensi che il granchio blu abbia qualche effetto sulla pesca, specifica quale	
Hai mai mangiato il granchio blu? Lo hai mai commercializzato?	<input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No <input type="radio"/> Sì <input type="radio"/> No

Figura 3: Questionario sulla percezione della presenza di specie aliene nell'area di studio e il loro impatto sulla pesca: sezione relativa alle due specie aliene oggetto di studio nella convenzione

Al fine, inoltre, di acquisire informazioni sulle due specie aliene oggetto delle attività della Convenzione sono state realizzate n. 2. "Schede tecniche per la registrazione dei dati" di avvistamento/cattura relative alle due specie aliene oggetto delle attività previste nell'ambito della Convenzione: 1 scheda per *Callinectes sapidus* e 1 per *Carassius auratus* (Fig. 4).

SCHEDA REGISTRAZIONE DATI CARASSIO

Osservatore: pescatore operatore altro: _____

Forma selvatica



Foto: M. Lorenzoni

Varietà ornamentali



<https://imgspool.com/catalogo/carassius-auratus-4-pesce-rosso>
<https://www.zanipedia.it/curiosita-sul-pesce-rosso/>

Data: _____ Località: _____
 Coordinate geografiche: Latitudine: _____; Longitudine: _____
 Profondità: _____ Tipologia di fondale: _____
 Ambiente: lacustre canale Bacino: _____
 Osservazione Cattura
 Numerosità 1 <5 >5 >10

In caso di cattura specificare l'attrezzo utilizzato:
 nassa bilancia canna da pesca altro _____
 Presenza di altri organismi insieme alla specie osservata o catturata: _____
 Presenza di anomalie, segni di inquinamento, o altro da segnalare: _____

Danni all'attrezzo di pesca: SI NO
 Foto o video disponibile: SI NO
 Esemplare conservato: SI NO

SCHEDA REGISTRAZIONE DATI GRANCHIO BLU

Osservatore: subacqueo pescatore operatore altro: _____



Callinectes sapidus



Portunus segnis

Data: _____ Località: _____
 Coordinate geografiche: Latitudine: _____; Longitudine: _____
 Profondità: _____ Tipologia di fondale: _____

Osservazione Cattura

In caso di cattura specificare l'attrezzo utilizzato: _____

Presenza di altri organismi insieme alla specie osservata o catturata: _____
 Presenza di anomalie, segni di inquinamento, o altro da segnalare: _____

Danni all'attrezzo di pesca: SI NO
 Danni al pescato: SI NO
 Foto o video disponibile: SI NO
 Esemplare conservato: SI NO

Figura 4: Schede tecniche per la registrazione dei dati di avvistamento di *Carassius auratus* e *Callinectes sapidus*

Le schede sono state distribuite ai pescatori intervenuti all'incontro di presentazione delle attività di ricerca oggetto della Convenzione, organizzato dal Comune di Ugento e dal Parco "Litorale di Ugento". L'incontro, che ha coinvolto tutti i partner scientifici, si è svolto il 18 aprile 2023 a Ugento presso la Biblioteca Comunale di Palazzo Rovito (Fig. 5). All'evento hanno partecipato, oltre ai pescatori e alle associazioni di categoria, anche gli studenti della Scuola Secondaria di Primo Grado "Ignazio Silone".

In tale occasione i ricercatori ISPRA hanno esposto la problematica delle specie aliene marine e degli impatti che possono avere su ambiente, economia e salute umana (es: *Lagocephalus sceleratus*), sottolineando il ruolo e l'importanza del cittadino nell'attività di sorveglianza.



Figura 5: Foto scattata in occasione dell'incontro di presentazione del progetto

Il gruppo di lavoro di ARPA Umbria-UNIPG ha presentato le attività previste dal progetto riguardanti il monitoraggio del carassio dorato nei bacini di Ugento e la caratterizzazione ambientale, mentre il prof. Giorgio Mancinelli dell'Università del Salento ha illustrato le caratteristiche biologiche ed ecologiche del granchio blu.

Agli intervenuti è stato quindi chiesto di compilare il questionario e, in caso di avvistamento di una o entrambe le specie, la relativa scheda tecnica di rilevamento.

Sono stati compilati 12 questionari e 5 schede di rilevamento.

Di seguito i principali risultati di quanto rilevato tramite i questionari (Figg. 6 e 7).

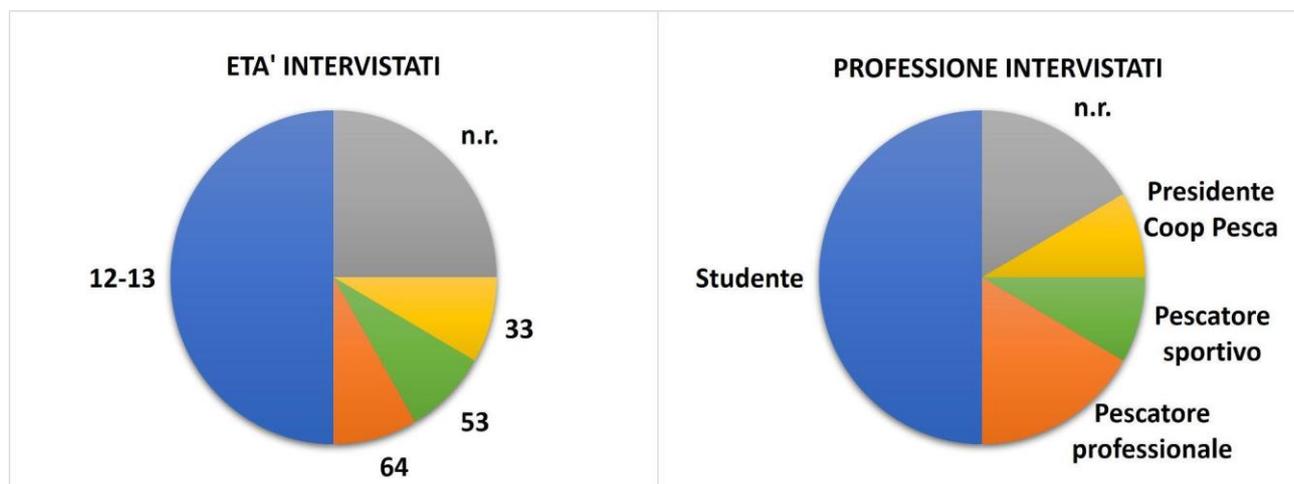


Figura 6. Età e professione degli intervistati

Il campione degli intervistati ha incluso una ampia e rappresentativa fascia di età, partendo dai 12 anni fino ai 64 anni; la partecipazione degli studenti ha quindi consentito di intercettare anche la fascia della nuova generazione e acquisire informazioni anche da quest'ultima. Gli studenti hanno costituito il 50% del campione intervistato, l'altra metà è stata rappresentata principalmente da operatori del settore pesca.

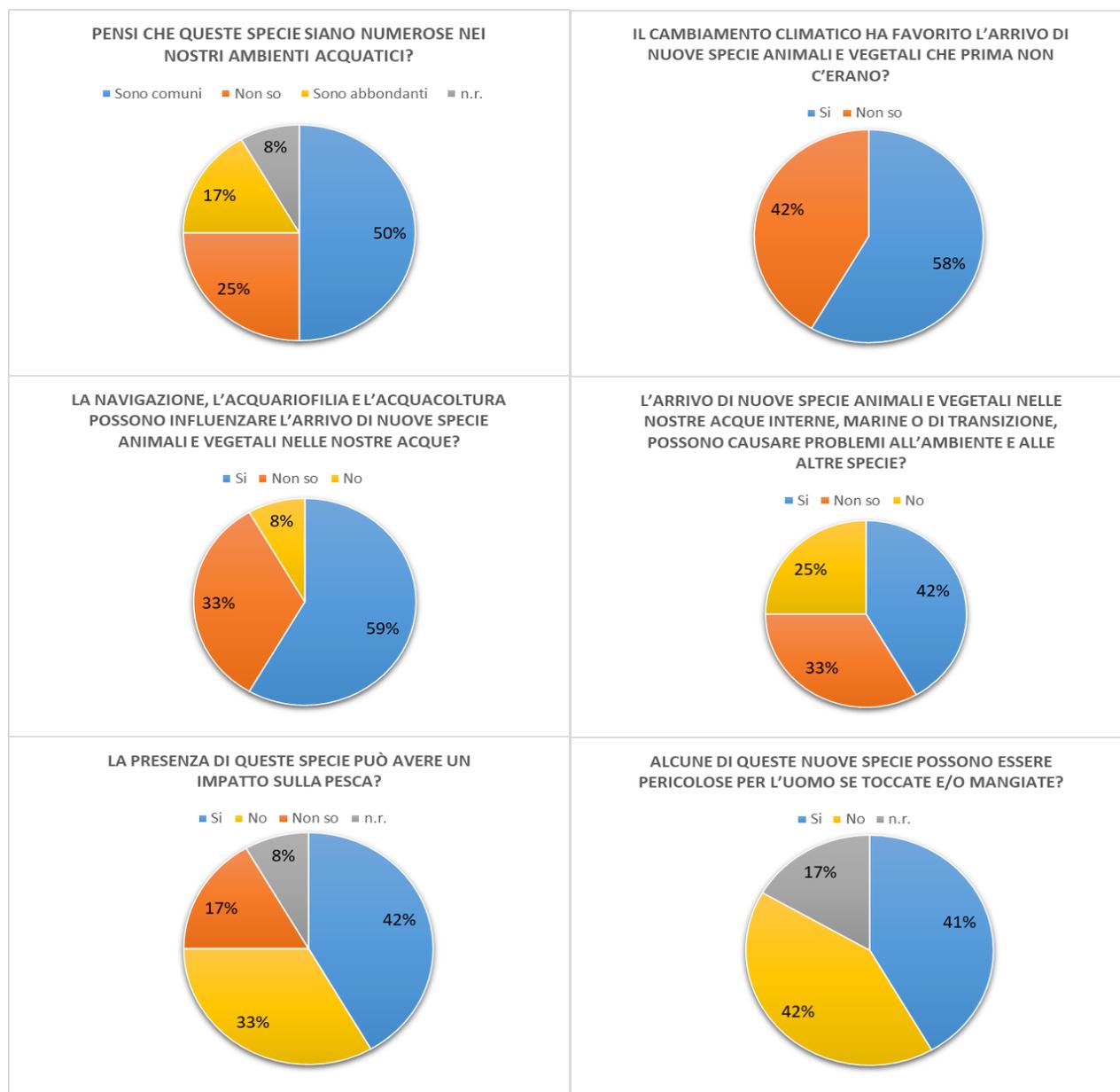


Figura 7. Grafici delle percentuali delle risposte ottenute (domande selezionate)

In riferimento ai risultati ottenuti, è emerso che la maggior parte degli intervistati ritiene che le specie aliene siano abbondanti e/o comuni nei nostri ambienti acquatici e che il cambiamento climatico abbia favorito il loro arrivo, riconoscendo anche il ruolo svolto dalla navigazione, acquariofilia ed acquacoltura. Sono emersi gap conoscitivi invece riguardo le problematiche che queste specie possono causare all'ambiente e alle altre specie (il 58% ha dichiarato di NO o di non saperlo) e all'impatto che possono avere sull'attività di pesca, domanda per la quale, quasi certamente, le risposte negative o incerte sono state fornite dagli studenti, ignari degli effetti che queste specie possono avere su questo settore.

Importante anche segnalare come solo il 41% degli intervistati è consapevole del fatto che alcune di queste nuove specie, fortunatamente oggi non presenti nei bacini di Ugento, possono essere pericolose per l'uomo se toccate e/o mangiate. Questo sottolinea ancor più quanto sia importante portare avanti campagne di sensibilizzazione mirate a far conoscere la problematica delle specie aliene, e soprattutto a far riconoscere al cittadino quelle pericolose per la salute umana.

Rispetto alla conoscenza delle due specie aliene si rileva una carente consapevolezza sulle loro caratteristiche. Nessuno degli intervistati conosce l'habitat del carassio, quali le tecniche di pesca, quali i segni della sua presenza, né le problematiche che comporta la sua presenza nelle acque protette del parco, del suo ruolo ecologico e dei suoi impatti nell'area di studio. Nessuno l'ha mai utilizzato a fini alimentari.

Le informazioni sul granchio blu, invece, sono più puntuali: i pescatori in particolare hanno fornito informazioni sulle evidenze della loro presenza e sulla pesca. Il 25% degli intervistati l'ha consumato durante un pasto.

Ad integrazione di questa attività di comunicazione è stato suggerito all'amministrazione comunale e all'ente Parco di promuovere un'attività di Citizen science (Fig. 8), allestendo presso le aree di interesse opportuna cartellonistica che potesse indurre la cittadinanza e i turisti frequentanti l'area, a comunicare l'avvistamento, la presenza o la cattura di una delle specie aliene oggetto del progetto.



Figura 8: Cartellonistica nell'area del Parco

In riferimento alle schede di rilevamento, in nessun caso è stato possibile recuperare la documentazione fotografica o video correlata all'osservazione o cattura di *Callinectes sapidus* né di *Carassius auratus*.

In due schede è stata riportata la presenza del granchio blu ad Ugento, senza però specificare ulteriori dettagli. In un'altra scheda è stata invece riportata l'osservazione della specie nei canali dei bacini a 0,50 m. di profondità. Infine, la cattura di *C. sapidus* è stata annotata in due schede: 1 in cui si riportano anche danni alla rete e al pescato e 1 in cui viene riportata anche la profondità (8-10 m) e la tipologia di fondale (posidonia, misto sabbia) e non si rilevano danni né alla rete (tremaglio) né al pescato.

L'analisi di queste informazioni conferma la assoluta necessità di coinvolgere i cittadini nella consapevolezza della presenza delle specie aliene sul proprio territorio, delle cause e degli impatti. Si propone quindi di avviare significative pratiche di comunicazione e disseminazione delle informazioni acquisite, anche attraverso i lavori tecnico-scientifici come quello in essere.

ATTIVITA' 2 – Monitoraggio di *Carassius auratus*

Enti coinvolti: ARPA Umbria (Rosalba Padula), UNIPG (Massimo Lorenzoni, Antonella Carosi, Francesca Lorenzoni)

In questa sezione vengono illustrati i risultati ottenuti nel corso attraverso l'elaborazione dei dati ambientali e ittici raccolti in occasione dello studio sulla presenza del carassio dorato che si è svolto a Ugento nel periodo compreso tra il 13 e il 19 aprile 2023, a cui hanno partecipato la dott.ssa Rosalba Padula di Arpa Umbria, il prof. Massimo Lorenzoni, la dott.ssa Antonella Carosi e la dott.ssa Francesca Lorenzoni dell'Università degli Studi di Perugia. Gli obiettivi specifici del monitoraggio ambientale e ittico erano i seguenti:

- Approfondire ulteriormente le conoscenze sulla distribuzione e sulle caratteristiche biologiche ed ecologiche della popolazione di *Carassius auratus* presente nei Bacini di Ugento (LE), unitamente alla caratterizzazione dell'intera comunità ittica presente, ed effettuare il confronto con i dati raccolti nel monitoraggio precedente;
- Analizzare le dinamiche ambientali dei bacini nello spazio e nel tempo, avvalendosi dei dati raccolti nel corso di due annualità;
- Acquisire ulteriori informazioni utili a quantificare le abbondanze della popolazione, per sviluppare un eventuale piano di contenimento degli stock ittici e fornire indicazioni gestionali sull'attrezzatura da utilizzare, i tempi, i luoghi e i modi per attuare idonei interventi di contenimento.

1. LE SPECIE ALLOCTONE

Le specie alloctone, conosciute anche come aliene, esotiche o non native, per essere definite tali devono essere state introdotte volontariamente o involontariamente dall'uomo in un'area dove la loro presenza non è mai stata documentata. Quando le specie alloctone, animali e piante, si disperdono e ampliano il loro areale di distribuzione anche in modo naturale nel corso del tempo, producendo impatti negativi a livello ecologico e socio-economico, si parla di "specie invasive".

E' oramai indiscusso e scientificamente provato che, la presenza sempre più massiva di specie aliene invasive, così come la distruzione, degradazione e frammentazione degli habitat, i cambiamenti climatici e l'inquinamento, contribuiscono alla perdita di biodiversità e giocano un ruolo importante nelle alterazioni degli ecosistemi e dei servizi ecosistemici che essi producono con ripercussioni sulle attività dell'uomo (produzione agricola, silvicoltura e acquacoltura o pesca). Oltre che sul piano economico le specie invasive possono dunque, considerarsi una minaccia al benessere umano anche dal punto di vista sanitario.

Agire in prevenzione è utile da molti punti di vista: ecologico, sociale, economico. Può infatti, capitare che una specie alloctona non si dimostri inizialmente invasiva ma diventi un problema con il passare del tempo. A favorire l'instaurarsi di una situazione di questo tipo possono esserci i cambiamenti climatici in atto, che, modificando le condizioni ambientali danno maggiori chances di acclimatazione a specie che fino a quel momento non erano state in grado di farlo. La migliore difesa contro l'introduzione di specie aliene è sicuramente la prevenzione che si basa sulla sensibilizzazione dei cittadini e sull'educazione ambientale. Fallita la prevenzione, per contrastare le invasioni biologiche già in atto è opportuno intervenire precocemente nella finestra temporale durante la quale le popolazioni delle specie aliene hanno ancora un'abbondanza ridotta. Uno strumento di contrasto può essere rappresentato dalla lotta biologica con il ricorso ad antagonisti naturali, anch'essi spesso però, di origine alloctona. Altri sistemi di controllo da attuarsi in una fase ancora più avanzata del processo di invasione possono prevedere interventi di eradicazione, con attività di prelievo e abbattimento, dunque, interventi cruenti oltre che maggiori costi. Un attento monitoraggio deve essere per questo motivo, alla base di qualunque intervento gestionale sia per valutare l'entità del fenomeno e la dinamica di espansione spaziale e temporale delle specie invasive, sia per valutare l'efficacia di eventuali interventi di contenimento che vengono posti in atto.

Nonostante oggi siano disponibili liste che elencano le specie aliene dannose o invasive, è importante accrescerne la conoscenza per permettere lo sviluppo di più efficaci politiche di risposta. Inoltre, bisogna considerare che l'impatto delle specie aliene può cambiare nel tempo, ad esempio intensificandosi, ed è quindi indispensabile monitorare attentamente il fenomeno e studiare il comportamento delle specie.

1.1 - Storia dell'introduzione e della progressiva espansione del *Carassius auratus*

Le caratteristiche morfologiche dei carassi individuati e pescati nei bacini di Ugento nel 2021 e nel 2023, sono riconducibili alla specie *Carassius auratus* (L., 1758). Il nome comune italiano è carassio dorato; in francese daurat, dorade de la Chine o poisson rouge; in tedesco Goldfisch; in inglese goldfish.

Più comunemente conosciuto anche come "pesce rosso", *Carassius auratus* è originario dell'Asia orientale dove probabilmente già nel 400 a.C veniva allevato per il consumo alimentare e a scopo ornamentale. Viene introdotto in Giappone nel XVI secolo (Kottelat e Fryhof, 2007) e, trasportato da navigatori portoghesi così come segnalato dal viaggiatore tedesco Kämpfer (A. Arcangeli, 1926), arriva nel XVII secolo in Europa (Ghetti et al, 2007) e in Italia (Bianco & Ketmaier, 2001). La presenza di *C.auratus* è stata riportata nella provincia di Milano (Puzzi et al, 2007), nel bacino del fiume Arno (Nocita, 2007), nel bacino del fiume Po' (Castaldelli et al, 2013) e nella parte meridionale del fiume Tevere (Tancioni e Cataudella, 2009; Sarrocco et al, 2012). Nella parte settentrionale del fiume Tevere è, invece, stata rilevata alla fine degli anni '80 del secolo scorso (Lorenzoni et al, 2006; Carosi et al, 2017) quando il carassio dorato è risultato presente nel fiume Chiascio (1989) e nelle acque stagnanti del lago Trasimeno. In questo bacino lacustre è stato catturato nel 1988 e da

allora la sua abbondanza è andata progressivamente aumentando, favorita dagli effetti del cambiamento climatico (Carosi et al, 2018). Oggi il carassio dorato è globalmente diffuso e considerato invasivo in diversi stati dell'Eurasia continentale.

La specie *Carassius auratus* appartiene alla famiglia dei ciprinidi.

L'addomesticazione del pesce rosso avviata oltre 1200 anni fa, ha drasticamente selezionato le forme ottenute da mutazioni naturali che privilegiavano colori vivaci e ampie pinne. Questi individui invece di essere mangiati venivano rilasciati negli stagni buddisti come atto compassionevole e di adorazione: in questo modo i monaci nutrivano e proteggevano questi rari pesci rossi scarlatti sottraendoli ai pericoli delle acque aperte.

La bellezza delle varie forme domestiche ha fatto sì che in breve tempo il pesce rosso venisse esportato nel mondo come ornamento vivente in acquari e fontane di città, ville e palazzi, rendendolo tra i più apprezzati pesci ornamentali al mondo. La facilità con cui ancora oggi i pesci rossi vengono allevati favorisce la creazione di nuove varietà caratterizzate da variazioni nella colorazione (dall'arancione, al rosso scarlatto, al bianco argenteo, al pezzato), nella forma speciale degli occhi, nella conformazione del capo o delle pinne. Le varie colorazioni selezionate sono determinate dalla presenza, nella pelle, di speciali cellule (*cromatofori*) alcune delle quali contengono granuli di un pigmento bruno (*melanina*), altre contenenti il pigmento arancione (*licopene*), altri cristalli di *guanina* responsabili della colorazione argentea. Il cambiamento di colore del pesce comincia generalmente al principio della 7^a settimana dopo la schiusa delle uova, ma diventa appariscente fra il 60° e l'80° giorno: esso è dovuto al calore e non avviene a temperature inferiori ai 18°C. I pesci che non hanno cambiato livrea nella prima estate possono, se la temperatura dell'acqua nell'estate successiva supera i 18°C, acquistare il colore giallo. Gli esemplari rinselvatichiti possono presentare un colore rosso anche negli anni successivi al rilascio in un ambiente naturale. Nelle popolazioni naturali, tuttavia, gli esemplari più vistosamente colorati, ad esempio di rosso o di arancio, tendono col tempo a diminuire, perché più facilmente individuati dai predatori rispetto agli esemplari in grado di confondersi maggiormente nell'ambiente: è per questo motivo che le popolazioni di più vecchia introduzione tendono ad assumere la colorazione argentata tipica del carassio selvatico.

Nell'epoca moderna, sfuggito all'allevamento o immesso dall'uomo in ambienti acquatici per contenere la presenza delle larve di zanzara, il carassio dorato può considerarsi oramai tra le specie più invasive al mondo. È infatti segnalato al 20° posto nell'elenco delle 149 specie aliene più dannose presenti in Europa in quanto causa del declino degli anfibi autoctoni. Tale elenco è stato elaborato con metodo scientifico di misurazione dell'impatto generato dalla specie invasiva e dei costi economici e sociali che ne conseguono. I pesci rossi, infatti:

- si riproducono velocemente, anche due volte l'anno, se le condizioni di temperatura e la presenza di piante acquatiche possono garantire le condizioni ambientali per lo sviluppo delle uova. Una delle caratteristiche del pesce rosso, è infatti, la capacità di riprodursi senza la fecondazione delle uova da

parte dei maschi (riproduzione ginogenetica) con la formazione di prole unisessuale (solo femmine) e bisessuale (entrambi i sessi);

- si alimentano voracemente di vegetali, insetti, altri pesci, girini e persino anfibi adulti; nutrendosi sul fondale smuovono sabbia e sedimenti, rendendo l'acqua perennemente torbida. Questo comportamento impedisce alla luce solare di arrivare sul fondo e causa la scomparsa di alcuni habitat soprattutto vegetali;
- possono sopravvivere in condizioni ambientali estreme: in presenza di alte temperature e lunghi periodi di anossia, infatti, i pesci rossi sospendono o rallentano alcune attività, quali la riproduzione o la locomozione.

Tutte queste caratteristiche rappresentano le carte vincenti nel processo di invasione e determinano il forte impatto negativo che la specie esercita sugli ecosistemi e sulla fauna locale.

2. AMBIENTE DI STUDIO

Il monitoraggio in campo per lo studio sulla presenza del *Carassius auratus* si è svolto tra il 13 e il 19 aprile 2023. È stato condotto sui sette bacini e i relativi canali di collegamento presenti nell'area Parco, oltre che presso l'ex impianto di acquacoltura ittica (Fig. 9) con campionamenti chimico-fisici e ittici delle acque.

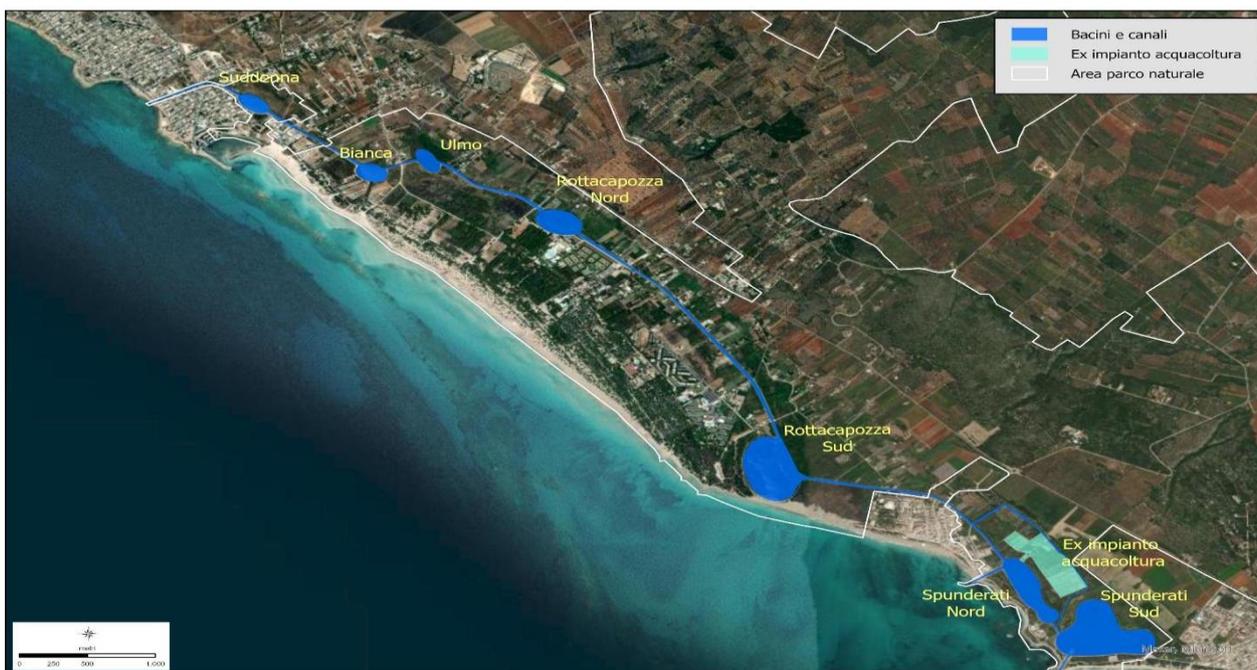


Figura 9: I bacini, i canali artificiali e l'ex-impianto di acquacoltura, luoghi del monitoraggio, inseriti nel Parco Naturale Regionale

2.1 - Area di studio

Relativamente al monitoraggio biologico e chimico-fisico sono stati individuati 32 punti di campionamento, alcuni dei quali (14) perfettamente sovrapponibili alla rete di monitoraggio utilizzata per lo studio del 2021 (Fig. 10).

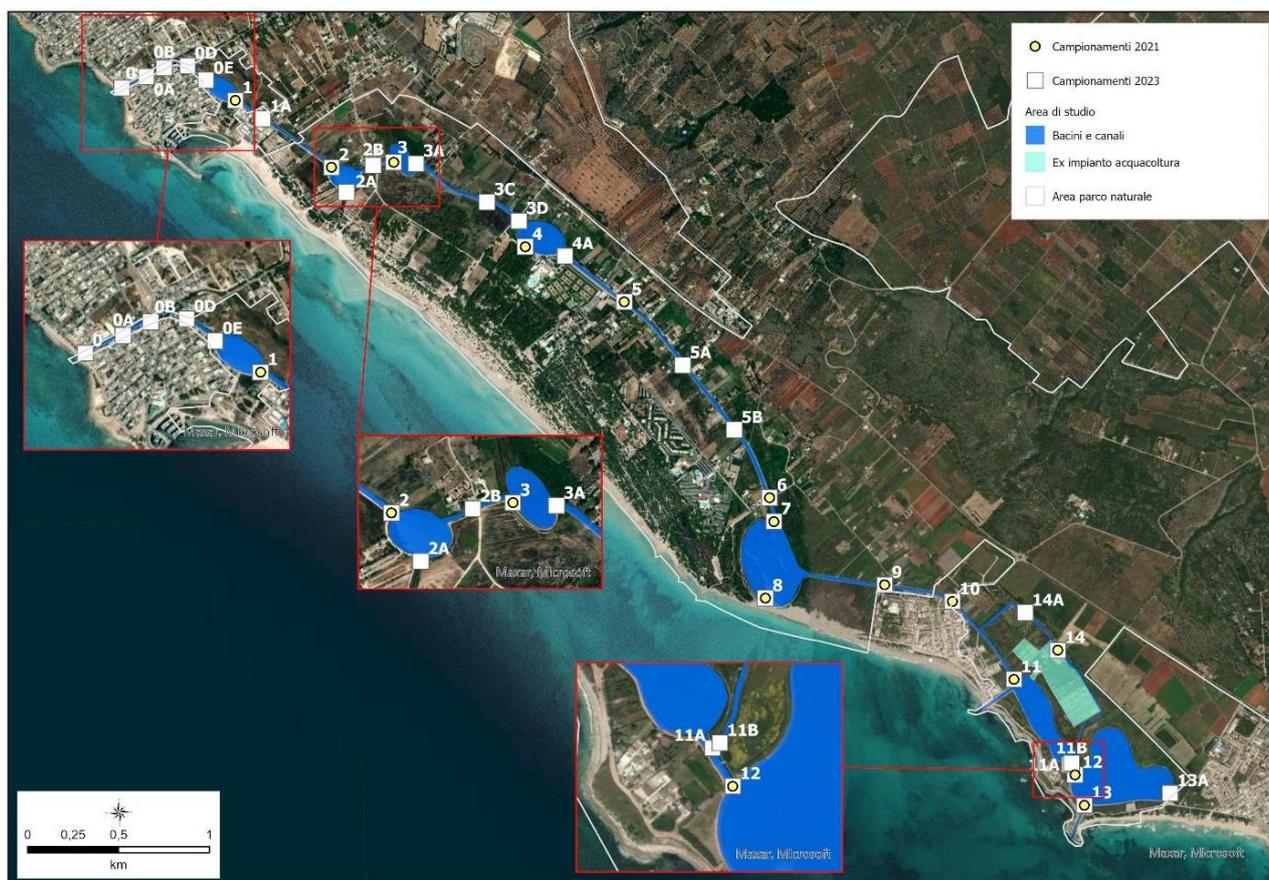


Figura 10: Rete di monitoraggio 2023 comprendente anche la rete di monitoraggio del 2021

Tutti i punti, georeferenziati in gradi decimali nel sistema di coordinate WGS84, sono corredati di documentazione analitica e materiale fotografico. In tabella 1 l'elenco dei punti di campionamento con la codificazione adottata nel rispetto della rete di monitoraggio del 2021.

Tabella 1: Elenco dei punti di campionamento

Cod.Staz.	Descrizione punto	WGS84	
0	Ingresso mare - canale nord	18,111574	39,889361
0A	Ingresso mare - secondo ponte	18,113176	39,889889
0B	Ingresso mare - terzo ponte	18,114341	39,890304
0D	Canale immissione Ssuddenna	18,115849	39,890359
0E	Bacino Suddenna	18,117001	39,889613
1	Bacino Suddenna - Canale uscita	18,118842	39,888542
1A	Canale tra bacino Suddenna e bacino Bianca	18,120572	39,887575
2	Bacino Bianca - Ingresso dal canale del Suddenna	18,124913	39,884983
2A	Canale cieco del bacino Bianca	18,125774	39,883753
2B	Canale tra bacino Bianca e bacino Ulmo	18,127545	39,885054
3	Bacino Ulmo - Ingresso dal canale del Bianca	18,128946	39,885076
3A	Uscita dal bacino Ulmo verso il bacino Rottacapoza Nord	18,130305	39,885062
3C	Secondo ponte dopo bacino Ulmo	18,134781	39,883019
3D	Terzo ponte dopo bacino Ulmo - Ingresso Rottacapoza Nord	18,136792	39,882014
4	Bacino Rottacapoza Nord	18,137111	39,880722
4A	Canale tra Rottacapoza nord e Rottacapoza sud - primo ponte	18,139664	39,880171
5	Canale tra Rottacapoza nord e Rottacapoza sud - secondo ponte	18,143479	39,877616
5A	Canale tra Rottacapoza nord e Rottacapoza sud - terzo ponte	18,146980	39,874507
5B	Canale tra Rottacapoza nord e Rottacapoza sud - quarto ponte	18,150147	39,871180
6	Canale tra Rottacapoza nord e Rottacapoza sud - quinto ponte	18,152311	39,867595
7	Ingresso bacino Rottacapoza sud	18,152396	39,866521
8	Rottacapoza Sud - Ingresso mare	18,151721	39,862576
9	Canale tra il bacino Rottacapoza sud e Spunderati nord	18,159509	39,863047
10	Canale tra il bacino Rottacapoza sud e Spunderati nord - terzo ponte	18,163744	39,862149
11	Ingresso bacino Spunderati nord	18,167480	39,857895
11A	Canale tra bacino Spunderati nord e bacino Spunderati sud - primo ponte	18,170912	39,853826
11B	Canale di rilascio dall'Ittica in ingresso al bacino Spunderati sud	18,171041	39,853890
12	Bacino Spunderati sud	18,171234	39,853308
13	Bacino Spunderati sud - ingresso canale mare	18,171787	39,851851
13A	Bacino Spunderati sud - estremo sud	18,177297	39,852217
14	Ex Ittica	18,170411	39,859571
14A	Canale di adduzione all'Ittica	18,168413	39,861517

Durante il campionamento si è potuto verificare che era percettibilmente visibile la direzione della corrente (Fig. 11), parametro che condiziona necessariamente anche lo spostamento del *Carassius auratus*, in quanto trattandosi di una specie d'acqua dolce, la sua presenza è fortemente condizionata dal grado di salinità dell'acqua. Il dato potrebbe risultare molto interessante soprattutto se scientificamente documentato dall'uso di idonea strumentazione. Si auspica, dunque, che in un prossimo monitoraggio si possa correttamente misurare la velocità e la direzione della corrente nei vari strati della colonna d'acqua.



Figura 11: Area di studio e punti di campionamento. Le frecce indicano la direzione della corrente

2.2 – Materiale e Metodi

Allo scopo di disporre di dati utili ambientali per un confronto sia a livello spaziale che temporale, i metodi utilizzati per l'attività di monitoraggio delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque e la metodologia applicata per i campionamenti ittici sono state le medesime del monitoraggio condotto nell'aprile 2021. Per la loro descrizione si rimanda alla relazione finale presentata al termine della precedente ricerca, che ha rappresentato anche la base per la pubblicazione di un volume (Padula et al., 2023).

Allo scopo di approfondire, invece, le conoscenze sulla fauna ittica che popola i bacini di Ugento, oltre al censimento delle specie ittiche presenti, nel corso di questa indagine è stata condotta un'analisi delle caratteristiche demografiche delle popolazioni maggiormente abbondanti dal punto di vista numerico; ciò al

fine di poterne ricostruire la struttura, in termini di classi di età presenti e relativa frequenza percentuale. Inoltre, per le popolazioni più abbondanti, è stato possibile analizzare l'accrescimento, in termini di regressione lunghezza-peso e accrescimento teorico in lunghezza. Di seguito vengono descritte le metodologie e i modelli applicati.

Metodo scalimetrico e analisi della struttura di popolazione

Per le popolazioni in cui il campione era risultato abbastanza consistente, durante i campionamenti sono stati raccolti campioni di scaglie da un subcampione di esemplari rappresentativo delle classi di taglia presenti nell'intera popolazione. I campioni, conservati in etanolo al 30% sono stati osservati in laboratorio attraverso l'utilizzo di uno stereomicroscopio ottico, allo scopo di analizzare la struttura demografica della popolazione. Il metodo scalimetrico permette di individuare sulla scaglia le tracce corrispondenti agli inverni vissuti dal pesce (annuli) e quindi di attribuire l'età a tutti gli individui, disaggregandoli per le classi di età presenti nella popolazione (Fig. 12). Ciò è possibile in quanto i pesci sono organismi ectotermi, regolano cioè la loro temperatura corporea ricorrendo a sorgenti di calore esogene, per cui sono fortemente influenzati dalle diverse condizioni ambientali in cui vivono e si sviluppano. Alle nostre latitudini l'alternarsi delle stagioni e le variazioni di temperatura ad esse associate fanno sì che l'accrescimento dei pesci sia continuo, ma non costante, e ciò si riflette nella struttura delle formazioni ossee, come le scaglie (Fig. 12). Le scaglie sono formazioni di origine dermica che si accrescono per deposizione del calcio sui margini esterni. In una scaglia possiamo distinguere una zona centrale chiamata *focus* ed una serie di anelli concentrici chiamati *circuli* che rappresentano l'accrescimento della scaglia stessa (Anderson e Neumann, 1996).



Figura 11: Scaglia di carassio dorato. Le frecce indicano gli annuli, e quindi il numero di inverni vissuti dal pesce

L'accrescimento delle scaglie riflette, dunque, le variazioni dell'ambiente esterno, oltre a risentire delle influenze interne. Nelle regioni temperate il periodo di scarso accrescimento è compreso tra l'inizio dell'inverno e l'inizio dell'estate (Bagenal, 1978). La causa di ciò è da ricercarsi nel fatto che gli organismi ectotermi assumono e metabolizzano risorse solo lentamente a basse temperature, ma molto più rapidamente a temperature elevate, in quanto il loro metabolismo aumenta con l'incrementare della temperatura, così come la disponibilità di cibo determina un aumento del tasso di crescita congiuntamente a quello delle scaglie. Come conseguenza queste presentano un'alternanza di zone concentriche chiare e

scure. Nei periodi più freddi, dato il ridotto metabolismo e la diminuita velocità di crescita, si riscontra nelle scaglie il ravvicinamento dei circoli così da formare bande più scure dette annuli. Nei periodi caldi, invece, proprio grazie al metabolismo più accelerato i circoli sono più radi e ben distanziati così da formare una banda più chiara.

La struttura di popolazione è definita in base all'abbondanza (densità e standing crop) e diffusione della popolazione stessa, ma anche dai rapporti numerici e dalle diverse classi di età che la compongono (Fig.13). Lo studio della struttura per età è stato condotto tenendo in considerazione di vari parametri di riferimento

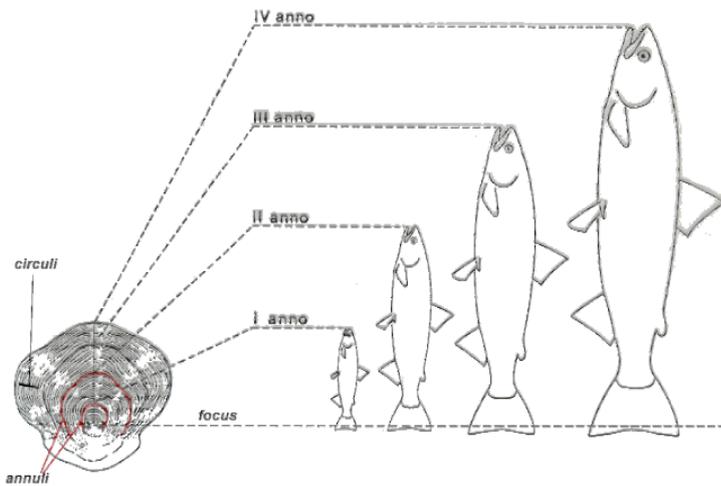


Figura 12: Rappresentazione grafica della progressiva crescita della scaglia, che avviene contestualmente alla crescita del corpo del pesce per deposizione di calcio sul margine esterno, più lentamente durante il periodo invernale dando luogo alla formazione degli annuli

quali il numero delle classi di età, la presenza dei nati dell'anno (0+) e la densità degli individui in età riproduttiva. Poiché la struttura per età è influenzata, oltre che dai rapporti interni alla popolazione anche dai fattori relativi all'ambiente, dalle interazioni con altre specie, dal ciclo biologico della specie indagata, dai prelievi o dalle immissioni operate dall'uomo, la sua analisi permette di ottenere un valido supporto nella gestione delle risorse ittiche e permette di fare previsioni sulle future condizioni demografiche di una popolazione.

Nella figura 14a viene rappresentata graficamente la struttura tipica di una popolazione ittica in rapida espansione, costituita in prevalenza da individui giovani, al contrario di una popolazione stazionaria in cui si avrà una distribuzione più uniforme delle classi di età. Le popolazioni in declino saranno invece composte per la maggior parte da individui anziani. L'assenza delle classi 0+ e 1+ denota una situazione di scarsa idoneità ambientale allo sviluppo dei giovani (es. assenza di aree idonee alla deposizione delle uova, mancanza di rifugi) (Fig. 14b). Infine, la carenza degli individui più anziani può essere ad esempio indicativa di un eccessivo prelievo di pesca, per le specie che rivestono un interesse alieutico (Fig. 14c).



Figura 13: Rappresentazione grafica di una struttura ottimale (istogramma di colore blu) e b) di strutture relative a situazioni di non idoneità per l'assenza di individui giovani o c) per l'assenza di individui anziani (istogrammi di colore rosso)

Calcolo della regressione lunghezza-peso

Per ogni specie ittica presente, grazie ai valori biometrici di lunghezza e peso, è stato possibile determinare la regressione 'lunghezza totale-peso' che serve per valutare le condizioni nutrizionali della popolazione. La regressione lunghezza-peso è una delle analisi più comuni fra quelle considerate negli studi sulla fauna ittica, in quanto è in grado di descrivere il tipo di accrescimento che caratterizza una determinata specie e permette di indagare alcuni importanti aspetti dell'ecologia delle popolazioni ittiche fornendo indicazioni sui principali fattori ambientali che maggiormente ne condizionano il benessere. La regressione lunghezza-peso è stata valutata per i campioni composti da più di 50 individui mediante la seguente relazione:

$$P = a LT^b$$

dove:

P = peso del pesce (g);

a = punto d'intersezione della curva sull'asse delle ordinate (y);

LT = lunghezza totale del pesce (cm);

b = coefficiente di regressione.

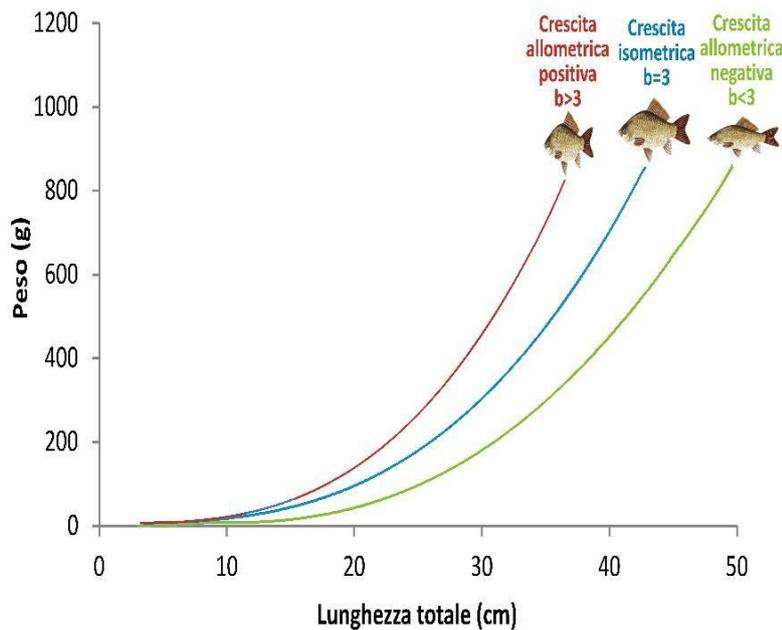


Figura 15: Rappresentazione grafica di accrescimento isometrico ($b=3$), allometrico positivo ($b>3$) e allometrico negativo ($b<3$)

Il coefficiente di regressione b permette di valutare il tipo di crescita del pesce e può assumere valori compresi tra 2 e 4. Quando $b = 3$ si dice che l'accrescimento è di tipo isometrico: la forma del pesce è regolare e perfettamente proporzionata nelle tre dimensioni dello spazio; quando invece $b \neq 3$ si dice che il pesce ha un accrescimento allometrico (Fig. 15). Il coefficiente di regressione (b) può essere legato alle varie fasi dello sviluppo del pesce o può evidenziare una condizione ambientale lontana da quella naturale soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche nutrizionali. Più precisamente, se $b < 3$ l'individuo ha una maggiore crescita in lunghezza ed è esile e affusolato (allometria negativa: condizione questa che si riscontra spesso nei primi stadi di vita); se invece risulta $b > 3$ l'esemplare ha un aspetto tozzo con una

prevalenza dell'altezza sulla lunghezza (allometria positiva: condizione tipica degli stadi di maturità).

Accrescimento teorico in lunghezza

L'accrescimento teorico in lunghezza esprime la crescita teorica di un pesce che si trovi in condizioni naturali e ottimali ed evidenzia in una popolazione la relazione che lega la lunghezza all'età (Fig.16). È stato valutato attraverso il modello di Von Bertalanffy (1938) che utilizza la seguente equazione:

$$L_t = L_{\infty} \{1 - e^{-k(t-t_0)}\}$$

dove:

LT = lunghezza totale teorica all'età t (cm);

L_{∞} = asintoto della curva (cioè, la lunghezza massima (cm) che il pesce potrebbe raggiungere se continuasse a vivere indefinitamente);

k = velocità alla quale la curva di accrescimento si avvicina all'asintoto;

t_0 = età teorica alla quale il pesce ha lunghezza zero (cm).

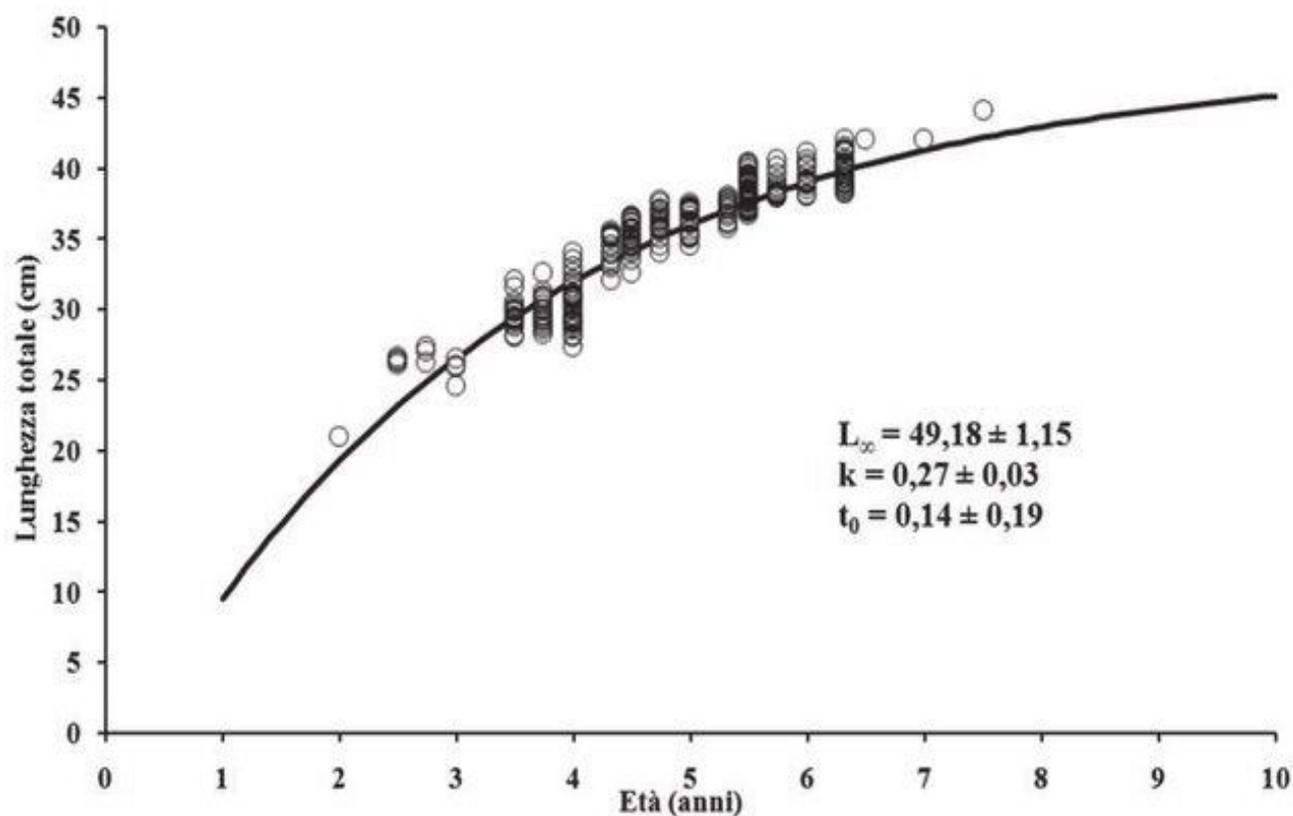


Figura 16: Rappresentazione grafica dell'accrescimento teorico in lunghezza calcolato per la popolazione di carassio dorato dell'invaso di Corbara (Umbria)

Le lunghezze utilizzate per determinare le incognite previste dal modello di von Bertalanffy sono le lunghezze totali medie raggiunte alle varie età dai pesci al momento della cattura. E' stato inoltre preso in considerazione e calcolato il parametro Φ' , espresso dall'equazione (Pauly e Munro, 1984):

$$\Phi' = \log(k) + 2\log(L_{\infty})$$

Il valore di Φ' mette in relazione i parametri L_{∞} e k ed individua differenze nelle caratteristiche degli accrescimenti nei diversi ambienti, rendendo così possibile un confronto fra le singole popolazioni di una stessa specie.

2.3 - Restituzione fotografica e cartografica

Tutte le immagini restituite nel presente documento sono state realizzate dagli autori. Con la strumentazione tecnica disponibile presso i laboratori di Arpa Umbria e dell'Università degli Studi di Perugia sono state scattate le immagini al microscopio ottico e allo stereomicroscopio.

I risultati ottenuti dal monitoraggio effettuato in campo hanno consentito di produrre cartografie tematiche di dettaglio utilizzando il software desktop di ESRI ArcGIS Pro. I dati tematici spazialmente espressi sono stati georeferenziati in gradi decimali, nel sistema di coordinate WGS84. Le elaborazioni GIS sono a cura del dott. Roberto Crea di Arpa Umbria.

3. RISULTATI

Di seguito vengono riportati i risultati delle attività complesse previste dal progetto, che consistono nell'acquisizione dei dati ambientali, biologici e chimico-fisici, e nella valutazione delle caratteristiche demografiche e della distribuzione delle popolazioni ittiche presenti nell'area studio.

Per il monitoraggio del *Carassius auratus*, si sono svolti campionamenti in tutti i bacini del sistema idrico e nei rispettivi canali di adduzione, comprese le acque aperte del canale che collega alla rete idrica l'ex-impianto di acquacoltura. Il carassio è stato rivenuto in quasi tutti i bacini ed avvistato in diversi canali, nascosto tra la vegetazione a volte molto ricca di *Phragmites australis* e altre specie vegetali di sponda.

3.1 – Lo studio ecologico-ambientale

Nella tabella 2 sono riportati i risultati dell'analisi dei dati chimico-fisici acquisiti durante il monitoraggio in campo.

Tab. 2: Dati chimico-fisici acquisiti durante il monitoraggio in campo

Codice Staz.	Data	Temperatura acqua (°C)	pH (unità)	Conducibilità (μS cm ⁻¹)	Ossigeno disciolto (mg/l)	Potenziale Redox (mV)	Torbidità (NTU)
0	14/04/2023	15,71	8,27	55.703	7,08	190	10,06
0	17/04/2023	20,37	8,03	13.406	8,75	-9	8,3
0A	14/04/2023	17,59	8,35	5.016	6,44	168	3,7
0A	17/04/2023	20,48	8,15	6.110	9,55	-25	8
0B	14/04/2023	17,25	7,97	4.757	6,37	175	3,3
0B	17/04/2023	20,53	8,23	5.537	9,78	5	8,1
0D	14/04/2023	17,03	8,15	4.855	5,68	192	6
0D	17/04/2023	20,67	8,18	5.950	9,81	18	8,5
0E	14/04/2023	18,80	8,24	4.903	9,07	182	12,08
1	14/04/2023	17,52	8,30	4.991	8,69	147	12,9
1A	18/04/2023	20,25	8,00	4.925	11,7	125	7,3
2	14/04/2023	19,50	8,13	4.313	11,16	94	6,2
2A	14/04/2023	19,85	7,99	4.279	10,83	110	3
2B	14/04/2023	19,00	8,09	4.193	10,85	106	16,04
2B	18/04/2023	19,77	7,98	4.052	11,02	132	9
3	14/04/2023	19,45	8,15	4.178	11,64	128	18,6
3A	14/04/2023	19,59	7,96	4.136	9,78	125	6,2
3C	16/04/2023	17,56	7,82	4.044	6,97	86	2,3
3D	16/04/2023	17,65	7,82	4.059	7,6	88	4,6
4	14/04/2023	19,39	8,03	4.031	7,46	80	1,8
4	16/04/2023	17,72	7,90	3.981	8,56	67	3,9
4A	14/04/2023	19,18	7,59	4.122	7,51	116	2,3

Codice Staz.	Data	Temperatura acqua (°C)	pH (unità)	Conducibilità (µS cm ⁻¹)	Ossigeno disciolto (mg/l)	Potenziale Redox (mV)	Torbidità (NTU)
4A	16/04/2023	18,20	7,66	4.333	6,07	105	1,02
5	14/04/2023	19,05	7,70	4.411	7,74	110	0,5
5	17/04/2023	16,85	7,68	4.246	3,81	32	0,42
5A	17/04/2023	16,94	7,70	4.042	5,13	91	0,4
5B	17/04/2023	17,30	7,63	4.343	5,74	98	0,4
6	14/04/2023	19,13	7,96	5.247	8,21	14,6	0,9
6	17/04/2023	17,68	7,98	5.118	7,61	98	1,9
7	14/04/2023	19,20	8,17	5.427	9,81	132	4,5
8	14/04/2023	19,26	8,22	5.530	9,31	156	5,3
9	14/04/2023	19,36	7,95	6.000	10,69	135	7,3
10	14/04/2023	20,00	7,99	7.532	9,98	149	14,8
11	14/04/2023	19,00	8,43	10.692	9,99	103	0,4
11A	15/04/2023	16,89	8,48	10.661	8,75	124	0,5
11B	15/04/2023	17,81	8,93	23.584	11,25	141	0,2
12	15/04/2023	17,11	8,88	13.350	8,55	140	0,8
13	15/04/2023	17,65	8,89	24.216	8,09	132	0,6
13A	15/04/2023	17,56	8,86	24.221	9,53	132	0,2
14	14/04/2023	19,10	7,68	4.448	13,62	107	1,01
14A	15/04/2023	19,66	7,58	2.313	18,16	121	12,5

Confrontando i dati acquisiti durante le due campagne di monitoraggio (tab.3), rispettivamente aprile 2021 e aprile 2023, emergono differenze statisticamente significative all'analisi del *t*-test per il pH, la torbidità e il potenziale redox. In particolare, le acque dei bacini di Ugento nell'aprile 2023 sono risultate più basiche, caratterizzate da una torbidità inferiore e da un potenziale redox maggiormente elevato rispetto al precedente monitoraggio. Probabilmente la maggiore trasparenza delle acque può aver favorito i processi fotosintetici da parte delle piante acquatiche, permettendo quindi l'incremento del potenziale redox e del pH.

Tabella 3: Confronto tra i valori medi calcolati disaggregando i dati per anno di monitoraggio. In grassetto i parametri risultati statisticamente significativi ($p < 0.05$)

	Monitoraggio aprile 2021		Monitoraggio aprile 2023		<i>p</i>
	Media ±Dev. St.	N° valori	Media ±Dev. St.	N° valori	
Temperatura acqua (°C)	18.85±0.77	14	18.61±1.26	41	0.515
Conducibilità (mS/cm)	5637.21±6785	14	8079.39±9354	41	0.374
pH (unità)	7.74±0.37	14	8.09±0.35	41	0.002
Ossigeno disciolto (mg/l)	10.1±2.2	14	8.98±2.52	41	0.145
Torbidità (NTU)	8.86±7.5	14	5.26±4.92	41	0.005
Potenziale Redox (mV)	63±38.7	14	107.82±51.99	41	0.045

Poiché la concentrazione di sali disciolti e la temperatura dell'acqua assumono un ruolo chiave nella distribuzione della popolazione di *C. auratus*, sono stati riportati su mappa i risultati delle analisi per tali parametri ottenuti nel 2021 e nel 2023 per ciascuna stazione di campionamento, allo scopo di visualizzare spazialmente la distribuzione dei valori (Figg. 17a, 17b, 18, 18b). Tale analisi ha consentito l'individuazione di aree con minore concentrazione di sali disciolti, localizzate nelle zone maggiormente distanti dal mare, che potrebbero rappresentare delle zone di rifugio per le specie ittiche d'acqua dolce. I risultati di questa analisi lasciano presupporre la presenza di sorgenti sotterranee che garantiscono un apporto di acqua dolce. Per verificare tale ipotesi occorrono ulteriori indagini di tipo idrogeologico. Anche una analisi approfondita di serie storiche di dati di piovosità e tempi di corrivazione potrebbero essere d'aiuto per fare luce sulle dinamiche ambientali che caratterizzano i bacini di Ugento. Per quanto riguarda la temperatura dell'acqua, una prima analisi dei dati non ha consentito di individuare un gradiente ben definito, anche perché i dati raccolti presentano un carattere puntiforme e sono soggetti a variabilità nell'arco delle stagioni ma anche durante il giorno. Si propone di svolgere un'analisi più dettagliata in futuro, auspicabilmente integrando il data set raccolto nel 2021 e 2023 con i dati raccolti nel corso di altri monitoraggi svolti nella stessa area di studio.

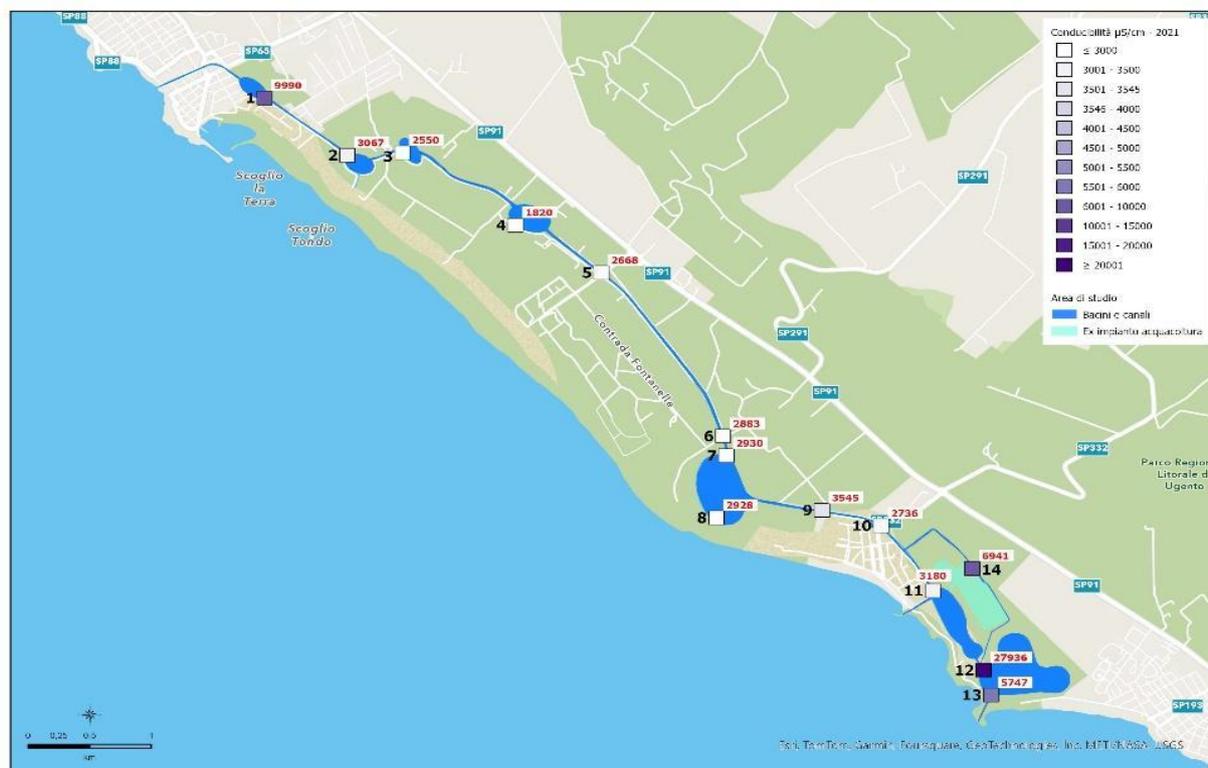


Figura 17a: Visualizzazione grafica dei valori di temperatura dell'acqua rilevati in ciascun sito di campionamento durante il monitoraggio del 2021

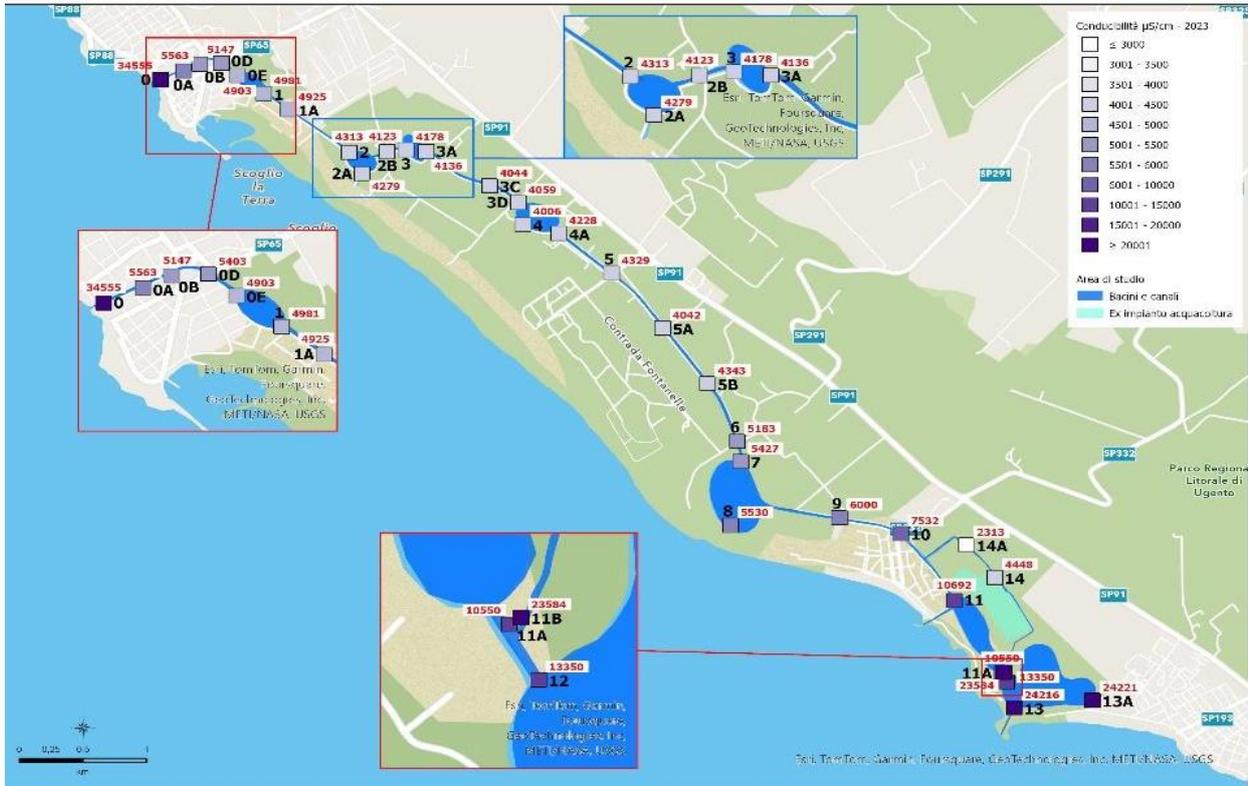


Figura 17b: Visualizzazione grafica dei valori di temperatura dell'acqua rilevati in ciascun sito di campionamento durante il monitoraggio del 2023

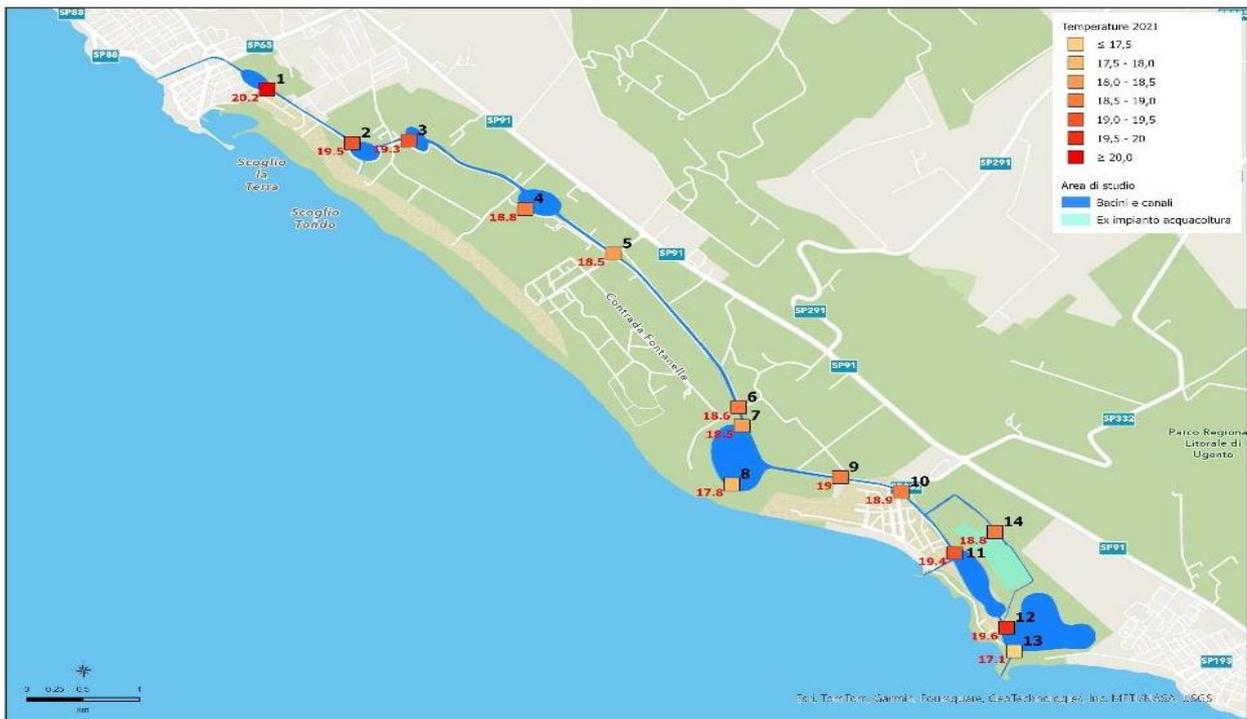


Figura 18a: Visualizzazione grafica dei valori di conducibilità elettrica rilevati in ciascun sito di campionamento durante il monitoraggio del 2021

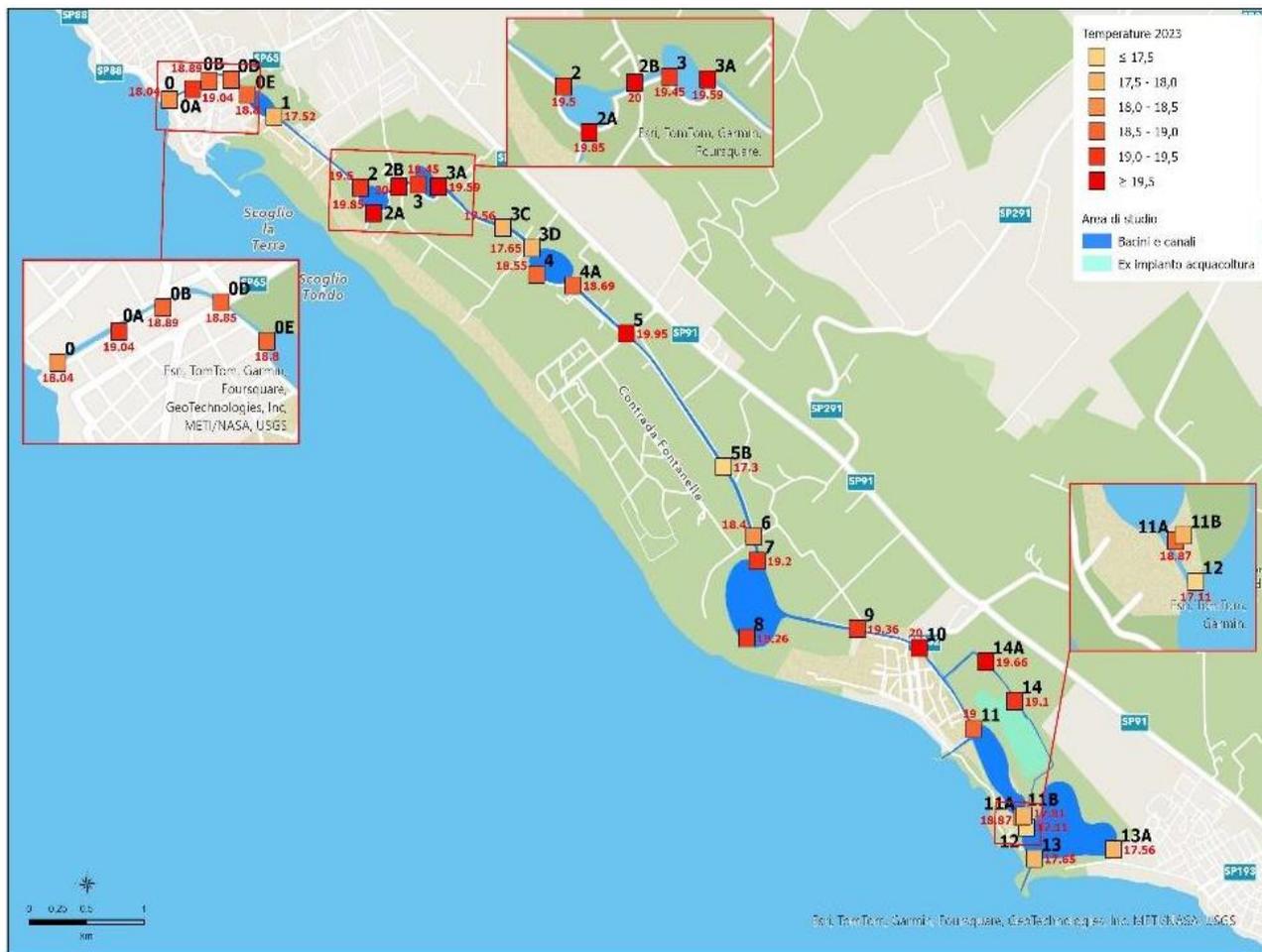


Figura 18b: Visualizzazione grafica dei valori di conducibilità elettrica rilevati in ciascun sito di campionamento durante il monitoraggio del 2023

3.2 – Monitoraggio Ittico

La comunità biotica (comunità, biocenosi) è ogni insieme di popolazioni che vive in una data area o habitat fisico e rappresenta la parte vivente dell'ecosistema. La struttura di una comunità è determinata da fattori abiotici (luce, temperatura, ossigeno, granulometria del substrato etc) ma sono importanti anche i fattori biotici (competizione, predazione, parassitismo). Allo scopo di individuare l'eventuale presenza di criticità in un determinato ambiente occorre tenere presente che le specie viventi in una comunità assumono significati differenti (es. specie generaliste, specialiste, opportuniste, etc). Una modifica osservata della struttura della comunità riflette un'alterazione delle condizioni dell'ambiente. Tuttavia, le complesse interazioni tra fattori biotici e abiotici rendono difficile dimostrare un'azione diretta di causa-effetto tra modifiche dell'ambiente e modifiche della struttura in specie, tanto più che le risposte non sono immediate. La struttura di una comunità è essenzialmente descritta dalle specie che la costituiscono (presenze-assenze) e dalle abbondanze relative (% di presenza di una specie nel campione) o assolute (n° di individui per unità di spazio o di tempo). Una semplice rassegna delle presenze di specie è poco informativa perché queste possono essere presenti con densità assai diverse. Peggiorando la qualità dell'ambiente, per esempio a causa di un inquinamento, la struttura di una comunità si semplifica, con la scomparsa dei taxa più esigenti e con l'aumento della presenza dei taxa più tolleranti. L'analisi della struttura di una comunità permette anche di individuare il valore conservazionistico di un determinato ambiente, ad esempio dovuto alla presenza di specie a rischio di estinzione. Il rilevamento di specie aliene invasive può invece essere rappresentativo di una alterazione dell'integrità qualitativa della comunità e conseguente alterazione della funzionalità ecosistemica.

La fauna ittica si presta bene all'utilizzo nell'ambito del monitoraggio di ambienti acquatici. I pesci sono considerati dei validi bioindicatori, che possono essere utilizzati per valutare lo stato ecologico di un corpo idrico. La fauna ittica rientra infatti tra gli elementi di qualità biologica indicati nella Direttiva Quadro sulle acque WFD 2000/60/CE. Negli ultimi decenni, tra i bioindicatori di nuova generazione, i pesci sono andati assumendo un crescente interesse per la valutazione della qualità ambientale in differenti ecosistemi acquatici continentali (fiumi, laghi e lagune salmastre). Gli studi delle popolazioni e delle comunità ittiche di un fiume ricoprono infatti un ruolo fondamentale per la valutazione dello stato di integrità ecologica dei corpi idrici, in quanto rappresentano delle componenti biotiche sensibili sia all'inquinamento delle acque che al degrado delle caratteristiche morfologiche, idrauliche ed idrodinamiche. Le differenze o "dissimilarità" rilevabili tra le caratteristiche delle popolazioni e delle comunità (es. numero e frequenza delle specie, struttura demografica delle popolazioni) di specifici siti di campionamento e quelli attesi (condizioni di riferimento), possono essere interpretate come risposte a perturbazioni ambientali. I pesci sono utili bioindicatori e possono rappresentare un "sistema di allarme precoce" di danni ambientali perché, ad esempio: integrano gli effetti di un'ampia varietà di disturbi ambientali, con risposte a diversi livelli dell'organizzazione biologica, da quello molecolare a quello di comunità; evidenziano relazioni tra le risposte individuali di organismi esposti ad inquinanti e gli effetti a livello di popolazione; possono costituire un sistema di bioindicazione di potenziali rischi per la salute umana e un sistema di verifica dell'efficienza

d'interventi di riqualificazione degli ambienti acquatici. Le popolazioni e comunità ittiche sono indicatori nella valutazione del degrado ambientale, anche perché integrano gli effetti di fattori di alterazione ambientale sulle altre componenti dell'ecosistema acquatico, in virtù della loro dipendenza da queste per la sopravvivenza, la crescita o la riproduzione. Inoltre, poiché molte specie hanno una vita relativamente lunga, lo studio a livello di popolazioni e comunità può costituire una documentazione a lungo termine dello stress ambientale.

Nel caso della presente ricerca, grazie allo svolgimento di monitoraggi ittici è stato possibile valutare la composizione della comunità ittica presente nei bacini di Ugento, effettuare un confronto con il monitoraggio condotto nel 2021, e verificare la distribuzione e abbondanza delle popolazioni di carassio dorato.

Nella tabella 4 viene riportato l'elenco delle specie ittiche rilevate, il numero di esemplari catturati, l'origine (nativa o aliena), l'eventuale presenza rilevata in occasione del precedente monitoraggio svolto nel 2021. Per le specie native viene anche indicato lo stato di conservazione secondo i criteri della IUCN e l'eventuale inclusione negli allegati della Direttiva Habitat. In totale sono stati catturati tramite l'utilizzo della pesca elettrica 287 pesci, appartenenti a 10 specie ittiche diverse. Il campione più numeroso è quello relativo alla gambusia (118 individui) seguita dal latterino (73 individui) e dal cefalo *Chelon labrosus* (52 individui). Rispetto allo scorso censimento, si assiste al rilevamento di 4 nuove specie: *Aphanius fasciatus*, *Atherina boyeri*, *Cyprinus carpio* e *Mugil cephalus*. Tra queste, l'unica specie aliena è rappresentata dalla carpa.

Tabella 4: Elenco delle specie ittiche rilevate nei bacini di Ugento

Nome scientifico	Nome comune	N° esemplari catturati nel 2023	Censimento 2021	Origine	Stato di conservazione
<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	Anguilla	6	X	nativa	CR (IUCN 2022)
<i>Aphanius fasciatus</i> (Valenciennes, 1821)	Nono	1		nativa	LC (IUCN, 2022)
<i>Atherina boyeri</i> (Risso, 1810)	Latterino	73		nativa	LC (IUCN, 2022)
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)	Carassio dorato	12	X	aliena	
<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)	Cefalo	52	X	nativa	LC (IUCN, 2023)
<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	Carpa	4		aliena	
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Linnaeus, 1758)	Spigola	1	X	nativa	LC (IUCN, 2023)
<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859)	Gambusia	118	X	aliena	
<i>Knipowitschia panizzae</i> (Verga, 1841)	Ghiozzo di laguna	10	X	nativa?	LC (IUCN, 2022); Allegato II Direttiva 43/1994 CE Habitat
<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Muggine	10		nativa	LC (IUCN, 2023)

Per le specie la cui presenza non era stata rilevata in occasione del censimento del 2021, sono state predisposte schede descrittive (Capitolo 7) con la descrizione delle principali caratteristiche morfologiche, dell'areale di origine e dell'ecologia.

3.3 - Carte di distribuzione delle specie, Caratteristiche demografiche e Accrescimento

Per ciascuna specie rilevata, ad eccezione del nono e della spigola che sono rappresentate da un solo esemplare, vengono di seguito riportate le carte di distribuzione e la statistica descrittiva del campione complessivo. Per le specie in cui il campione è risultato abbastanza consistente (>50 esemplari) viene riportata anche la struttura per età, la regressione lunghezza-peso e l'accrescimento teorico in lunghezza. Per il carassio dorato e il muggine, anche se il campione non è molto numeroso, è stato possibile attribuire l'età a tutti gli esemplari catturati, attraverso l'applicazione del metodo scalimetrico.

Anguilla anguilla

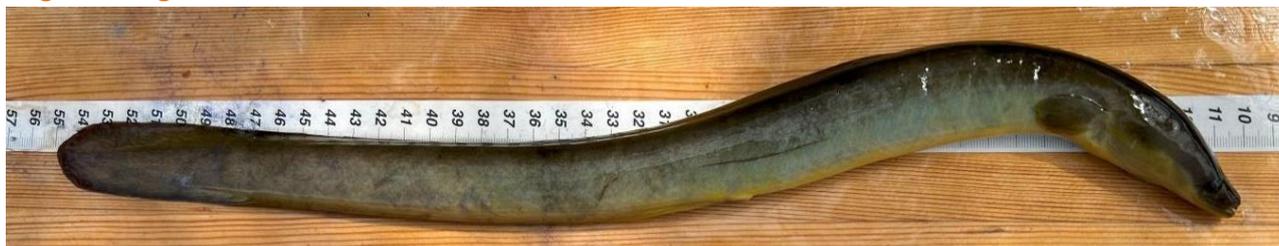


Figura 19: Esemplare di *Anguilla anguilla* catturato nei bacini di Ugento

La distribuzione dell'anguilla, di cui in figura 19 viene riportata l'immagine di un esemplare catturato nel corso del monitoraggio ittico, appare alquanto frammentata. La presenza della specie è stata rilevata in tre stazioni di campionamento, localizzate sui due canali di collegamento tra i bacini di Ulmo, Bianca e Suddenna e sul canale che congiunge il bacino di Rottacapoza Nord a quello di Rottacapoza Sud (Fig. 20).

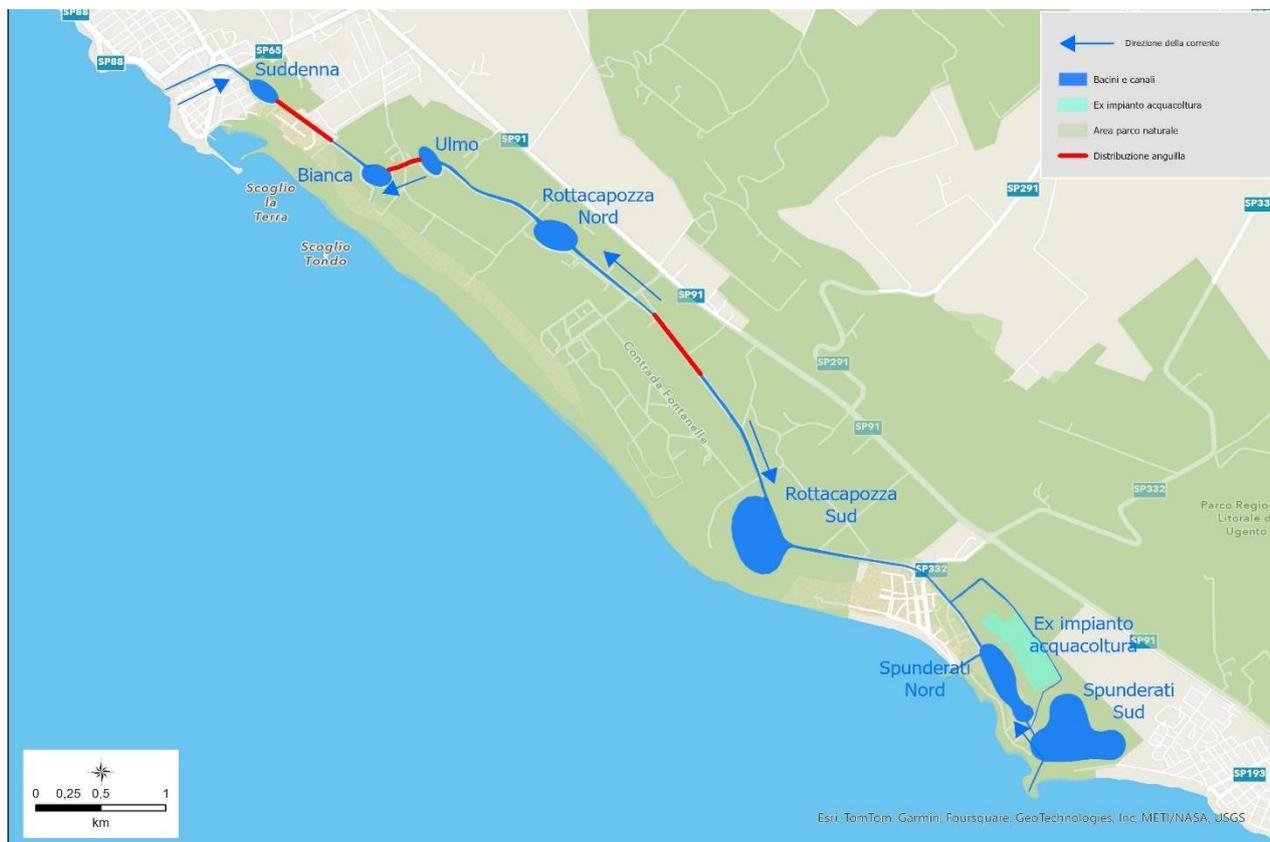


Figura 20: Distribuzione dell'anguilla nell'area indagata

Statistica descrittiva del campione complessivo

Il campione complessivo è composto da 6 esemplari, aventi lunghezza totale compresa tra 19.7 e 256 cm (media \pm ES = 46.63 \pm 2.94). Il peso medio calcolato è pari a 214.17 g., con valori compresi tra 89 e 345 g (Tab. 5). In questo caso non è stato possibile procedere all'attribuzione dell'età in quanto il metodo scalimetrico non è applicabile.

Tabella 5: Statistica descrittiva del campione complessivo di *Anguilla anguilla*

	Lunghezza totale (cm)	Peso (g)
Media	46.63	214.17
Errore standard	2.94	40.20
Mediana	48.50	212.50
Moda	-	-
Deviazione standard	7.19	98.47
Intervallo di variazione	19.70	256.00
Minimo	35.30	89.00
Massimo	55.00	345.00
Numero valori	6.00	6.00

Aphanius fasciatus



Figura 21: Esemplari di *Aphanius fasciatus* maschio catturato nei bacini di Ugento

La presenza del nono (Fig. 21) è stata rilevata in una unica stazione situata presso collettore di restituzione delle acque dell'ex Centro Ittiogenico in cui è stato catturato un unico esemplare (Fig. 22).

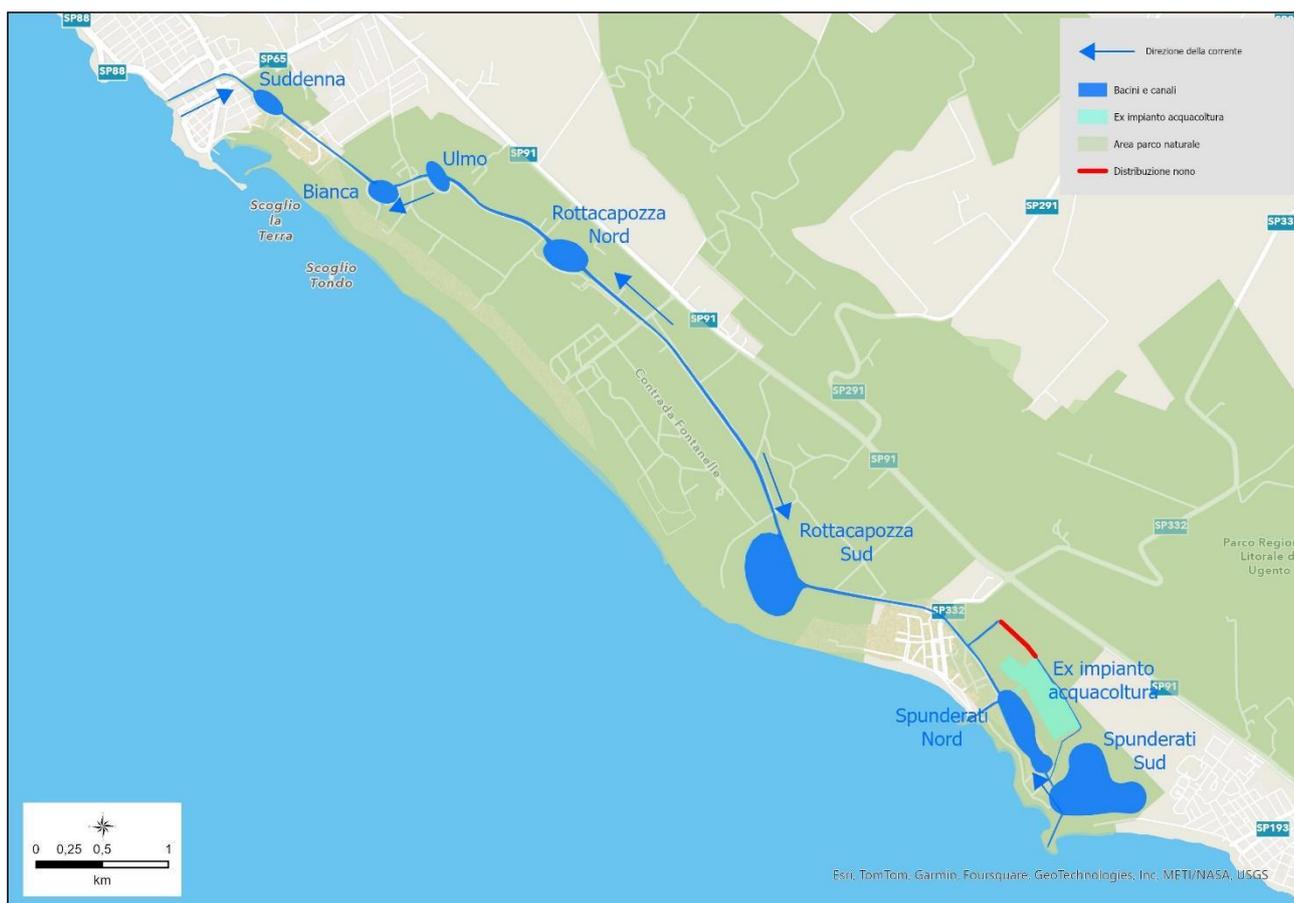


Figura 22: Distribuzione del nono nell'area indagata

Atherina boyeri



Figura 23: Esemplari di *Atherina boyeri* catturati nei bacini di Ugento

Il latterino (Fig. 23) è stato catturato in 7 stazioni, dislocate nella parte centro-settentrionale dell'area di studio, dove la specie è abbastanza diffusa anche se in modo discontinuo; i due siti in cui è stato catturato il maggior numero di individui (65) sono ubicati nel canale di collegamento tra Rottacapozza Nord e Ulmo (Fig. 24).

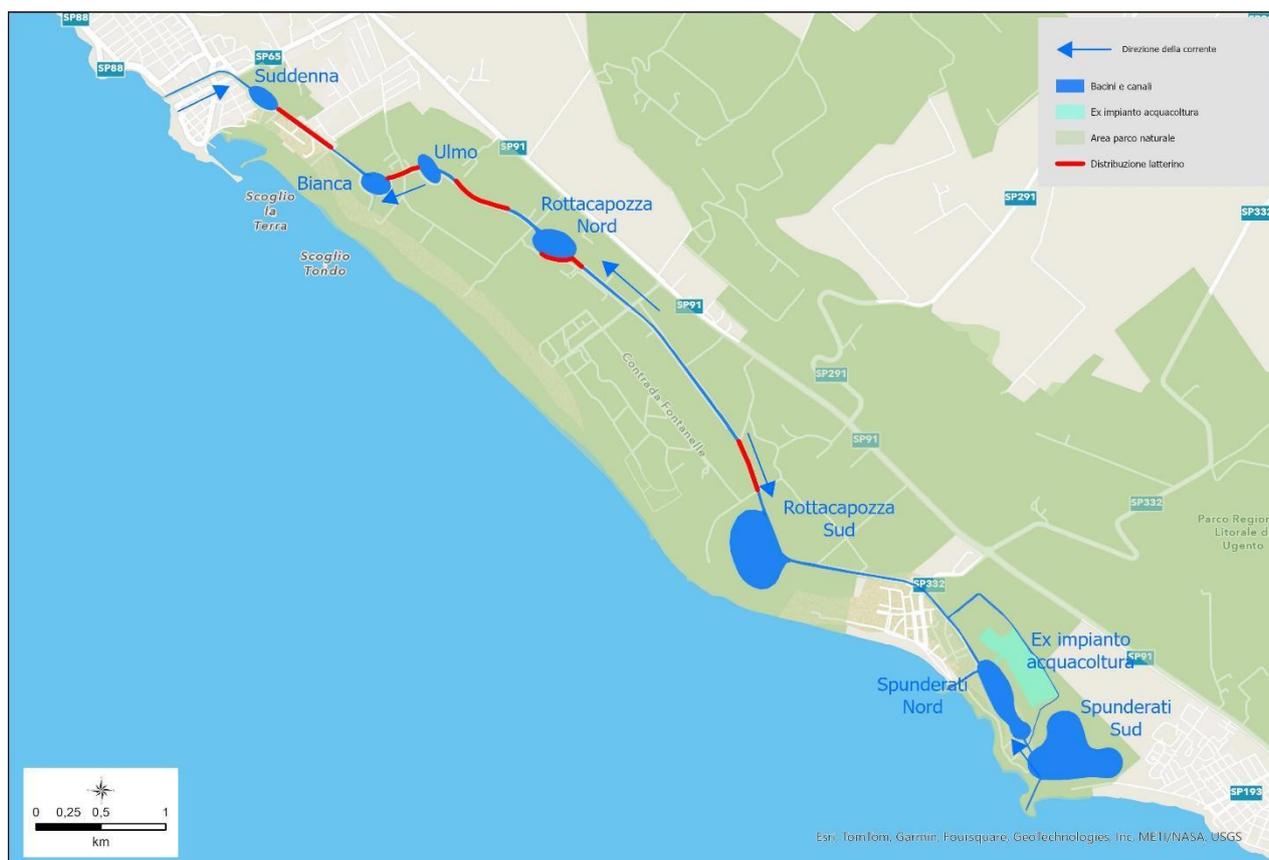


Figura 24: Distribuzione del latterino nell'area indagata

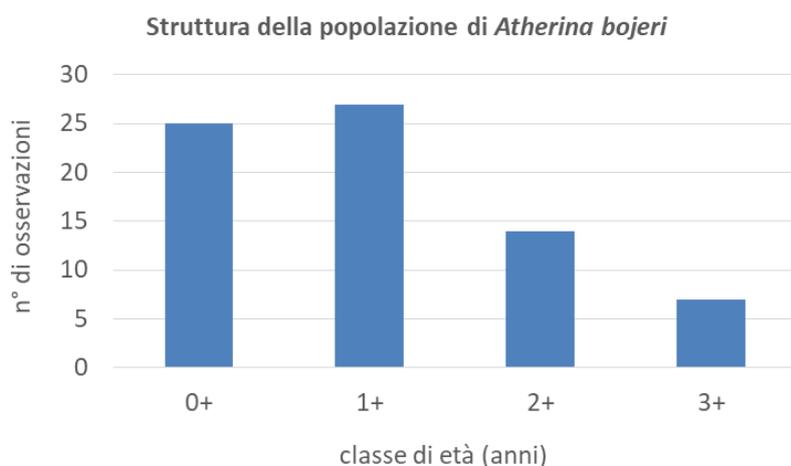
Statistica descrittiva del campione complessivo

Nella tabella 6 viene riportata la statistica descrittiva per il campione complessivo del latterino che è abbastanza numeroso in quanto costituito da 73 esemplari, di taglia compresa tra 5 e 10 cm di lunghezza totale (media \pm ES: 6.48 \pm 0.14). I valori di biomassa oscillano tra 0.6 e 6.1 g (media \pm ES: 2.30 \pm 0.14). L'età attribuita varia da 0.92 a 3.92 anni di età (media \pm ES: 1.96 \pm 0.11).

Tabella 6: Statistica descrittiva del campione complessivo di *Atherina boyeri*

	Lunghezza totale (cm)	Peso (g)	Frazione anno (anni)
Media	6.48	2.30	1.96
Errore standard	0.14	0.16	0.11
Mediana	6.20	2.00	1.92
Moda	6.20	2.00	1.92
Deviazione standard	1.19	1.33	0.96
Intervallo di variazione	5.00	5.50	3.00
Minimo	5.00	0.60	0.92
Massimo	10.00	6.10	3.92
Numero valori	73.00	73.00	73.00

Struttura per età della popolazione



Nella figura 25 viene riportato l'istogramma di frequenza delle classi di età rilevate per la specie. E' possibile esprimere un giudizio positivo per il congruo numero di classi presenti (4), che si estendono con continuità dalla 0+ alla 3+. I giovani (0+ e 1+) risultano adeguatamente rappresentati.

Figura 25: Struttura della popolazione di *Atherina boyeri*

Regressione lunghezza-peso

L'equazione calcolata per la regressione lunghezza-peso è riportata nel grafico della figura 26. Il valore del coefficiente di regressione b è risultato pari a 3 (3.05), indicando un accrescimento di tipo isometrico, in cui la forma del pesce è regolare e perfettamente proporzionata nelle tre dimensioni dello spazio.

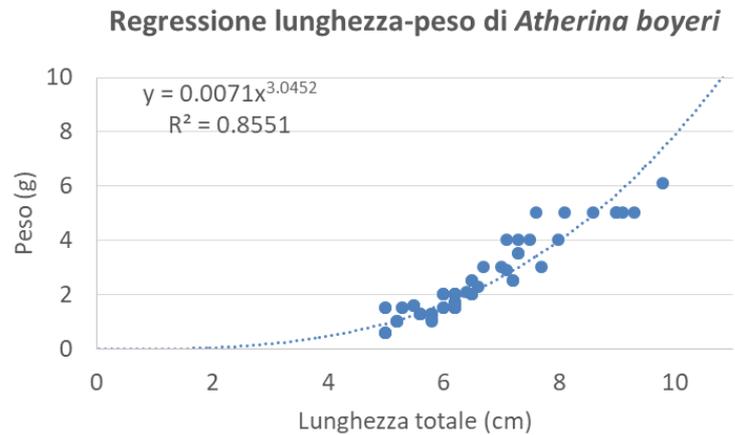


Figura 26: Regressione LT-peso di *Atherina boyeri*

Accrescimento teorico in lunghezza

Nella figura 27 viene riportata la rappresentazione grafica del modello di accrescimento teorico in lunghezza calcolato per la specie utilizzando i valori individuali della lunghezza totale. I parametri dell'equazione stimata sono indicati nel grafico. La lunghezza massima teorica raggiungibile dalla popolazione supera i 21 cm di lunghezza. L'elevato valore di R^2 testimonia della validità del modello dal punto di vista statistico, anche se

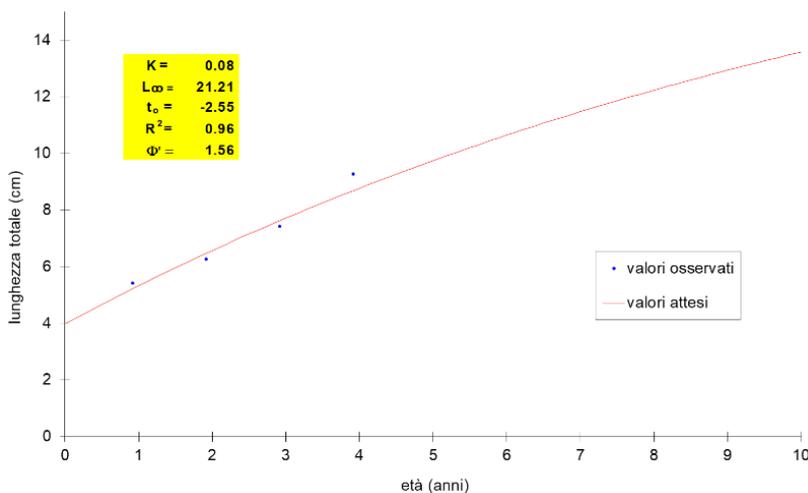


Figura 27: Accrescimento teorico in lunghezza calcolato per *Atherina boyeri*

l'analisi risulta penalizzata dalla scarsità di giovani di piccola taglia, che probabilmente sono sfuggiti alla cattura a causa della selettività dell'elettropesca nei confronti degli individui di piccole dimensioni (2-3 cm di lunghezza totale). L'analisi conferma che il latterino nei bacini di Ugento si riproduce nei mesi di aprile-maggio.

Chelon labrosus



Figura 28: Esemplari di *Chelon labrosus* catturati nei bacini di Ugento

Il cefalo (Fig. 28) è la specie più diffusa nell'area indagata essendo stata rilevata in 9 stazioni di campionamento ampiamente dislocate nel territorio dei bacini di Ugento (Fig. 29). I siti in cui è stato catturato il maggior numero di esemplari sono l'ex centro Ittiogenico (17 esemplari) e il canale di collegamento tra i bacini denominati Bianca e Suddenna (14 esemplari).

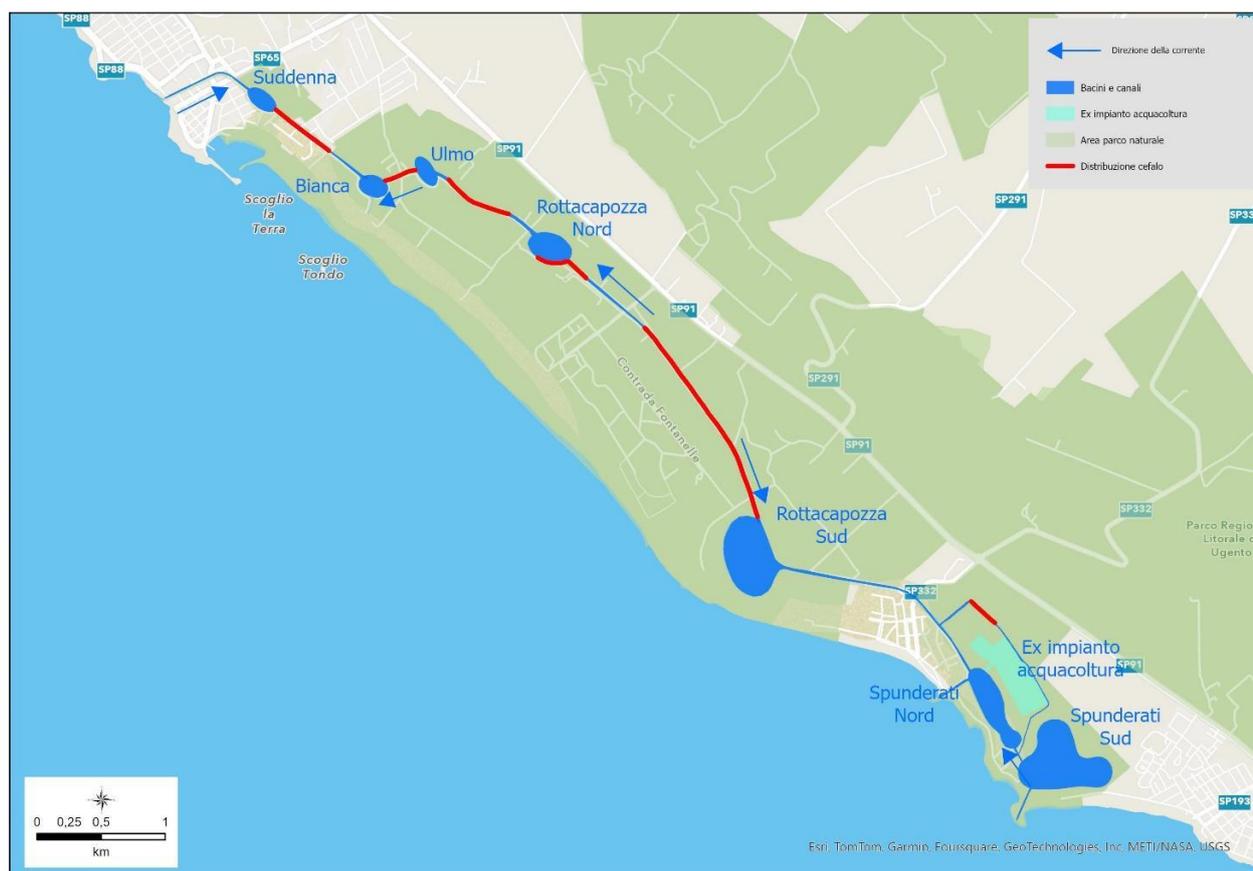


Figura 29: Distribuzione del cefalo nell'area indagata

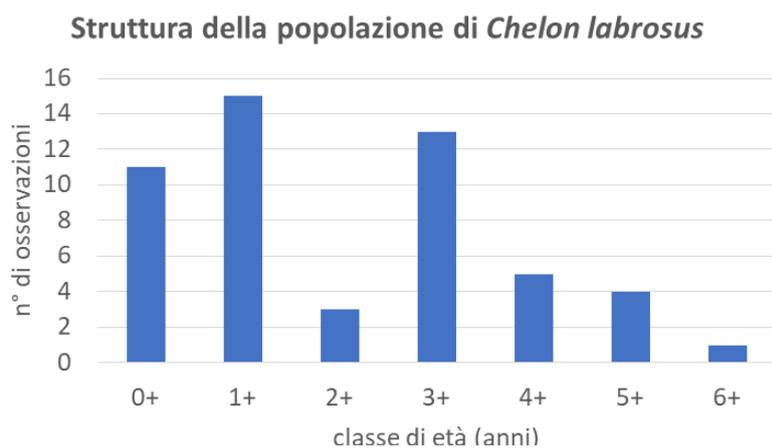
Statistica descrittiva del campione complessivo

Il campione complessivo è rappresentato da 52 esemplari di lunghezza totale compresa tra 2.6 e 33.5 cm (media \pm ES = 14.99 \pm 1.23). Il peso medio è pari a 69.76 g (\pm 12.14) e oscilla nell'intervallo compreso tra 0.3 e 374 g. Le età attribuite variano da 0.5 a 6.5 anni, con un valore medio che si attesta su 2.54 anni (\pm 0.23) (Tab.7).

Tabella 7: Statistica descrittiva del campione complessivo di *Chelon labrosus*

	Lunghezza totale (cm)	Peso (g)	Frazione anno (anni)
Media	14.99	69.76	2.54
Errore standard	1.23	12.14	0.23
Mediana	13.55	22.00	2.00
Moda	3.50	7.00	1.50
Deviazione standard	8.90	87.51	1.68
Intervallo di variazione	30.90	373.70	6.00
Minimo	2.60	0.30	0.50
Massimo	33.50	374.00	6.50
Numero valori	52.00	52.00	52.00

Struttura per età della popolazione



Nella figura 30 viene riportato l'istogramma di frequenza delle classi di età rilevate per la specie. E' possibile esprimere un giudizio positivo per l'elevato numero di classi presenti (7), che si estendono con continuità dalla 0+ alla 6+. I giovani risultano abbondantemente rappresentati. Scarsamente rappresentata risulta essere invece la classe 2+.

Figura 30: Struttura della popolazione di *Chelon labrosus*

Regressione lunghezza-peso

L'equazione calcolata per la regressione lunghezza-peso è riportata nel grafico della figura 31. Il valore del coefficiente di regressione b è risultato <3 (2.86), indicando un accrescimento di tipo allometrico negativo, in cui gli individui presentano una maggiore crescita in lunghezza rispetto all'altezza del corpo, risultando quindi esili e longilinei.

Regressione lunghezza-peso *Chelon labrosus*

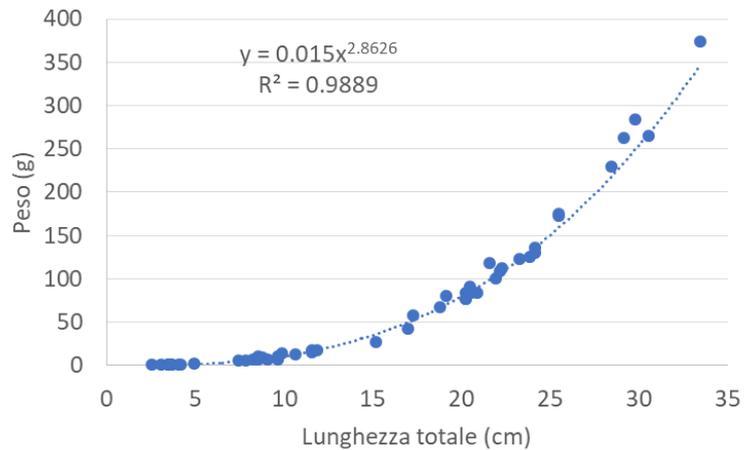


Figura 31: Regressione LT-peso di *Chelon labrosus*

Accrescimento teorico in lunghezza

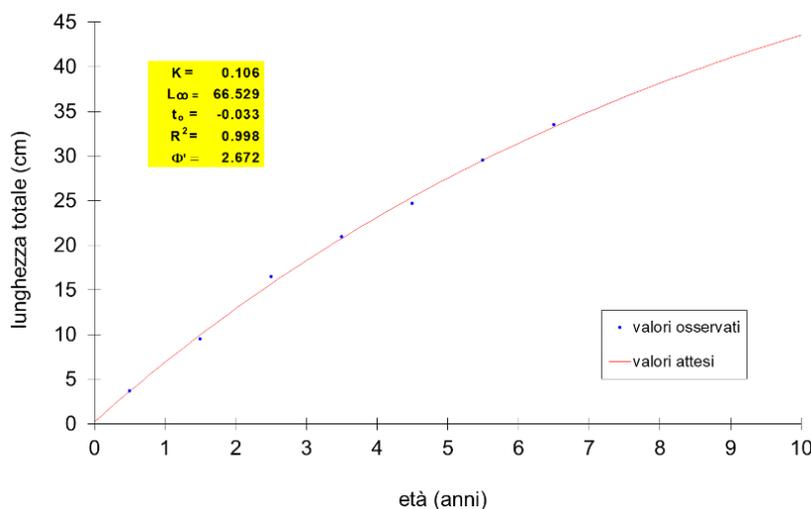


Figura 32: Accrescimento teorico in lunghezza calcolato per *Chelon labrosus*

Nella figura 32 viene riportata la rappresentazione grafica del modello di accrescimento teorico in lunghezza calcolato per la specie, costruito utilizzando i valori medi di lunghezza totale per ciascuna classe di età. I parametri dell'equazione stimata sono indicati nel grafico. La lunghezza massima teorica raggiungibile dalla popolazione supera i 66 cm. L'elevato valore di R^2 testimonia della validità del modello dal punto di vista statistico. L'analisi conferma che il *Chelon labrosus* nei bacini di Ugento si riproduce nel

mezzo di ottobre.

Cyprinus carpio



Figura 33: Esemplari di *Cyprinus carpio* catturato nei bacini di Ugento

Il range di distribuzione della carpa (Fig. 33) è circoscritto a 3 siti di campionamento, di cui 2 sono localizzati nel canale di congiunzione tra Rottacapozza Sud e Rottacapozza Nord, il terzo sito si colloca nel canale di collegamento tra i bacini di Rottacapozza Nord e Ulmo (Fig. 34). Complessivamente è stata rilevata la presenza di soli 4 esemplari.



Figura 34: Distribuzione della carpa nell'area indagata

Dicentrarchus labrax



Figura 35: Esemplare di *Dicentrarchus labrax* catturato nei bacini di Ugento

Di questa specie è stata rilevata la presenza in un solo esemplare in un unico sito di campionamento situato presso il collettore di restituzione delle acque dell'ex Centro Ittiogenico (Figg. 35-36).

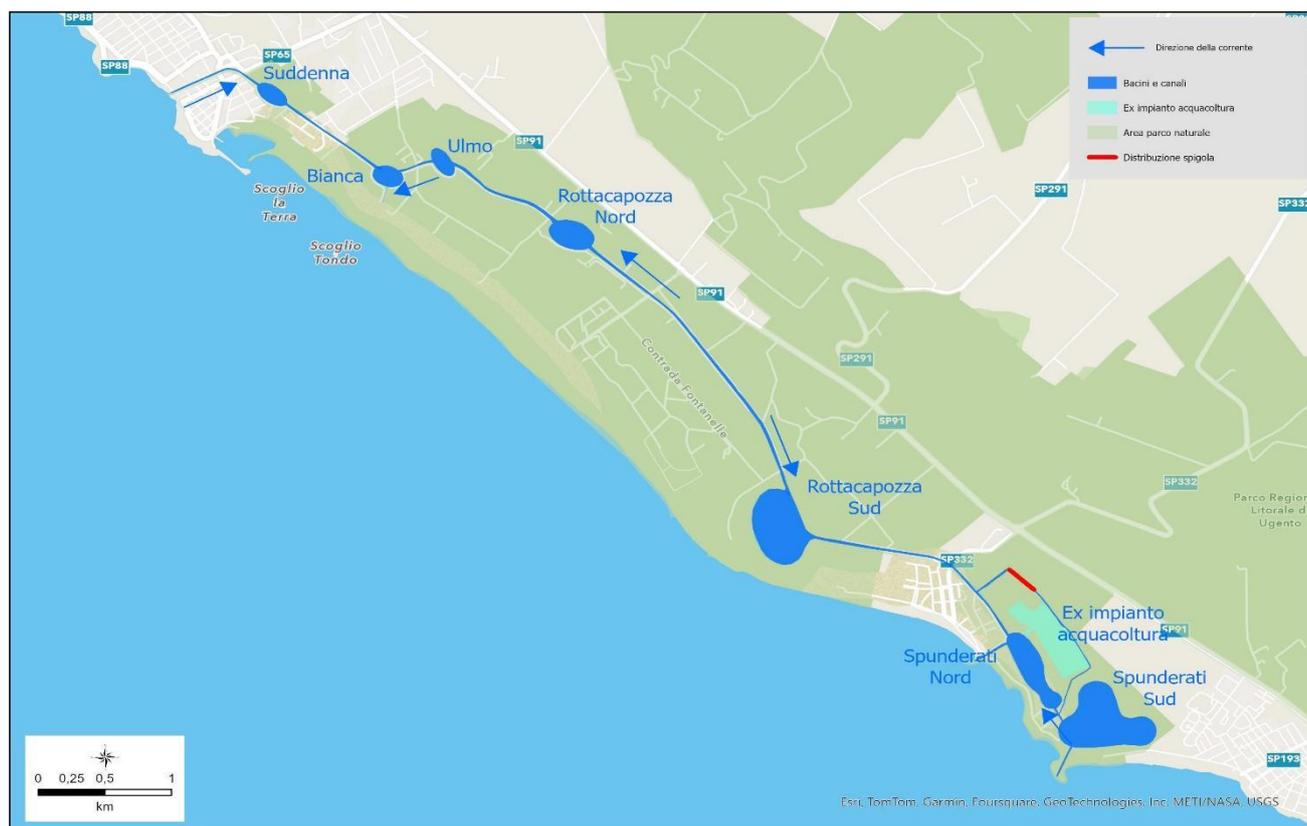


Figura 36: Distribuzione della spigola nell'area indagata

Gambusia holbrooki

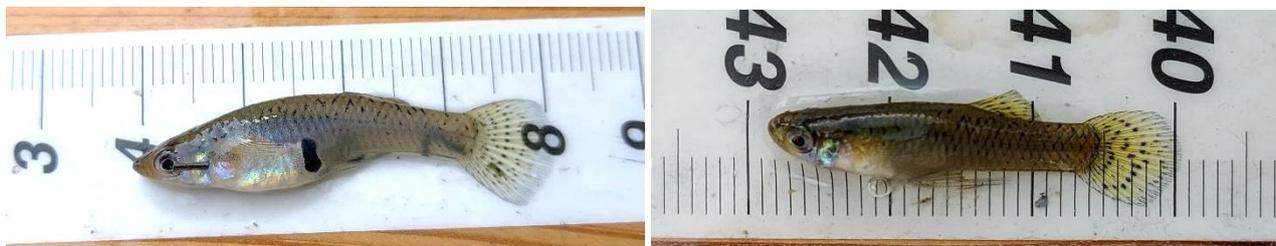


Figura 37: Esemplari di *Gambusia holbrooki* catturato nei bacini di Ugento

La gambusia è stata rilevata complessivamente in tre siti di campionamento tutti localizzati lungo il Canale di collegamento tra Rottacapozza Nord e Ulmo (Figg. 37-38). La presenza della specie lungo il canale non è continua ma appare alquanto frammentata. Il maggior numero di esemplari (75) è stato catturato nella stazione più in prossimità del bacino Rottacapozza Nord.

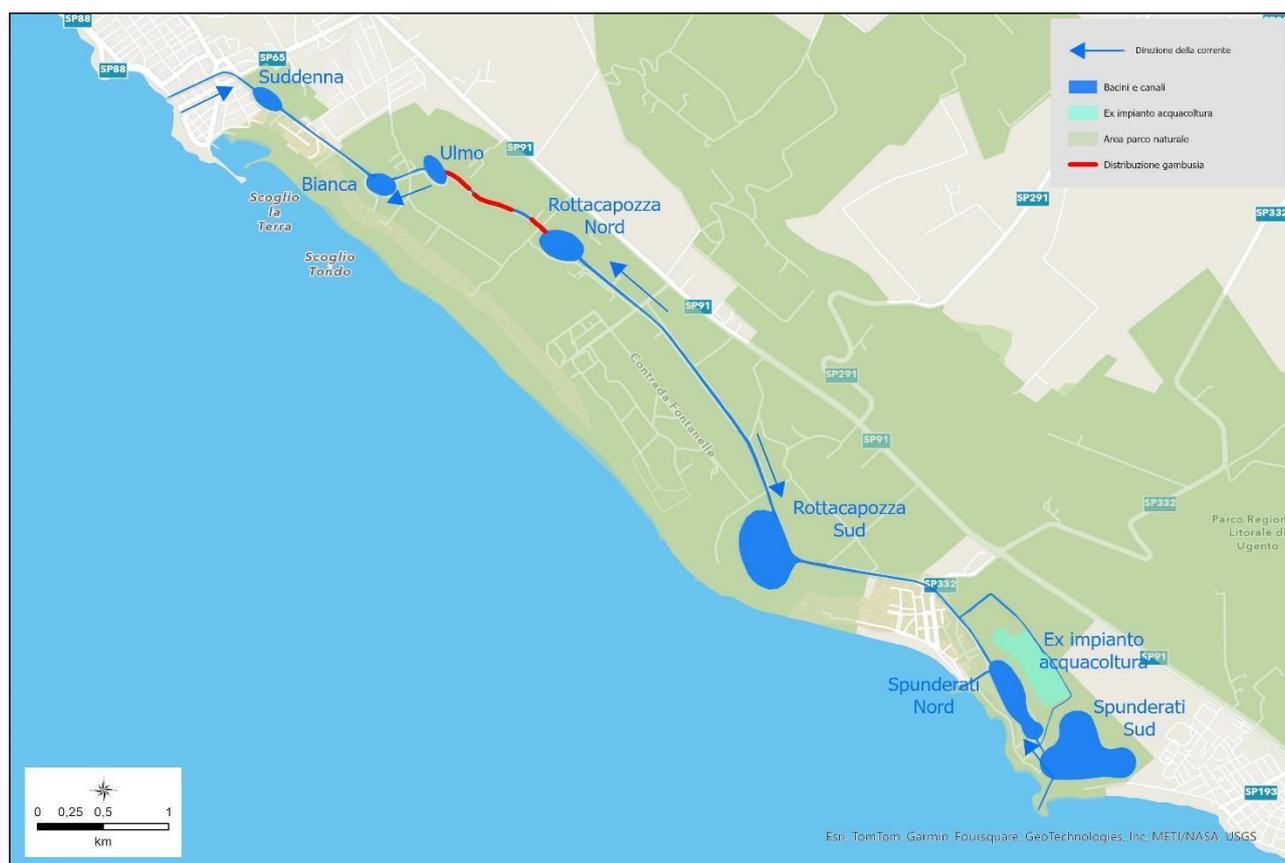


Figura 38: Distribuzione della gambusia nell'area indagata

Statistica descrittiva del campione complessivo

Il campione complessivo è rappresentato da 118 esemplari di lunghezza totale compresa tra 2.0 e 4.0 cm (media \pm ES = 2.68 \pm 0.03). Il peso medio è pari a 0.25 g (\pm 0.01) e oscilla nell'intervallo compreso tra 0.1e 0.9 g. (Tab. 8)

Tabella 8: Statistica descrittiva del campione complessivo di *Gambusia holbrooki*

	Lunghezza totale (cm)	Peso (g)
Media	2.68	0.25
Errore standard	0.03	0.01
Mediana	2.6	0.2
Moda	2.5	2.0
Deviazione standard	0.33	0.13
Intervallo di variazione	2.0	0.8
Minimo	2.0	0.1
Massimo	4.0	0.9
Numero valori	118	107

Regressione lunghezza-peso

L'equazione calcolata per la regressione lunghezza-peso è riportata nel grafico della figura 39. Il valore del coefficiente di regressione b è risultato >3 (3.21), indicando un accrescimento di tipo allometrico positivo, in cui gli individui presentano una maggiore crescita in larghezza rispetto alla lunghezza del corpo, risultando quindi tozzi e brevilinei.

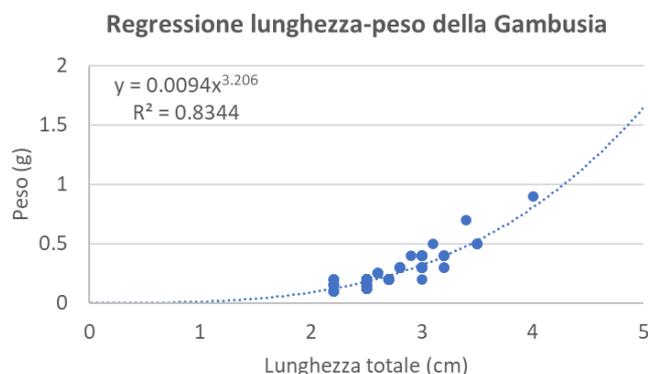


Figura 39: Regressione LT-peso di *Gambusia holbrooki*

Knipowitschia panizzae



Figura 40: Esemplari di *Knipowitschia panizzae* catturati nei bacini di Ugento

In totale sono stati catturati tre esemplari di ghiozzetto di laguna, tutti provenienti da un unico sito, localizzato lungo il Canale di collegamento tra Rottacapozza Nord e Ulmo (Figg. 40-41).

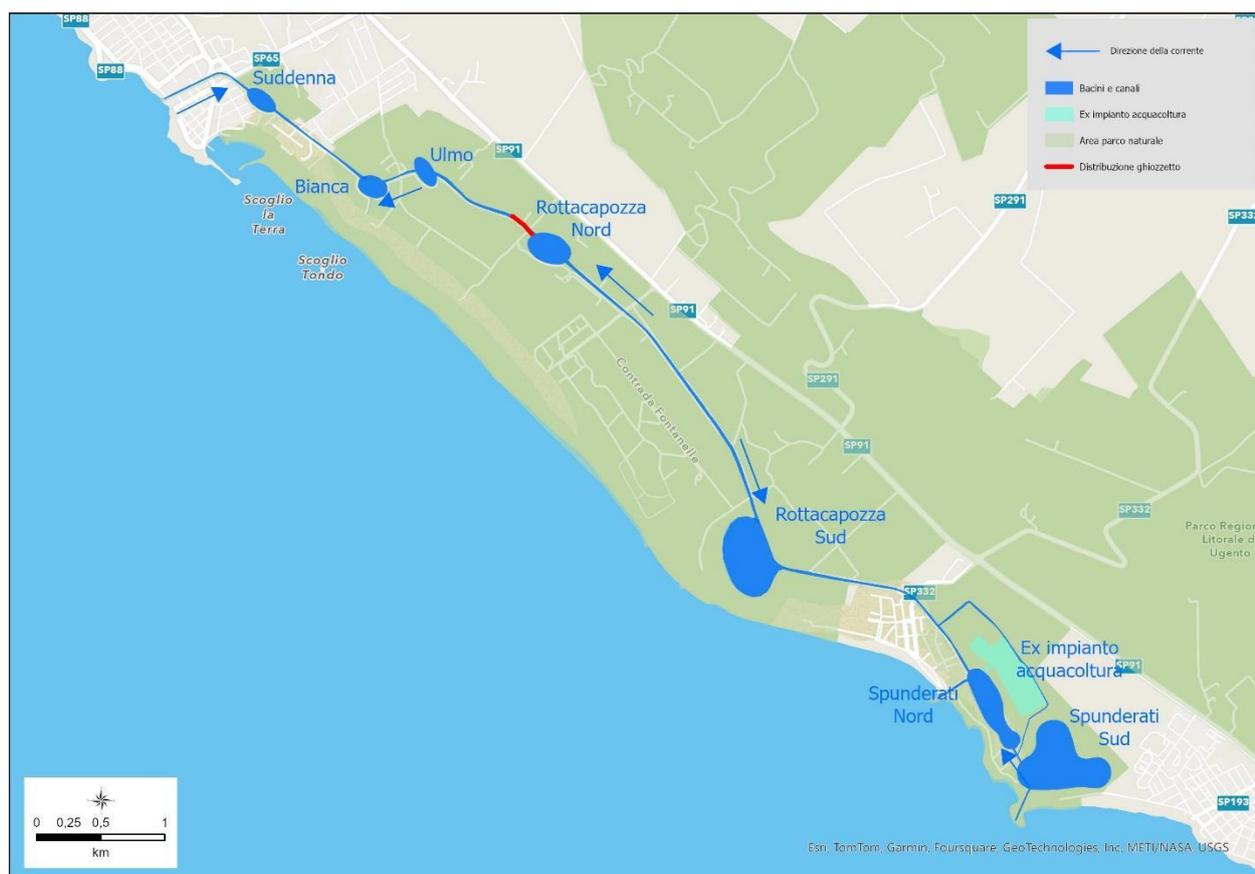


Figura 41: Distribuzione del ghiozzetto di laguna nell'area indagata

Mugil cephalus



Figura 42: Esemplare di *Mugil cephalus* catturato nei bacini di Ugento

Di questa specie è stata rilevata la presenza in un unico sito di campionamento posto lungo il Canale di collegamento tra i bacini di Rottacapozza Nord e Ulmo, dove è stato catturato un singolo esemplare (Figg. 42-43).

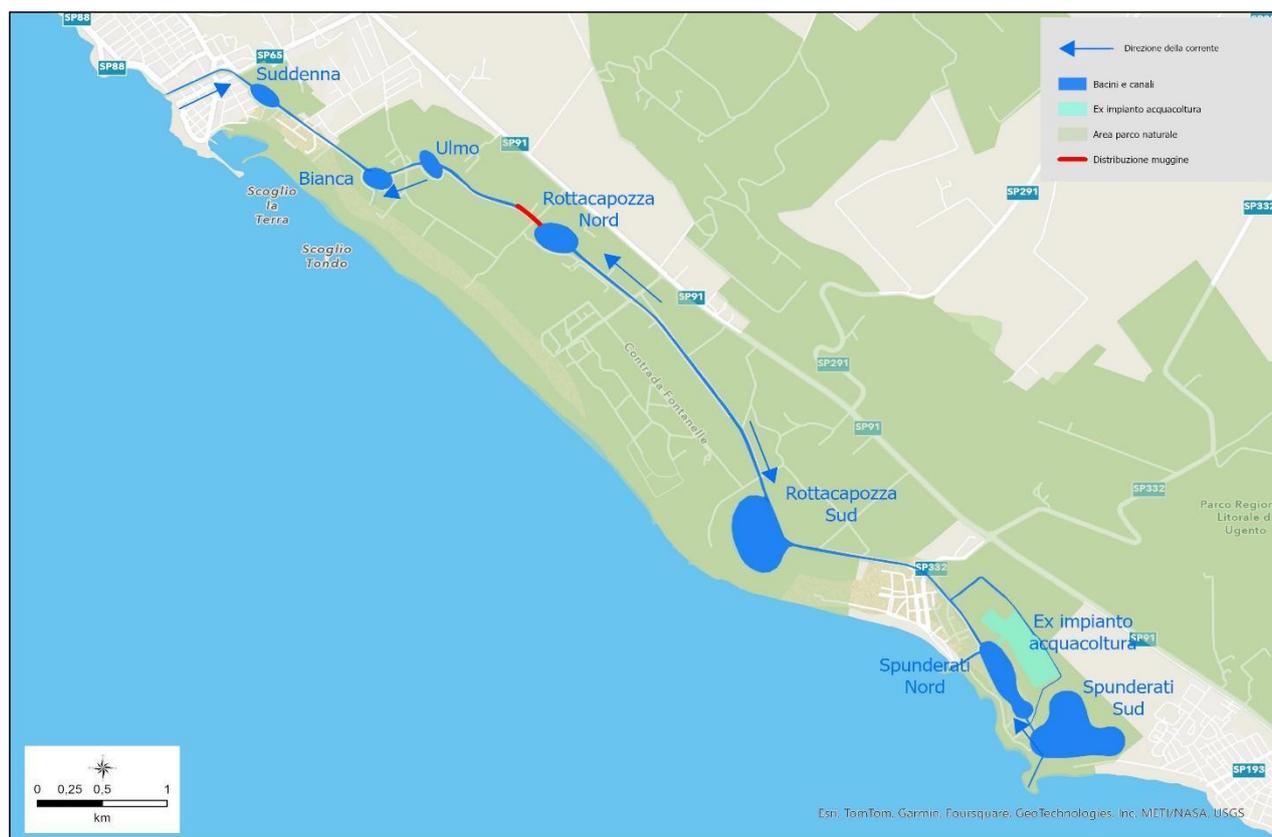


Figura 43: Distribuzione del muggine nell'area indagata

3.4 - Il Carassius auratus



Figura 44: Esemplari di *Carassius auratus* catturati nei bacini di Ugento

Nella figura 44 viene riportata la distribuzione del carassio dorato nell'area indagata. La presenza della specie è stata rilevata presso il collettore di restituzione delle acque dell'ex Centro Ittiogenico, nel canale di collegamento tra Rottacapozza Nord e Rottacapozza Sud, e nei canali che congiungono i bacini Ulmo, Bianca e Suddenna. Come nel precedente monitoraggio, anche in questo caso la maggior parte degli esemplari catturati presentava la tipica livrea delle varietà selezionate dall'uomo a scopo ornamentale (Fig. 45).

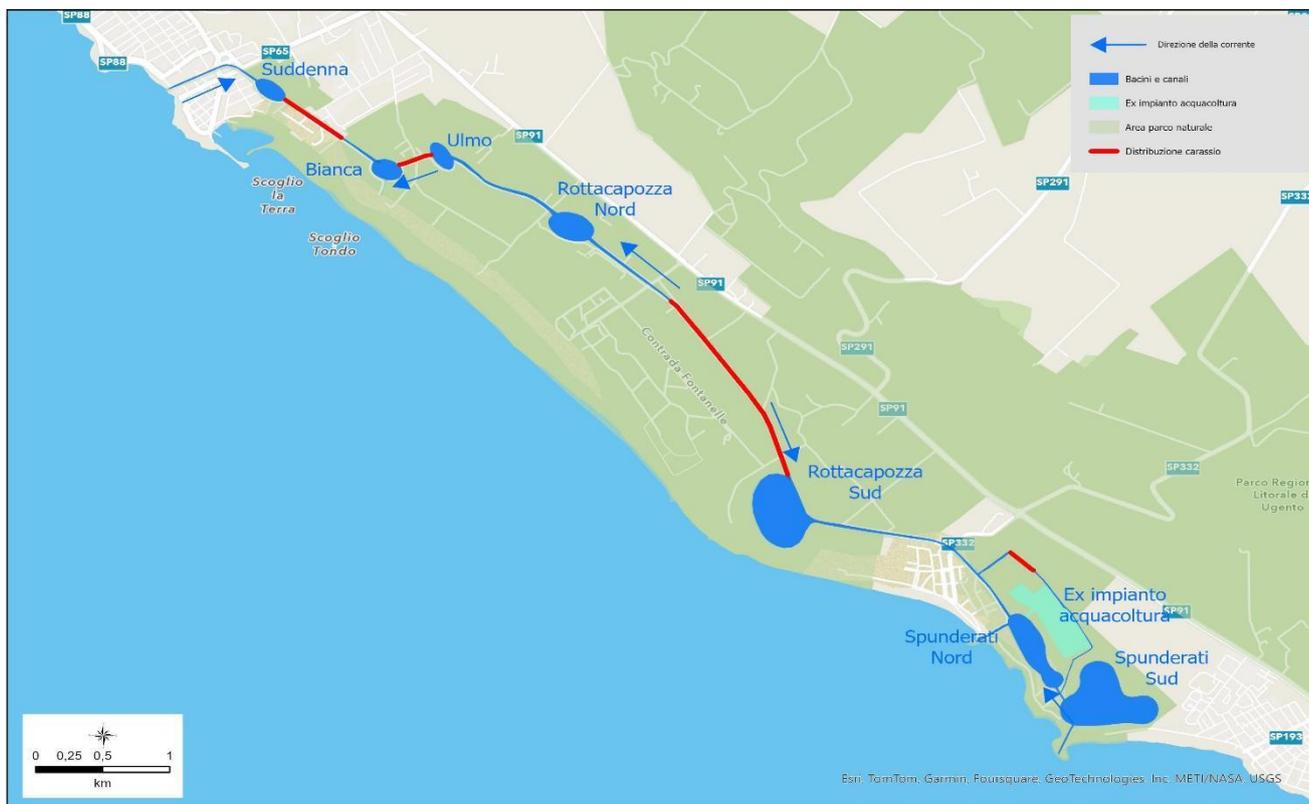


Figura 45: Distribuzione del carassio dorato nell'area indagata

Nonostante la diffusione abbastanza ampia, si conferma l'attuale moderata consistenza della popolazione di carassio dorato nei bacini di Ugento.

Statistica descrittiva del campione complessivo

Nella tabella 9 viene riportata la statistica descrittiva per il campione complessivo del carassio dorato, che è abbastanza esiguo in quanto costituito da 12 esemplari ma comunque diversificato in termini di taglie, che risultano comprese tra 13.1 e 31.2 cm (media \pm ES: 20.22 \pm 1.65). I valori di biomassa oscillano tra 39 e 697 g (media \pm ES: 215.67 \pm 53.75). L'età attribuita varia da 1.83 a 5.83 anni di età (media \pm ES: 3.25 \pm 0.42).

Tabella 9: Statistica descrittiva del campione complessivo di *Carassius auratus*

	Lunghezza totale (cm)	Peso (g)	Frazione anno (anni)
Media	20.22	215.67	3.25
Errore standard	1.65	53.75	0.42
Mediana	19.25	160.00	2.83
Deviazione standard	5.70	186.20	1.44
Intervallo di variazione	18.10	658.00	4.00
Minimo	13.10	39.00	1.83
Massimo	31.20	697.00	5.83
Numero valori	12.00	12.00	12.00

Struttura per età della popolazione

Nella figura 46 viene riportato l'istogramma di frequenza delle classi di età rilevate per la specie. Risultano presenti 5 classi di età che si estendono dalla 1+ alla 5+. Risulta assente la classe dei giovani dell'anno (0+) e la classe 3+.

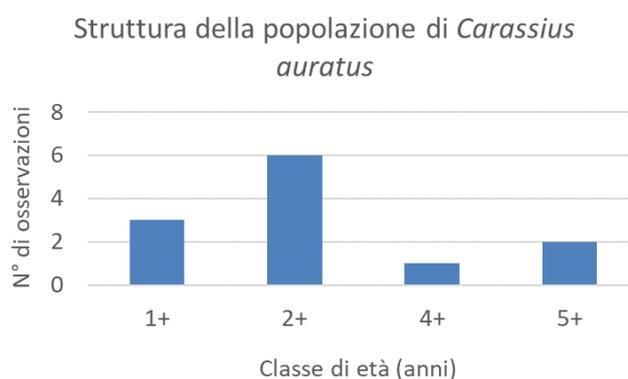


Figura 46: Struttura della popolazione di *Carassius auratus*

Regressione lunghezza-peso

L'equazione calcolata per la regressione lunghezza-peso è riportata nel grafico della figura 47. Anche in questo caso il valore del coefficiente di regressione b è risultato pari a 3 (3.01), indicando un accrescimento di tipo isometrico, in cui la forma del pesce è regolare e perfettamente proporzionata nelle tre dimensioni dello spazio.

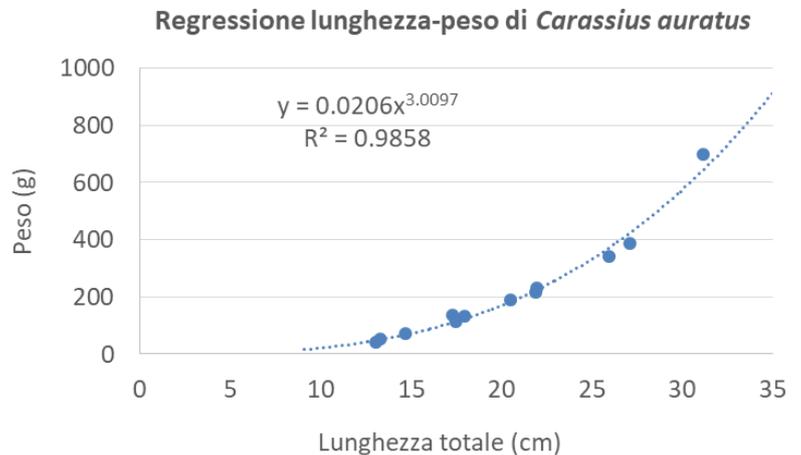


Figura 47: Regressione LT-peso di *Carassius auratus*

Accrescimento teorico in lunghezza

Nella figura 48 viene riportata la rappresentazione grafica del modello di accrescimento teorico in lunghezza calcolato per *Carassius auratus* nel lago Trasimeno. Data l'esiguità del campione, non è stato possibile condurre lo stesso tipo di analisi per la popolazione di carassio dei bacini di Ugento; quindi, sono stati collocati nel grafico i valori osservati nel corso della presente ricerca per verificare come si collocano nel modello stimato per il lago Trasimeno. È possibile osservare una sovrapposizione netta dei valori osservati per le prime due classi di età (1+ e 2+) con i valori attesi del modello, mentre per le età più avanzate (4+ e 5+), si denota un accrescimento più lento, forse dovuto alle caratteristiche ambientali (come, ad esempio, la elevata salinità) non proprio ottimali per lo sviluppo della specie.

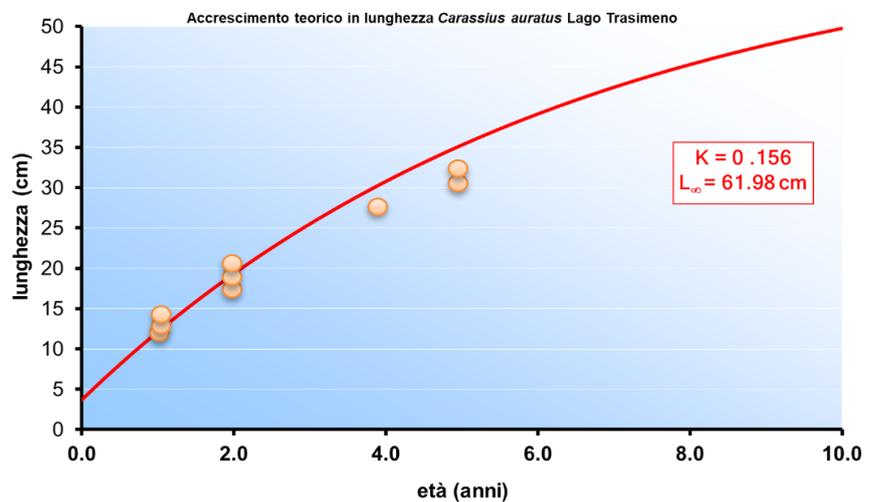


Figura 48: Accrescimento teorico in lunghezza calcolato per *Carassius auratus* nel lago Trasimeno (Ghetti et al, 2007). I cerchi arancioni indicano i valori osservati per i carassi di catturati nei bacini di Ugento

4. PROPOSTE

I campionamenti svolti con il presente studio hanno confermato quanto evidenziato nel corso del 2021. In particolare, è stata osservata la presenza di una popolazione di *Carassius auratus* di consistenza tale da non produrre al momento impatti significativi sugli ecosistemi indagati. Il campione questa volta è però di consistenza numerica leggermente maggiore, ma più che ad un incremento significativo della popolazione ciò appare giustificato da un più esteso e finalizzato monitoraggio.

L'indagine condotta nell'aprile 2023 è servita a descrivere con maggiore dettaglio la distribuzione della specie nell'area indagata: il carassio dorato è risultato presente non solo nel collettore di restituzione delle acque dell'ex Centro Ittiogenico, ma anche nel canale di collegamento tra i bacini Rottacapozza Nord e Rottacapozza Sud, e nei canali che congiungono i bacini Ulmo, Bianca e Suddenna.

Le capacità riproduttive del carassio sono comunque tali da confermare la necessità di proseguire il monitoraggio nel tempo anche attraverso la collaborazione attiva della comunità locale. Un aspetto particolarmente importante da approfondire, avendo a disposizione un maggior numero di campioni, potrebbe riguardare l'analisi della biologia riproduttiva della specie. Bisogna infatti tener presente che le caratteristiche in termini di fecondità ed estensione del periodo riproduttivo e il rapporto fra i sessi nella popolazione giocano un ruolo chiave nel processo di invasione di una specie aliena.

Viene confermato il legame tra la presenza del carassio dorato soprattutto nelle aree a minore salinità e maggiori dettagli sono stati acquisiti per indagare l'andamento della conducibilità lungo la serie di bacini lacustri. L'analisi degli andamenti temporali e spaziali delle caratteristiche ambientali acquista particolare rilievo soprattutto in considerazione del fatto che una specie aliena può manifestare le proprie caratteristiche di invasività proprio quando le caratteristiche ambientali risultano favorevoli alla espansione della popolazione, mentre quando la invasibilità dell'ambiente è scarsa e le condizioni sono avverse, la capacità di espansione della specie può rimanere un carattere latente. Un parametro ambientale particolarmente degno di essere seguito nel corso del tempo è quello della salinità, che risente degli influssi delle maree, dell'andamento pluviometrico e dell'affioramento delle acque di falda.

Anche la velocità e la direzione della corrente, nel contesto dei bacini di Ugento, sicuramente svolgono un ruolo fondamentale nel condizionare gli spostamenti del carassio dorato, quindi sarebbe auspicabile, in un prossimo monitoraggio, misurare correttamente, avvalendosi di apposita strumentazione, la velocità e la direzione della corrente nei vari punti del sistema acquatico.

Da questo approfondimento deriva anche una maggiore consapevolezza del valore naturalistico dell'area indagata. Anche da questo monitoraggio emerge la segnalazione di nuove specie ittiche. Il ritrovamento del 'nono', ad esempio, specie molto importante dal punto di vista conservazionistico, testimonia il fatto che specie poco abbondanti o elusive possono sfuggire alla cattura ed occorre quindi svolgere più costanti e periodici monitoraggi.

Infine, le informazioni scaturite nell'ambito dell'azione "Coinvolgimento e formazione dei pescatori locali", confermano l'opportunità di proseguire il coinvolgimento dei cittadini sul tema delle specie aliene, aumentandone la consapevolezza della presenza e dei possibili impatti che possono produrre sugli ecosistemi acquatici del proprio territorio, anche attraverso attività di educazione ambientale e disseminazione delle informazioni acquisite nel corso delle ricerche scientifiche.

5. IL MONITORAGGIO per IMMAGINI



Sopralluoghi – Aprile 2023



Incontro con il Comune Ugento-Ente Parco



Campionamenti chimico-fisici da sponda e da ponte

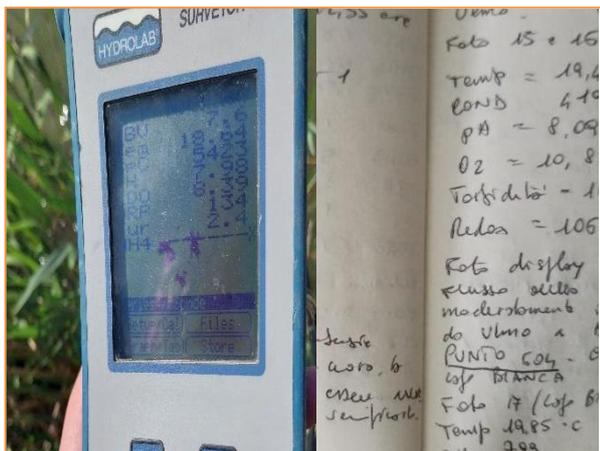




Strumentazione



Campionamento ittico



Raccolta dati del campionamento



Pescato



Analisi dei dati



Coinvolgimento cittadinanza

I Diversi ambienti Indagati



I canali



I bacini



Gli ambienti di transizione



L'ex impianto di acquacoltura

Dove si trova il carassio dorato



Nei canali



Presso l'ex impianto di acquacoltura



Nelle fontane cittadine



Tra il canneto

6. BIBLIOGRAFIA di riferimento e SITOGRAFIA

Arcangeli A. (1926). Il Ciprino dorato. www.treccani.it

Bagenal T.B. (1978). Fish production in fresh waters. Blackwell, Oxford, 250 p.

Bianco P.G. and Ketmaier 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: 190-208.

Carosi A., Ghetti L., Lorenzoni M. (2017). Invasive *Carassius* spp. in the Tiber River basin (Umbria, Central Italy): population status and possible interactions with native fish species. *Cybiurn*, 41(1): 11-23.

Carosi A., Ghetti L., Padula R., Lorenzoni M. (2018). Potential effects of global climate change on fisheries in the Trasimeno Lake (Italy), with special reference to the goldfish *Carassius auratus* invasion and the endemic southern pike *Esox cisalpinus* decline. *Fisheries Management and Ecology*, 26:500–511. doi: 10.1111/fme.12318.

Castaldelli G., Pluchinotta A., Milardi M., Lanzoni M., Giari L., Rossi R. & Fano E.A. (2013). Introduction of exotic fish species and decline of native species in the lower Po basin, north-eastern Italy. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 23(3), 405-417.

Crivelli A.J. (1995). Are fish introductions a threat to endemic freshwater fishes in the Northern Mediterranean region? - *Biol. Conserv.*, 72: 311-319.

FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics.

http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2018_USBcard/navigation/index_intro_e.htm Fishbyte, 1, 21–22.

Ghetti L., Carosi A., Lorenzoni M., Pedicillo G., Dolciami R. (2007). L'introduzione delle specie esotiche nelle acque dolci. Il caso del carassio dorato nel Lago Trasimeno. Litograf Editor, Città di Castello (PG), pp. 97. ISBN 88-95100-02-6

Kottelat M. & Freyhof J. (2007). Handbook of European Freshwater Fishes. 646 p. Cornol: Kottelat publisher.

Lorenzoni M., Corboli M., Ghetti L., Pedicillo G. & Carosi A. (2007). Growth and reproduction of goldfish *Carassius auratus*: a case study from Italy - *Biological invaders: Profiles, distribution, and threats* (Gherardi F., ed.), pp. 259-273. Springer.

Lorenzoni M., Ghetti L. & Mearelli M. (2006). Native and exotic fish species in the Tiber River watershed (Umbria - Italy) and their relationship to the longitudinal gradient. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 382: 19-44.

Lorenzoni M., Ghetti L., Pedicillo G. & Carosi A. (2010). Analysis of the biological features of the goldfish *Carassius auratus auratus* in Lake Trasimeno (Umbria, Italy) with a view to drawing up plans for population control - *Folia Zool.*, 59(2): 142-156.

Padula R., Carosi A., Lorenzoni M. (2022). *Carassius auratus*-il pesce rosso nei bacini di Ugento. Ed.Grenzi

Pauly D. e Munro J.L. (1984). Once more on comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM*

Von Bertalanffy L. (1938). A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*, 10, 181–243.

www.ittiofauna.org

www.iucngisd.org/gisd 100 of the World's Worst Invasive Alien Species

www.iucnredlist.org

www.ott.com

7. ALLEGATI

Schede ittiche delle specie

Scheda *Aphanius fasciatus*

Scheda *Atherina boyeri*

Scheda *Cyprinus carpio*

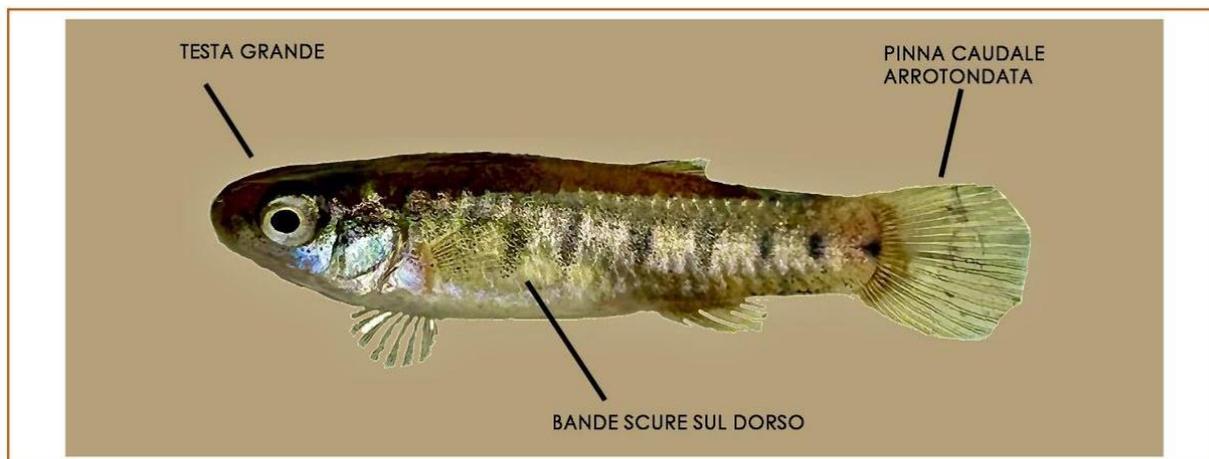
Scheda *Mugil caphalus*

NONO

Nono

Aphanius fasciatus - Valenciennes, 1821

IUCN Red List: **Minor Preoccupazione (LC)**



Esemplare Femmina

Descrizione e Distribuzione

Pesce d'acqua salmastra, il nono predilige acque poco profonde, ferme o a corrente lenta, come lagune e stagni comunicanti col mare, pozze di marea e canali ricchi di vegetazione. E' distribuito in quasi tutti i paesi della regione Mediterranea. In Italia è presente senza continuità nelle regioni costiere dell'alto Adriatico, alto e medio Tirreno, in Sardegna, in Sicilia e in Puglia: nello specifico nei laghi di Lesina e Varano e nella laguna di Margherita di Savoia. Data la capacità di vivere in una vasta varietà di habitat, la popolazione italiana non è considerata minacciata ma in declino. La specie è inserita nell'allegato II della Dir.Habitat 92/43/CEC, nell'allegato II del Protocollo SPA/BIO Convenzione di Barcellona e nell'allegato II della Convenzione di Berna.



Areale originario

Ecologia

Il nono sopporta notevoli variazioni termiche e basse concentrazioni d'ossigeno. Sopravvive anche in acque con salinità elevata. Spesso risale fiumi e canali connessi con le lagune, spingendosi nelle acque dolci a notevole distanza dalle foci. Specie gregaria, forma branchi numerosi che stazionano sotto riva tra i canneti o dove è abbondante la vegetazione sommersa e semisommersa.

Criticità e Impatti

Localmente la specie è in progressiva diminuzione sia a causa della distruzione e alterazione degli ambienti umidi costieri, sia per la competizione con altre specie quali la Gambusia. Studi basati su analisi molecolari hanno evidenziato la presenza di popolazioni geneticamente differenziate per le quali sarebbe opportuno intraprendere specifiche azioni di salvaguardia.

LATTERINO

Latterino capoccione, acquadella

Atherina boyeri - Risso, 1810

IUCN Red List: **Minor Preoccupazione (LC)**

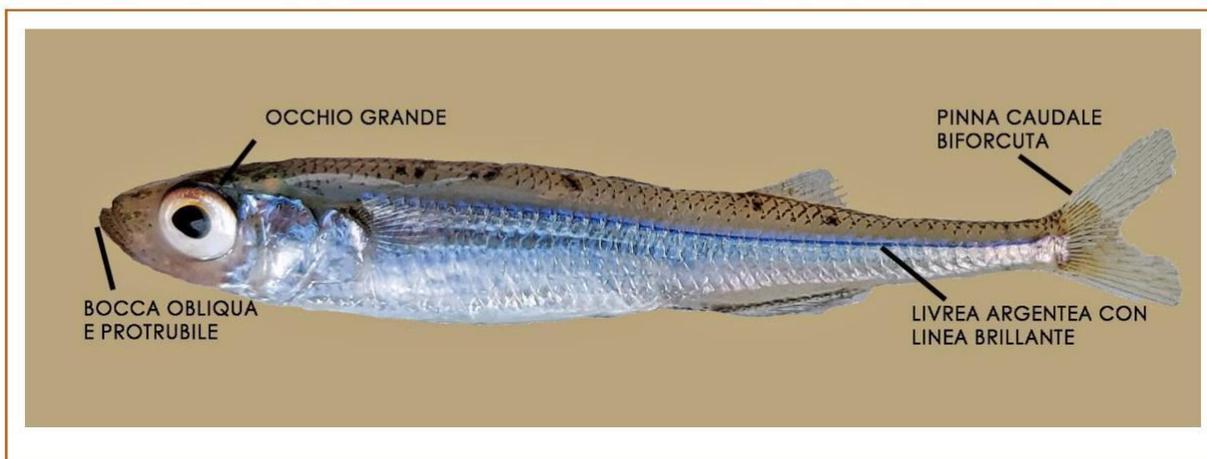


Immagine laterale

Descrizione e Distribuzione

Piccolo pesce tipico delle acque costiere mediterranee. È specie eurialina. La specie europea si differenzia dalle altre 60 specie simili per la presenza di una fascia argentata sui fianchi al di sotto della quale c'è una fila di puntini neri. Vive in branchi molto numerosi.

Dalla forma slanciata, compressa lateralmente, ha testa e occhi grandi. Può raggiungere i 14 cm di lunghezza. La bocca è ampia, obliqua ed è rivolta verso l'alto. Presenta due pinne dorsali nettamente distanziate: una a metà corpo e l'altra più arretrata. La pinna caudale è bilobata.

È un pesce carnivoro: si nutre di zooplancton ma anche di piccoli crostacei, molluschi e vermi.



Areale originario

Ecologia

Nel periodo riproduttivo, tra aprile e luglio, entra nelle lagune e negli estuari per riprodursi. Le uova, bentoniche, sono legate al substrato, alghe e piante del fondo con lunghi filamenti. Vive su fondali rocciosi, sabbiosi, fangosi o detritici, spogli o vegetati, generalmente fino a 3m di profondità, in alcuni casi raggiunge i 10m. Si muove abitualmente tra acque dolci e salate. Il latterino riveste un ruolo chiave nella rete trofica in quanto elemento di congiunzione fra zooplancton e pesci predatori.

Criticità e Impatti

In Italia la specie è autoctona, ma il suo areale originario è stato ampliato dall'uomo con le introduzioni accidentali o volontarie per lo sfruttamento commerciale delle popolazioni. In molti laghi interni, infatti, la specie è alloctona, introdotta per favorire lo sviluppo della pesca professionale. La pesca del latterino è praticata tutto l'anno con le reti a strascico, con le reti fisse, con le reti da traino (schiller), con le reti da posta derivanti di maglia fitta (battarelle) e anche con i bilancini.

CARPA

Carpa comune

Cyprinus carpio - Linnaeus, 1758

IUCN Red List: Non applicabile (NA)



Immagine laterale

Descrizione e Distribuzione

Originaria del Bacino del Danubio, la carpa è stata importata in Italia dai Romani dopo la conquista della Dacia. La sua capillare diffusione nelle acque del continente ebbe luogo tra il XIII e il XV secolo. Oggi è possibile trovarla nelle acque dolci temperate di tutta Europa.

Di colore oro-marrone, ha il corpo appiattito sui lati ma con un dorso alto coronato da una lunga pinna dorsale. La bocca, rivolta verso il basso, è protrattile per facilitare la presa del cibo dal fondale. Le labbra sono carnose e munite di due paia di barbigli che usa per la ricerca del cibo.

La specie predilige acque ferme o a lento scorrimento, con fondo fangoso e temperature elevate, ricche di vegetazione acquatica.



Areale originario

Ecologia

La carpa si riproduce in primavera. Depone le uova sulla vegetazione sommersa, in acque poco profonde, quando la temperatura è compresa tra 18 e 20° C. Nei mesi invernali, invece, si rifugia al largo nel fango limitando al minimo le sue funzioni vitali ed entrando in una sorta di letargo.

Le abitudini alimentari sono prettamente notturne: si ciba di vermi, piccoli invertebrati, molluschi, crostacei, piante acquatiche e uova di pesce.

Criticità e Impatti

La specie riveste interesse per la pesca professionale, data la qualità delle sue carni, e sportiva, se si considerano le grandi dimensioni che può raggiungere e per la resistenza che oppone alla cattura. Le carni di discreta qualità, sono tenere e grasse, e possono essere utilizzate per la preparazione di molte ricette tradizionali. Si pesca soprattutto con la tecnica della pesca a fondo che, quando viene impiegata per questo pesce, prende il nome di *carp fishing*.

CEFALO

Cefalo comune, Ciefl, Garzalongo Cefalo mazzone

Mugil cephalus - Linnaeus, 1758

IUCN Red List: **Minor preoccupazione (LC)**

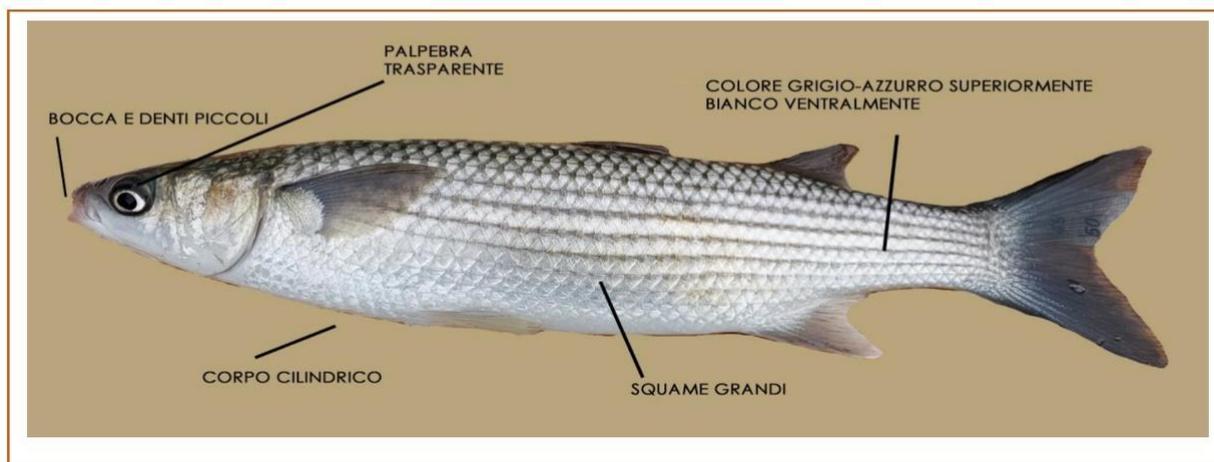


Immagine laterale

Descrizione e Distribuzione

Ha una distribuzione circumtropicale, ben adattato dunque a tutte le acque tropicali e temperate calde del mondo. Sopporta ampie variazioni di salinità, per cui si ritrova in acque dolci, salmastre e marine. Vive in branchi anche in ambienti moderatamente inquinati, come i porti.

Il corpo è affusolato, con grandi scaglie e due pinne dorsali inserite a metà del dorso. Bocca e denti piccoli. Il colore è grigio-azzurro, ma decisamente più bianco sul ventre con evidenti strie nere. Si caratterizza per la presenza di una palpebra trasparente che ricopre l'occhio e la testa grande.



Areale originario

Ecologia

Il cefalo che conduce vita gregaria ma in piccoli gruppi, è onnivoro. Si nutre di organismi planctonici, molluschi e materiale vegetale, incluso detrito, che riesce a tritare grazie alle pareti muscolose dello stomaco. Si riproduce in mare ma per accrescersi si sposta nelle acque interne costiere, salmastre, lagune ed estuari con fondo fangoso e abbondante vegetazione.

Le uova sono piccole e numerose, munite di una goccia oleosa che le rende inaffondabili.

Criticità e Impatti

Data la sua ampia distribuzione, non vi è evidenza di declino né di minaccia specifica. È uno dei pesci che più di frequente vengono pescati ed allevati.

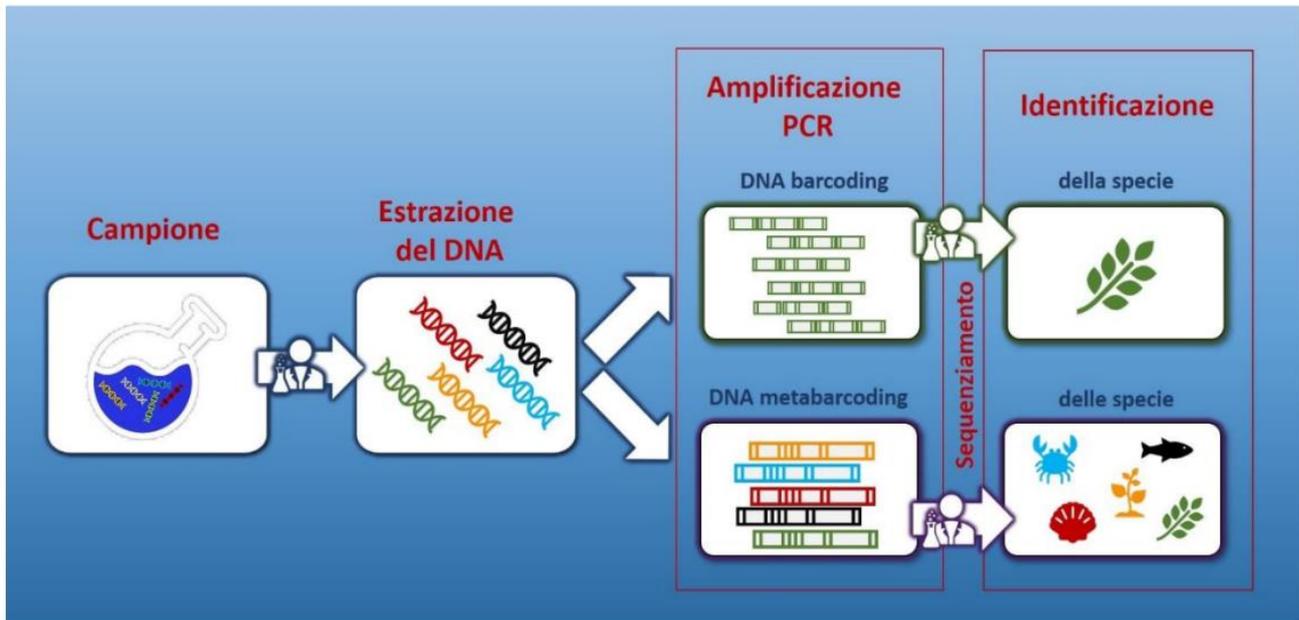
ATTIVITA' 3 - Analisi dei contenuti stomacali di *Callinectes sapidus* tramite eDNA metabarcoding

Enti coinvolti: ISPRA (Teresa Maggio, Luca Castriota, Tiziana Cillari, Manuela Falautano, Patrizia Perzia), UniSalento-DiSTeBA (Giorgio Mancinelli)

L'attività 3 ha avuto come obiettivo lo studio delle interazioni trofiche tra la specie invasiva non indigena *Callinectes sapidus* e le specie autoctone e/o eventuali altre specie non indigene nei bacini di Ugento attraverso metodiche molecolari innovative.

In particolare, ISPRA ha studiato le interazioni trofiche di *Callinectes sapidus* analizzando i contenuti stomacali tramite metabarcoding. Il metabarcoding è una metodologia molecolare di recente uso che permette di identificare e classificare il DNA di specie diverse in campioni ambientali. Questa metodica utilizza il sequenziamento Next Generation sequencing (NGS) ovvero il sequenziamento simultaneo di frammenti di DNA appartenenti a specie diverse. Il metabarcoding del DNA ambientale (eDNA) si basa sull'estrazione del DNA da matrici ambientali, quali acqua, sedimento, pellet fecali, contenuti stomacali, etc. In ciascuna di queste matrici si trova il DNA degli organismi che sono presenti o sono stati presenti nella matrice stessa. Questo DNA, chiamato DNA ambientale (eDNA), può essere utilizzato in due modi: essere amplificato tramite Polymerase Chain Reaction (PCR) utilizzando primer specie-specifici per identificare "firme genetiche" appartenenti a specie di interesse (Grey et al., 2018; Westfall et al., 2020) oppure utilizzando primer "universali" o "near universal" in modo da rilevare il maggior numero di gruppi tassonomici (Westfall et al., 2020). Nel primo caso, utilizzando primer specifici, i frammenti ottenuti tramite la PCR verranno sequenziati e in tal modo si risalirà alla presenza e all'abbondanza della specie selezionata. Nel caso in cui vengono utilizzati primer universali o near universali, vengono scelti la citocromo ossidasi 1 (COI) e/o il 18S rDNA, che sono marker universalmente utilizzati per l'identificazione tassonomica molecolare. Successivamente il sequenziamento Next Generation genera un numero enorme di sequenze che vanno opportunamente analizzate attraverso strumenti bioinformatici e raggruppate in Amplicon Sequence Variants (ASVs) e/o in Operational Taxonomic Unit (OTUs); si ottiene così una inventory completa delle specie presenti in un determinato habitat o di un ecosistema.

Il Next Generation sequencing ha reso l'approccio molecolare di analisi dei campioni di DNA ambientale più potente e risolutivo riuscendo ad analizzare numerosi campioni simultaneamente e ad ottenere migliaia di sequenze per ciascun campione; in questo modo, dopo le opportune analisi bioinformatiche, si ha la possibilità di identificare molte delle specie presenti nei campioni analizzati mediante sequenze specie-specifiche (DNA metabarcoding).



Una delle applicazioni più interessanti di questo approccio è lo studio della dieta di una specie a partire dal DNA estratto dai contenuti stomacali. Questo approccio è stato utilizzato con successo per definire le preferenze alimentari di diversi erbivori terrestri (Baamrane et al., 2012; Soinen et al., 2009), senza alcuna conoscenza a priori delle possibili fonti alimentari a disposizione dell'animale. In questo caso l'analisi prevede la caratterizzazione di diversi tipi di DNA delle componenti animali/vegetali ingerite dalla specie oggetto di studio. Tradizionalmente l'analisi dei contenuti stomacali veniva condotta per studiare la dieta di una specie e conseguentemente le relazioni trofiche, analizzando i resti del cibo morfologicamente, e cercando di identificare tassonomicamente le diverse componenti visibili; per alcune specie questa metodica si è dimostrata poco utile in quanto il cibo all'interno dello stomaco si trovava spezzettato in frammenti di impossibile identificazione a livello specifico. In questi casi l'analisi dei contenuti stomacali tramite metabarcoding ha una capacità discriminativa maggiore rispetto ai metodi tradizionali di caratterizzazione macroscopica della dieta (Pompanon et al., 2012), rivelando le componenti che non lasciano resti visibili al microscopio (Deagle et al., 2009) e soprattutto quelle meno rappresentate.

Nell'ambito delle attività della Convenzione, l'eDNA metabarcoding è stato utilizzato per le analisi dei contenuti stomacali di *Callinectes sapidus*, con l'obiettivo di identificare lo spettro alimentare di questa specie nei bacini di Ugento. L'identificazione dei food items di una specie permette di comprendere successivamente su quali altre specie esercita una pressione.

1. CAMPIONAMENTO DI *Callinectes sapidus* E PRELIEVO DEGLI STOMACI

I campioni di *C.sapidus* sono stati prelevati nel mese di luglio 2023 presso il bacino Spunderati nord. Sono stati presi 12 campioni pescati con nassa innescata con carne di pollo; tutti i campioni tranne 3 erano maturi e comprendevano 7 femmine e 5 maschi.

Da ogni individuo è stato prelevato lo stomaco utilizzando bisturi, forbici e pinzette sterili per evitare la contaminazione tra un campione e l'altro e conservato in una provetta falcon a -20°C fino alla successiva fase di estrazione del contenuto.

1.1 - Preparazione del campione ed estrazione del DNA

I campioni di stomaco sono stati sezionati su una piastra di Petri sterile per estrarre il contenuto che è stato posto in una provetta eppendorf 1,5 ml in stufa a 65 °C fino alla completa asciugatura. Il materiale solido rimasto è stato sospeso in soluzione con tampone di lisi con Proteinasi K e incubato overnight 56 °C. Dopo la lisi il DNA è stato estratto utilizzando il Kit di tessuto NucleoSpin (Macherey-Nagel, Düren, Germania) seguendo il protocollo fornito.

1.2 - DNA-Metabarcoding - PCR e preparazione delle librerie geniche

L'analisi metabarcoding è stata condotta utilizzando due marker molecolari comunemente utilizzati per l'identificazione tassonomica molecolare delle specie, la citocromo ossidasi subunità 1 (COI) e il 18S. In particolare, un frammento di 313 paia di basi (bp) del gene COI è stato amplificato utilizzando i primers mICOLintF (Leray et al., 2013) and jgHCO2198 (Geller et al., 2013). Il frammento V4 del 18S è stato amplificato utilizzando i primer V4F and V4RB (Balzano et al., 2015). Per entrambe le reazioni di PCR i primer sono stati modificati utilizzando gli adattatori Illumina® che permettono le successive analisi di sequenziamento.

La reazione di amplificazione (PCR) si è articolata come segue:

- 95°C per 7 minuti seguiti da 25 cicli di 95°C per 30 secondi, 48°C (COI) o 55°C (18S) per 45 secondi, 72°C per 1 minuto e mezzo e infine dopo i 25 cicli 72°C per 1 minuto e mezzo
- I prodotti di PCR sono stati visualizzati attraverso elettroforesi in gel di agarosio al 2% per valutarne la qualità. Dopo la prima PCR, la preparazione delle librerie geniche è stata completata attraverso una seconda PCR con l'aggiunta di INDEX Nextera XT. Per ogni campione è stata misurata la concentrazione attraverso fluorimetria (QuantiFluor®, Promega) e i campioni sono stati preparati in concentrazioni uguali per il successivo sequenziamento. Le librerie geniche sono state sequenziate usando un Illumina® MiSeq-Plattform (2 × 300 bp Paired-End-Modus)

Analisi dei dati e identificazione tassonomica

Le analisi bioinformatiche sono state condotte utilizzando Vsearch (Rognes et al., 2016). Le sequenze ottenute sono state assemblate nel caso in cui c'era una sovrapposizione tra 50 e 100 bp e raggruppate in Unità Tassonomiche Operative (Operational Taxonomic Unit OTU) utilizzando una soglia di identità pari al 97% per il COI. Le sequenze del 18S, a differenza di quelle del COI, non sono state raggruppate e successivamente analizzate come Amplicon Sequence Variants (ASVs) come suggerito da Eren et al. (2013)

L'identificazione tassonomica è stata fatta confrontando le OTUs del COI con il database BOLD (Ratnasingham & Hebert, 2007) e le ASVs del 18S con BLAST tool (Camacho et al., 2008) utilizzando il database PR2 (Guillou et al., 2012).

2. RISULTATI

Tutti i campioni sono stati amplificati con successo per entrambi i marcatori, ad eccezione di C6, C12 e 1 per il marcatore 18S. Per questi campioni sono state provate diverse reazioni di PCR e reagenti alternativi senza alcun risultato.

Nella tabella 10 vengono riportati il numero di reads totali per ogni marcatore, il numero di letture generate per campione e le letture rimanenti dopo il filtraggio e la denoising.

Tabella 10: Risultati del sequenziamento per COI e 18S. Nr reads: il numero di letture (reads) grezze dopo Demultiplexing. Assembled: quantità di reads accoppiate che sono state assemblate con successo per ulteriori elaborazioni. Filtered: numero di reads che passano gli stadi del filtro. Nr. OTUs: Numero di Operational Taxonomic Unit. Nr ASVs numero totale di Amplicon Sequence Variants sequenze. N/A indica l'assenza di amplificazione

Sample	COI				18S			
	Nr. reads	assembled	filtered	Nr. OTUs	Nr. reads	assembled	filtered	Nr. ASVs
C2	89586	73552	70853	194	100055	94314	93771	2934
C6	97549	90065	86849	70	N/A	N/A	N/A	N/A
C8	112604	104453	99303	112	81664	72473	58951	2167
C9	109988	104829	102676	141	118613	114751	112354	3266
C12	115883	100204	92520	116	N/A	N/A	N/A	N/A
1	112935	95145	91987	65	N/A	N/A	N/A	N/A
2	94398	89598	86403	123	78011	70305	57762	2162
3	95161	80509	76647	157	98820	94173	90385	4659
6	115509	111740	109500	75	102770	99207	96158	3321
8	103582	98526	91328	142	78621	73435	72677	3244

Dalle analisi del 18S su un totale di 21.753 ASVs, sono state identificate a livello di genere e/o di specie 176 unità (di cui 5 specie di batteri escluse dalle successive analisi); dalle analisi del COI su un totale di 1195 OTUs il numero totale di generi e/o specie trovate è stato di 49.

Ciascun marcatore ha rilevato la presenza di taxa diversi raramente condivisi, sottolineando l'importanza dell'uso di più marker molecolari per ottenere un maggior numero di specie, corrispondenti a risultati più completi. In particolare, con il 18S sono state identificate un gran numero di microalghe fitoplanctoniche appartenenti ai gruppi delle Cloroficee (microalghe verdi), Bacillarioficee (Diatomee) e Dinoficee (Dinoflagellati), seguito da amebe, protisti e flagellati. D'altra parte, con l'analisi del COI, il gruppo tassonomico maggiormente rappresentato è quello dei Crostacei per la maggior parte Copepodi calanoidi, specie appartenenti allo zooplancton.



Figura 49: Gruppi tassonomici identificati attraverso l'analisi metabarcoding dei contenuti stomacali di *Callinectes sapidus* con il 18S e il COI

Da sottolineare tra i risultati ottenuti con entrambi i marker, la firma genetica dello stesso *Callinectes sapidus*, che indica la possibilità di eventi di cannibalismo già dimostrata da alcuni autori per questa specie (Moksnes et al 1997; Hines et al 1990).

Per lo studio della dieta di *Callinectes sapidus* come strumento di valutazione dell'impatto che questa specie invasiva ha sull'ecosistema, la lista delle specie ottenute dalle analisi metabarcoding è stata suddivisa in macrocategorie trofiche sulla base delle conoscenze sulle preferenze alimentari. In particolare, come si vede dai grafici di figura 49 la maggior parte dei taxa rinvenuti con entrambi i marker sono microalghe per il 18S e i Crostacei per la maggior parte planctonici per la COI, associabili a un'alimentazione da *suspension feeder*. A tale tipo di alimentazione si possono associare anche i taxa ritrovati con entrambi i marker appartenenti a Cnidari (meduse e sifonofori) e Ctenofori.

La predazione viene confermata dalla presenza di specie/generi appartenenti a Molluschi e Pesci, tra cui specie tipiche delle acque interne come *Stagnicola palustris* e *Radix labiata* tra i molluschi e specie tipicamente lagunari come *Knipowitschia panizzae* e *Gobius niger* tra i pesci. Infine, la componente del detrito quale fonte di cibo per *C. sapidus* è rappresentata da amebe, flagellati e ciliati insieme ai Nematodi; a questo tipo di alimentazione si può ricondurre anche la presenza di taxa di origine terrestre quali ad esempio piante terrestri come *Olea europea* e *Ruppia maritima* o resti di animali terrestri quali *Sus scrofa* e *Mus musculus*. Dai risultati ottenuti si può ipotizzare inoltre che *C. sapidus* si alimenta anche direttamente su organismi bentonici come i Policheti *Ficopomatus enigmaticus*, *Platynereis dumerili*, *Hediste ponti* e *H. diversicolor* e l'anfipode *Gammarus aequicauda*, unico crostaceo bentonico identificato. D'altra parte, i policheti del genere *Hediste* potrebbero appartenere a resti di esche vive utilizzate dall'uomo.

Tra le specie identificate all'interno dei contenuti stomacali di *C. sapidus* sono degne di nota, oltre allo stesso *C. sapidus*, anche alcune altre specie aliene o criptogeniche, quali il polichete *Ficopomatus enigmaticus*, lo ctenoforo *Leucothea pulchra*, il Briozoo *Amathia verticillata* e il pesce *Melanotaenia splendens*. Il polichete *Ficopomatus enigmaticus* è stato segnalato in Italia all'inizio del 1900; forma delle strutture calcaree di grandi dimensioni che possono influenzare l'idrodinamismo del sistema lagunare. *Amathia verticillata*, confusa con un'alga nel diciannovesimo secolo, è una specie tipica degli ambienti confinati ed è spesso considerata una specie invasiva nelle acque da tropicali e temperate a causa delle incrostazioni che formano le colonie di grandi dimensioni (Minchin, 2012). Lo ctenoforo *Leucothea pulchra* si trova distribuito nell'oceano Pacifico e non è mai stato segnalato in Mediterraneo ma è un organismo che viene utilizzato in acquariologia così come il pesce d'acqua dolce *Melanotaenia splendens*. Si può ipotizzare che la presenza negli stomaci di *C. sapidus* del DNA di queste due specie dipenda da un loro rilascio nel bacino Spunderati Nord. In ogni caso soprattutto per *Melanotaenia splendens* sarebbe utile monitorare il bacino alla ricerca di questa specie che, così come *Carassius auratus*, vi potrebbe trovare le condizioni ambientali adatte alla sua diffusione.

I risultati ottenuti confermano che *C. sapidus* è una specie onnivora, avendo ritrovato, tramite il metabarcoding, il DNA di taxa appartenenti a diversi gruppi tassonomici riconducibili al plancton, al benthos e al detrito.

I risultati ottenuti, seppur preliminari, sono molto interessanti in quanto hanno permesso di identificare i principali gruppi tassonomici che fanno parte della dieta del granchio blu nei bacini di Ugento con uno sforzo di campionamento ridotto, identificando taxa che sarebbe stato impossibile identificare attraverso l'analisi morfologica dei contenuti stomacali a causa dello stato di frantumazione e degradazione del contenuto stesso.

Infine i risultati ottenuti oltre a colmare un gap conoscitivo sulla dieta di *C. sapidus* confermano la validità del metabarcoding per l'identificazione delle specie presenti in un campione ambientale, in questo caso

lo stomaco di una specie aliena. L'applicazione contemporanea del metabarcoding a campioni di acqua e sedimento del sito di campionamento dei granchi consentirebbe di studiare anche l'eventuale selettività della specie, nonché permetterebbe di studiare in modo più approfondito la pressione che la specie esercita sull'ecosistema.

Di seguito l'elenco completo delle specie/generi identificati con il 18S e con il COI.

LISTA SPECIE 18S

Supergroup	Division	Subdivision	Class	Order	Family	Genus Species
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis_euglypta
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Achnanthes	Cocconeidaceae	Cocconeis_convexa
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Achnanthes	Achnanthesiaceae	Achnanthes_pyrenaicum
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Annelida	Annelida_X	Annelida_XX	Platynereis_dumerilii
Obazoa	Opisthokonta	Fungi	Aphelidiomycota	Aphelidiales	Aphelidiaceae	Aphelidium_desmodesmi
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia_inconspicua
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Bryozoa			Bowerbankia_imbricata
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Bryozoa			Walkeria_uva
Archaeplastida	Rhodophyta	Rhodophyta_X	Florideophyceae	Ceramiales	Rhodomelaceae	Polysiphonia_subtilissima
TSAR	Rhizaria	Cercozoa	Filosa-Sarcomonadea	Cercomonadida	Paracercomonadidae	Paracercomonas_sp
TSAR	Rhizaria	Cercozoa	Filosa-Sarcomonadea	Cercomonadida	Cercomonadidae	Neocercomonas_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlamydomonadales_X	Chlamydomonas_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlamydomonadales_X	Chlorochytrium_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlamydomonadales_X	Chlorococcum_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Chlamydomonadales_X	Chlorosarcinopsis_sp
TSAR	Rhizaria	Cercozoa	Chlorarachniophyceae	Chlorarachnida	Chlorarachnida_X	Lotharella_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Chlorellales		Picochlorum_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Chlorellales		Nannochloris_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Chlorellales		Crucigenia_pulchra
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Chlorellales		Picochlorum_atomus
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Chlorellales		Picochlorum_costavermella
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorodendrophyceae	Chlorodendrales	Chlorodendraceae	Tetraselmis_striata
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorodendrophyceae	Chlorodendrales	Chlorodendraceae	Tetraselmis_kochiensis

Supergroup	Division	Subdivision	Class	Order	Family	Genus Species
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chloropicophyceae	Chloropicales	Chloropicaceae	Chloropicon_A6_sp
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Nematoda	Chromadorea		Iheringascaris_sp
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Nematoda	Chromadorea		Aphelenchoides_sp
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Nematoda	Chromadorea		Paracamallanus_sp
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Nematoda	Chromadorea		Dacnitoides_sp
Obazoa	Opisthokonta	Fungi	Chytridiomycota	Chytridiales	Chytridiales_X	Chytridiales_XX_sp
Terrabacteria	Firmicutes	Firmicutes_X	Clostridia	Clostridiales	Peptostreptococcaceae	Clostridioides_difficile
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Cnidaria	Hydrozoa		Liriope_tetraphylla
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Cnidaria	Hydrozoa		Nanomia_bijuga
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Cnidaria	Hydrozoa		Nectadamas_diomedea
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Cnidaria	Hydrozoa		Sulculeolaria_quadriavalvis
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Cnidaria	Hydrozoa		Aglaura_hemistoma
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Cnidaria	Hydrozoa		Forskalia_formosa
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Cnidaria	Hydrozoa		Solmundella_bitentaculata
TSAR	Alveolata	Chrompodellids	Colpodellidea	Colpodellida	Chromeraceae	Chromera_sp
TSAR	Alveolata	Chrompodellids	Colpodellidea	Colpodellida	Colpodellaceae	Voromonas_sp
TSAR	Alveolata	Chrompodellids	Colpodellidea	Colpodellida	Alphamonaceae	Alphamonadea_ALPH1_sp
TSAR	Alveolata	Chrompodellids	Colpodellidea	Colpodellida	Colpodellaceae	Colpodella_sp
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Craniata	Teleostei		Gobius_niger
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Craniata	Mammalia		Homo_sapiens
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Craniata	Teleostei		Melanotaenia_splendida
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Callinectes_sapidus
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Copepoda	Clausocalanus_furcatus
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Elamena_producta
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Copepoda	Calocalanus_pavo
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Necora_puber

Supergroup	Division	Subdivision	Class	Order	Family	Genus Species
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Copepoda	Pseudocalanus_minutus
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Homalaspis_plana
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Copepoda	Corycaeus_speciosus
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Fabia_subquadrata
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Pinnaxodes_chilensis
Cryptista:nucl	Cryptophyta:nucl	Cryptophyta_X:nucl	Cryptophyceae:nucl	Cryptomonadales:nucl	Hemiselmidaceae:nucl	Chroomonas_coerulea:nucl
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Ctenophora	Ctenophora_X	Ctenophora_XX	Leucothea_pulchra
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Mediophyceae	Cymatosirales	Cymatosiraceae	Leyanella_probus
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	Encyonema_silesiacum
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Dinophyceae_X	Dinophyceae_XX	Fensomea_setacea
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Ruppia_maritima
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Tamarix_hispida
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Posidonia_oceanica
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Angelica_acutiloba_var._sugiyamae
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Brachypodium_distachyon
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Stuckenia_pectinata
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Ligusticum_sinense
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Catalpa_bignonioides
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Cercocarpus_betuloides
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Tragopogon_dubius
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Pittosporum_japonicum
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Olea_europaea
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Bauhinia_sp
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Dysoxylum_spectabile
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Syzygium_claviflorum
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Cupressus_gigantea

Supergroup	Division	Subdivision	Class	Order	Family	Genus Species
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Embryophyceae	Embryophyceae_X	Embryophyceae_XX	Alectryon_excelsus
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Nematoda	Enoplea		Oncholaimus_sp
TSAR	Alveolata	Apicomplexa	Gregarinomorpha	Eugregarinorida	Lecudinidae	Lecudina_tuzetae
TSAR	Alveolata	Apicomplexa	Gregarinomorpha	Eugregarinorida	Lecudinidae	Lecudina_phyllochaetopteri
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Eustigmatophyceae	Eustigmatophyceae_X	Eustigmatophyceae_XX	Monodus_subterranea
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Eustigmatophyceae	Eustigmatophyceae_X	Eustigmatophyceae_XX	Eustigmatophyceae_XXX_sp
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Eustigmatophyceae	Eustigmatophyceae_X	Eustigmatophyceae_XX	Goniochloris_tripus
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Eustigmatophyceae	Eustigmatophyceae_X	Eustigmatophyceae_XX	Monodus_sp
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Eustigmatophyceae	Eustigmatophyceae_X	Eustigmatophyceae_XX	Nannochloropsis_sp
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Mollusca	Gastropoda	Heterobranchia	Stagnicola_palustris
TSAR	Rhizaria	Cercozoa	Filosa-Sarcomonadea	Glissomonadida	Sandonidae	Sandona_limna
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Gonyaulacales	Pyrocystaceae	Gambierdiscus_australes
TSAR	Alveolata	Apicomplexa	Gregarinomorpha	Gregarinomorpha_X	Gregarinomorpha_XX	Selenidium1_sp
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	Gymnodinium_sp
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	Gyrodinium_jinhaense
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Hemichordata	Hemichordata_X	Hemichordata_XX	Balanoglossus_carnosus
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Hyphochytriomyceta	Hyphochytriales	Hyphochytriaceae	Hyphochytrium_catenoides
TSAR	Stramenopiles	Bigyra	Sagenista	Labyrinthulomycetes	Labyrinthulaceae	Aplanochytrium_sp
Terrabacteria	Firmicutes	Firmicutes_X	Bacilli	Lactobacillales	Enterococcaceae	Enterococcus_faecium
Amoebozoa	Tubulinea	Tubulinea_X	Elardia	Leptomyxida	Flabellulidae	Flabellula_pomeranica
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	Tabularia_sp
TSAR	Rhizaria	Cercozoa	Filosa-Granofilosea	Limnofilida	Limnofilidae	Limnofila_anglica
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Mamiellophyceae	Mamiellales	Mamiellaceae	Mantoniella_clade_B
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Pedinophyceae	Marsupiomonadales	Marsupiomonadaceae	Marsupiomonas_pelliculata
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Hyalodiscaceae	Hyalodiscus_sp
Terrabacteria	Actinobacteria	Actinobacteria_X	Actinobacteria_XX	Micrococcales	Micrococcaceae	Paenarthrobacter_nicotinovorans

Supergroup	Division	Subdivision	Class	Order	Family	Genus Species
Terrabacteria	Actinobacteria	Actinobacteria_X	Actinobacteria_XX	Micrococcales	Micrococcaceae	Arthrobacter_globiformis
Obazoa	Opisthokonta	Fungi	Opisthospordia	Microsporida	Microsporida_X	Paramicrosporidium_saccamoebae
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	Seminavis_robusta
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	Craticula_cuspidata
TSAR	Alveolata	Ciliophora	Spirotrichea	Oligotrichida	Strombidiidae	Williophrya_maedai
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Chrysophyceae	Paraphysomonadales	Paraphysomonadaceae	Paraphysomonas_sp
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Peridinales	Blastodiniaceae	Blastodinium_navicula
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Peridinales	Blastodiniaceae	Blastodinium_mangini
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Peridinales	Heterocapsaceae	Heterocapsa_pygmaea
TSAR	Alveolata	Ciliophora	Oligohymenophorea	Peritrichia_2	Sessilida	Zoothamnium_arcuratum
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Peronosporomycetes	Peronosporomycetes_X	Peronosporales	Halophytophthora_avicenniae
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Peronosporomycetes	Peronosporomycetes_X	Peronosporales	Pythium_monospermum
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Peronosporomycetes	Peronosporomycetes_X	Peronosporales	Phytopythium_helicoides
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Phaeophyceae	Phaeophyceae_X	Phaeophyceae_XX	Sargassum_vachellianum
Obazoa	Opisthokonta	Fungi	Chytridiomycota	Polychytriales	Polychytriales_X	Polychytrium_aggregatum
Obazoa	Opisthokonta	Ichthyosporea	Ichthyophonida	Pseudoperkinsidae	Pseudoperkinsidae_X	Anurofeca_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Pyramimonadophyceae	Pseudoscourfieldiales	Pycnococcaceae	Pycnococcus_provasolii
Obazoa	Opisthokonta	Metazoa	Rotifera	Rotifera_X	Rotifera_XX	Limnias_ceratophylli
Obazoa	Opisthokonta	Fungi	Ascomycota	Saccharomycotina	Saccharomycetales	Saccharomyces_cerevisiae
Obazoa	Opisthokonta	Fungi	Ascomycota	Saccharomycotina	Saccharomycetales	Candida_wouanorum
Obazoa	Opisthokonta	Fungi	Ascomycota	Saccharomycotina	Saccharomycetales	Hanseniasspora_uvarum
Obazoa	Opisthokonta	Fungi	Ascomycota	Saccharomycotina	Saccharomycetales	Candida_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Mychonastes_hindakii
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_armatus
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Mychonastes_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_costato

Supergroup	Division	Subdivision	Class	Order	Family	Genus Species
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Scenedesmaceae	Scenedesmaceae_X_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	Monoraphidium_convolutum
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Neodesmus_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_abundans
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Nephrochlamys_yushanlensis
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Scenedesmus_acutus
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Mychonastes_afer
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Scenedesmus_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_subspicatus
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Tetraedron_minimum
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_communis
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Selenastraceae	Monoraphidium_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Coelastrum_pseudomicroporum
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Protodesmus_globulifer
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Coelastrella_saipanensis
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Sphaeropleales_XX_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Tetrademus_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Pseudomuriella_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_multivariabilis
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Mychonastes_homosphaera
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Bracteacoccus_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Kirchneriella_lunaris
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Radiococcus_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Coelastrella_aeroterrestica
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Scenedesmus_raciborskii

Supergroup	Division	Subdivision	Class	Order	Family	Genus Species
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_tropicus
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Neochloris_terrestris
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Tetrademus_arenicola
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Desmodesmus_opoliensis
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Selenastrum_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Sphaeropleales_X	Mychonastes_ovahimbae
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Suessiales	Suessiaceae	Biecheleriopsis_sp
TSAR	Alveolata	Dinoflagellata	Dinophyceae	Suessiales	Suessiaceae	Pelagodium_sp
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Bacillariophyceae	Thalassiosiphysales	Catenulaceae	Amphora_coffeaeformis
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Mediophyceae	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	Cyclotella_meneghiniana
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Mediophyceae	Thalassiosirales	Thalassiosiraceae	Thalassiosira_pseudonana
TSAR	Stramenopiles	Gyrista	Mediophyceae	Thalassiosirales	Stephanodiscaceae	Cyclotella_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae_X	Trebouxiophyceae_XX	Choricystis_parasitica
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae_X	Trebouxiophyceae_XX	Choricystis_limnetica
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae_X	Trebouxiophyceae_XX	Lemmermannia_tetrapedia
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae_X	Trebouxiophyceae_XX	Lemmermannia_komarekii
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Trebouxiophyceae	Trebouxiophyceae_X	Trebouxiophyceae_XX	Choricystis_sp
Archaeplastida	Chlorophyta	Chlorophyta_X	Ulvophyceae	Ulvales-relatives	Ulvales-relatives_X	Desmochloris_leptochaete
TSAR	Rhizaria	Cercozoa	Endomyxa	Vampyrellida	Thalassomyxa-lineage	Thalassomyxa_sp
TSAR	Rhizaria	Cercozoa	Endomyxa	Vampyrellida	Leptophryidae	Vernalophrys_algivore
TSAR	Rhizaria	Cercozoa	Endomyxa	Vampyrellida	Penardia-lineage	Penardia-lineage_X_sp
Archaeplastida	Streptophyta	Streptophyta_X	Zygnemophyceae	Zygnemophyceae_X	Zygnemophyceae_XX	Spirogyra_sp

LISTA SPECIE COI

Phylum	Class	Order	Family	Genus Species
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	Hediste pontii
Annelida	Polychaeta	Sabellida	Serpulidae	Ficopomatus enigmaticus
Annelida	Polychaeta	Phyllodocida	Nereididae	Hediste diversicolor
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Portunidae	Callinectes sapidus
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Clausocalanidae	Clausocalanus furcatus
Arthropoda	Ostracoda	Halocyprida	Halocyprididae	Porroecia spinirostris
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Clausocalanidae	Clausocalanus mastigophorus
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Calanidae	Nannocalanus minor
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Paracalanidae	Calocalanus pavo
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oncaeidae	Oncaea waldemari
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Temoridae	Temora stylifera
Arthropoda	Ostracoda	Halocyprida	Halocyprididae	Proceroecia procera
Arthropoda	Malacostraca	Decapoda	Luciferidae	Lucifer
Arthropoda	Copepoda	Cyclopoida	Oithonidae	Oithona plumifera
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Candaciidae	Candacia simplex
Arthropoda	Ostracoda	Halocyprida	Halocyprididae	Porroecia
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Candaciidae	Candacia bispinosa
Arthropoda	Copepoda	Calanoida	Clausocalanidae	Clausocalanus lividus
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomus salinarius
Arthropoda	Malacostraca	Amphipoda	Gammaridae	Gammarus aequicauda
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Dicrotendipes sudanicus
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	Chironomus
Arthropoda	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Acanthagrion
Ascomycota	Saccharomycetes	Saccharomycetales	Saccharomycetaceae	Komagataella
Ascomycota	Saccharomycetes	Saccharomycetales	Saccharomycetaceae	Saccharomyces paradoxus
Basidiomycota		Malasseziales		Malassezia
Chaetognatha	Sagittioidea	Aphragmophora	Sagittidae	Flaccisagitta
Chordata	Actinopterygii	Myctophiformes	Myctophidae	Hygophum hygomii
Chordata	Mammalia	Rodentia	Muridae	Mus musculus
Chordata	Mammalia	Artiodactyla	Suidae	Sus scrofa
Chordata	Aves	Galliformes	Phasianidae	Gallus gallus
Chordata	Actinopterygii	Gobiiformes	Gobiidae	Knipowitschia panizzae
Cnidaria	Hydrozoa	Siphonophorae	Sphaeronectidae	Sphaeronectes gracilis
Cnidaria	Hydrozoa	Siphonophorae	Agalmatidae	Nanomia
Cnidaria	Hydrozoa	Trachymedusae	Rhopalonematidae	Aglaura hemistoma
Cnidaria	Hydrozoa	Trachymedusae	Geryoniidae	Liriope tetraphylla
Cnidaria	Scyphozoa	Semaeostomeae	Pelagiidae	Pelagia noctiluca
Cnidaria	Hydrozoa	Narcomedusae	Aeginidae	Solmundella bitentaculata
Cnidaria	Hydrozoa	Siphonophorae	Forskaliidae	Forskalia
Heterokontophyta	Oomycota	Pythiales	Pythiaceae	Phytophthora avicenniae
Heterokontophyta	Oomycota	Pythiales	Pythiaceae	Phytophthora

Phylum	Class	Order	Family	Genus Species
Mollusca	Gastropoda	Pteropoda	Creseidae	Creseis virgula
Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Atlantidae	Atlanta selvagensis
Mollusca	Gastropoda	Littorinimorpha	Atlantidae	Atlanta lesueurii
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Lymnaeidae	Stagnicola palustris
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Lymnaeidae	Stagnicola
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Lymnaeidae	Radix labiata
Rhodophyta	Florideophyceae	Ceramiales	Rhodomelaceae	Polysiphonia subtilissima

3. BIBLIOGRAFIA

Baamrane M.A., Shehzad W., Ouhammou A., Abbad A., Naimi M., Coissac E, et al. 2012. Assessment of the Food Habits of the Moroccan Dorcas Gazelle in M'Sabih Talaa, West Central Morocco, Using the trnL Approach. PLoS ONE 7(4): e35643.

Balzano S., Abs E., Leterme S. C. 2015. Protist diversity along a salinity gradient in a coastal lagoon. Aquatic Microbial Ecology 74: 263-277.

Camacho C., Coulouris G., Avagyan V., Ma N., Papadopoulos J., Bealer K., & Madden T. L. 2008. BLAST+ architecture and applications. BMC Bioinformatics 10: 421

Deagle B. E., Kirkwood R., & Jarman S. N. 2009. Analysis of Australian fur seal diet by pyrosequencing prey DNA in faeces. Molecular ecology 18(9): 2022-2038

Eren A. M., Maignien L., Jun S. W., Murphy L. G., Grim S. L., Morrison H. G. Sogin M. L. 2013. Oligotyping: differentiating between closely related microbial taxa using 16S rRNA gene data. Methods in Ecology and Evolution 4: 1111-1119

Geller J., Meyer C., Parker M., Hawk H. 2013. Redesign of PCR primers for mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I for marine invertebrates and application in all taxa biotic surveys. Molecular Ecology Resources 13: 851-861

Guillou L., Bachar D., Audic S., Bass D., Berney C., Bittner, et al. The Protist Ribosomal Reference database (PR2): a catalog of unicellular eukaryote small sub-unit rRNA sequences with curated taxonomy. Nucleic Acids Research 41: 597-604.

Hines A. H., Haddon A. , Wiechert L. A. 1990 Guild structure and foraging impact of blue crabs and epibenthic fish in a subestuary of Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series 67: 105-126

Leray M., Yang J.Y., Meyer C.P., Mills S.C., Agudelo N., Ranwez V., Boehm J.T., Machida R.J. 2013. A new versatile primer set targeting a short fragment of the mitochondrial COI region for metabarcoding metazoan diversity: application for characterizing coral reef fish gut contents. Frontier in Zoology 10: 34

Minchin D. 2012. Rapid assessment of the bryozoan, *Zoobotryon verticillatum* (Delle Chiaje, 1822) in marinas, Canary Islands, Marine Pollution Bulletin 64: 2146-2150

Moksnes P.O., Lipcius R.N., Pihl L., van Montfrans J. 1997 Cannibal-prey dynamics in young juveniles and postlarvae of the blue crab. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 215: 2, 157-187

Pompanon F., Deagle B. E., Symondson W. O., Brown D. S., Jarman S. N., & Taberlet, P. 2012. Who is eating what: diet assessment using next generation sequencing. *Molecular ecology* 21(8):1931-1950

Ratnasingham S. and Hebert P.D.N. 2007. BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). *Molecular Ecology Notes* 7: 355-364.

Soininen P., Kangas A.J., Würtz P., Tukiainen T., Tynkkynen T., Laatikainen R., Järvelin M.R., Kähönen M., Lehtimäki T., Viikari J., Raitakari O.T., Savolainen M.J., Ala-Korpela M. 2009. High-throughput serum NMR metabonomics for cost-effective holistic studies on systemic metabolism. *Analyst*. 134(9):1781-5

Sommario

INTRODUZIONE.....	2
ATTIVITA' 1 – Coinvolgimento e formazione dei pescatori locali.....	4
ATTIVITA' 2 – Monitoraggio di <i>Carassius auratus</i>	12
1. LE SPECIE ALLOCTONE	12
1.1 - Storia dell'introduzione e della progressiva espansione del <i>Carassius auratus</i>	13
2. AMBIENTE DI STUDIO	15
2.1 - Area di studio	16
2.2 – Materiale e Metodi.....	18
2.3 - Restituzione fotografica e cartografica	24
3. RISULTATI.....	25
3.1 – Lo studio ecologico-ambientale.....	25
3.2 – Monitoraggio Ittico.....	30
3.3 - Carte di distribuzione delle specie, Caratteristiche demografiche e Accrescimento.....	32
<i>Anguilla anguilla</i>	33
<i>Aphanius fasciatus</i>	35
<i>Atherina boyeri</i>	36
<i>Chelon labrosus</i>	39
<i>Cyprinus carpio</i>	42
<i>Dicentrarchus labrax</i>	43
<i>Gambusia holbrooki</i>	44
<i>Knipowitschia panizzae</i>	46
<i>Mugil cephalus</i>	47
3.4 - Il <i>Carassius auratus</i>	48
4. PROPOSTE.....	51
5. IL MONITORAGGIO per IMMAGINI.....	52
6. BIBLIOGRAFIA di riferimento e SITOGRAFIA.....	57

7. ALLEGATI.....	59
ATTIVITA' 3 - Analisi dei contenuti stomacali di <i>Callinectes sapidus</i> tramite eDNA metabarcoding	64
1. CAMPIONAMENTO DI <i>Callinectes sapidus</i> E PRELIEVO DEGLI STOMACI	66
1.1 - Preparazione del campione ed estrazione del DNA	66
1.2 - DNA-Metabarcoding - PCR e preparazione delle librerie geniche	66
2. RISULTATI.....	67
3. BIBLIOGRAFIA	80