

ACQUACOLTURA RESPONSABILE

VERSO LE PRODUZIONI ACQUATICHE
DEL TERZO MILLENNIO

ACQUACOLTURA RESPONSABILE

VERSO LE PRODUZIONI ACQUATICHE
DEL TERZO MILLENNIO

a cura di S. Cataudella e P. Bronzi

Autori: G. Alessio, G. Allegrucci, G. Angle, G. Arlati, G. Baldrati, R. Ballestrazzi, P. Belvedere, C. P. Beraldo, D. Berton, C. Boglione, P. Bronzi, A. Cannas, I. Casini, E. Cataldi, S. Cataudella, E. Ciccotti, L. Colombo, B. Contessi, L. Corbari, D. Crosetti, E. D'Agaro, L. Dalla Valle, P. De Marzi, G. Di Lena, O. Di Santo, F. Donati, G. Fabi, A. Fabris, G. Fanigliulo, A. Fianchini, P. Franzoi, F. Gagliardi, M. Galeotti, G. Giulini, M.F. Gravina, E. Guandalini, L. Gusmani, D. Lanari, A. Libertini, F. Lumare, G. Marino, M. Masci, A. Mazzola, P. Melotti, C. Mezzani, F. Mugnai, T. Nevigato, E. Orban, M. Pellizzato, A. Piccioli, G. Prioli, M. Rampacci, F. Riccardi, A. Roncarati, R. Rossi, G. Ruol, M. Saroglia, M. Scardi, A. Severati, F. Sinesio, L. Sola, A. Spagnolo, A. Spanò, L. Tancioni, E. Tibaldi, A. Trincanato, P. Trotta, E. Turolla, R. Ugolini, S. Vianello, D. Volpatti.

Progetto editoriale:	Unimar - Uniprom
Editing scientifico:	S. Cataudella, P. Bronzi
Riferimenti al Codice di Condotta per la Pesca Responsabile (CCPR):	S. Cataudella
Progetto grafico e impaginazione:	Online, Advertising and Communication - Roma

Si ringrazia la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) per l'autorizzazione (A 126/2001) concessa alla pubblicazione di materiali di cui detiene proprietà e copyright. Le fonti bibliografiche sono riportate nei singoli capitoli.

Questo lavoro è stato realizzato grazie al contributo comunitario SFOP Reg. CEE n. 2080/93.

Foto in copertina di "Acquacoltura Lampedusa".

È vietata la riproduzione, anche parziale o ad uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo effettuata, compresa la fotocopia, non autorizzata.

Copyright © 2001 Unimar-Uniprom

Finito di stampare nel mese di dicembre 2001

L'acquacoltura è certamente una delle attività a più rapida crescita nel panorama delle produzioni agro-alimentari. Le produzioni italiane di pesci e molluschi da allevamento sono passate da circa 160.000 tonnellate per anno nel 1985, alle circa 250.000 del 1999.

Oltre al consolidamento della molluschicoltura e della troticoltura italiane, già forti prima della “esplosione” dell'acquacoltura moderna, abbiamo assistito alla crescita di una piscicoltura mediterranea, che nel nostro caso, nella Vallicoltura nord adriatica, ha trovato delle fondamenta solide su cui crescere.

Il Coste nel suo viaggio in Italia, alla metà dell'Ottocento, rimase colpito dalle valli di Comacchio. Trovò che la pesca era diventata una vera industria, con speciali trappole per la cattura e tecnologie per la trasformazione delle anguille pescate, e testimoniò al mondo che era nata l'industria dell'acquacoltura marina.

Nell'acquacoltura italiana storia e modernità si fondono, e questo è certamente un pregio perché ci può consentire di conservare alcune specificità locali, così come avviene per la nostra agricoltura.

Ciò premesso, e passando da considerazioni generali ad aspetti più quotidiani, possiamo dire che i problemi non mancano, neanche per gli acquacoltori.

La produzione è spesso eccedente, ed è dunque necessario accelerare gli interventi per avere una maggiore trasparenza sui mercati e per garantire simultaneamente i consumatori e le imprese che producono qualità. Sistemi di etichettatura, marchi, nuove reti distributive, sono alla base del nuovo sviluppo.

Dunque l'acquacoltura richiede una particolare attenzione delle politiche agricole Regionali e dello Stato per utilizzare appieno il potenziale produttivo e strategico di questo comparto, a maggior ragione oggi, che gli spazi produttivi si stanno ampliando con la conquista del mare aperto.

Il Libro Acquacoltura Responsabile, cui hanno contribuito gran parte dei maggiori studiosi italiani del settore, si ispira al Codice di Condotta per la Pesca Responsabile, pubblicato dalla FAO nel 1995.

Il Codice ha valenza globale, e raccomanda agli Stati che lo sviluppo dell'acquacoltura sia tale da garantire buoni risultati in termini alimentari ed economici, nel rispetto delle risorse naturali e dei consumatori.

Ma lo sviluppo e l'innovazione richiedono buone conoscenze da applicare e trasferire alle imprese per renderle più solide e competitive. Dunque ogni sforzo in direzione dell'ampliamento e del trasferimento delle conoscenze va incoraggiato.

*on. Paolo Scarpa Bonazza Buora
Sottosegretario di Stato alle Politiche Agricole e Forestali
con delega alla Pesca*

La rapida crescita delle produzioni da acquacoltura, nel mondo ed anche nel nostro Paese, ci impone una serie di riflessioni che necessariamente coinvolgono, per la parte di loro competenza, anche le Pubbliche Amministrazioni.

Queste, nella applicazione degli strumenti normativi esistenti, attengono aspetti di varia natura, che riguardano, ad esempio, la ricerca scientifica e tecnologica, la sicurezza alimentare, il contenimento e controllo degli impatti ambientali, i mercati.

Una materia dunque complessa che richiede continui aggiornamenti di natura multidisciplinare. Proprio per tutto questo ritengo utile lo sforzo congiunto dei Consorzi Unitari Unimar ed Uniprom per pubblicare “Acquacoltura Responsabile”, un libro che raccoglie il contributo di molti degli addetti, in Italia, alla ricerca in acquacoltura, certamente unico nel suo genere perché legge nella prospettiva di una acquacoltura responsabile per l'ambiente e per i consumatori il consolidamento e lo sviluppo di questa attività.

Nell'ambito delle Politiche del MIPAF, la Direzione della Pesca e dell'Acquacoltura, nell'esercizio dei Piani triennali della Pesca e dell'Acquacoltura, e degli interventi comunitari, ha contribuito in larga parte allo sviluppo del sistema acquacoltura nazionale, sia per quanto riguarda le strutture produttive, sia per quanto riguarda la ricerca.

L'acquacoltura responsabile è stata sempre al centro della nostra cultura amministrativa e ciò ha contribuito, grazie alle interazioni con ricercatori e produttori, alla nascita di un carattere nazionale di tale comparto produttivo nel nostro Paese, nel rispetto delle politiche agro-alimentari ed ambientali di qualità che ci caratterizzano.

*Giuseppe Aulitto
Direttore Generale Pesca ed Acquacoltura
Ministero delle Politiche Agricole e Forestali*

“Acquacoltura Responsabile” è un libro che Unimar ha programmato da tempo, e che è stato possibile realizzare grazie al contributo di Uniprom, che tra l'altro ha messo a disposizione materiali e competenze.

Credo che mai un numero così elevato di specialisti abbia contribuito alla realizzazione di una opera di questo tipo in Italia. Infatti Unimar ha voluto stimolare il dibattito tecnico-scientifico sull'acquacoltura del futuro, consentendo alle varie voci disciplinari di essere ascoltate, nella certezza che senza un approccio multidisciplinare sia difficile descrivere e comprendere la complessità dell'acquacoltura.

In questi anni abbiamo visto crescere molto la ricerca cooperativa, e personalmente ho sempre sostenuto l'importanza della nostra collaborazione con il mondo della ricerca pubblica, Università, CNR, ICRAM.

Dunque in questa circostanza sono profondamente soddisfatto di vedere il prodotto della collaborazione di tanti esperti di diversa estrazione, in cui anche noi, ricerca cooperativa, siamo attivamente presenti.

Unimar ha prodotto, come osservatorio, uno studio sullo stato dell'acquacoltura in Italia, attraverso un'indagine che ha coinvolto direttamente gran parte delle aziende nazionali. Questo studio è finalizzato a definire lo stato delle produzioni, come indicatore del successo delle attività delle imprese e degli interventi pubblici a favore del settore.

Questo libro si dovrebbe considerare come strumento di interpretazione ulteriore del lavoro fatto dall'osservatorio.

Aspetti scientifici, economici e giuridici, sono alla base della comprensione di un settore nuovo e promettente, ma ricco di problemi di mercato ed ambientali, che ad esempio rendono non sempre facile la partecipazione attiva del mondo della pesca.

Se effettivamente lo sviluppo di una acquacoltura responsabile per l'ambiente e per i consumatori sarà la chiave di volta per il superamento dei limiti strutturali e congiunturali dell'acquacoltura italiana, allora ritengo che Unimar ed Uniprom con questo libro abbiano dato il loro consistente contributo.

Infine vorrei ringraziare il prof. Stefano Cataudella perché senza la sua passione, la sua dedizione e competenza questo libro non sarebbe stato editato.

*Battista Tamponi
Presidente Unimar*

Il Consorzio Uniprom promuove con grande interesse questa pubblicazione. Si tratta di una proposta editoriale che segna non solo la crescente attenzione al ruolo strategico delle produzioni di acquacoltura, ma anche l'acquisita consapevolezza di quella ineliminabile premessa sottesa al suo sviluppo, che è la premessa della responsabilità, a tutela dei produttori come dei consumatori.

Da questo presupposto, del resto, hanno preso le mosse tutte le numerose azioni di promozione che negli ultimi anni hanno costituito parte consistente del programma del Consorzio: lo sviluppo dell'acquacoltura quale attività integrativa alla pesca, e la valorizzazione delle sue produzioni nel sistema di un'alimentazione di qualità, non può che avvenire nel pieno rispetto dell'ambiente e nel miglioramento costante della qualità e delle garanzie da offrire ai consumatori. Responsabilità è sostenibilità ambientale delle attività produttive: come la pesca, anche l'acquacoltura va inserita in una visione più generale di gestione delle risorse ambientali e marine, soprattutto riguardo alla fascia costiera in cui si concentrano molteplici attività ed interessi ed in cui è parimenti importante il rispetto degli equilibri naturali. Per questo il modello di acquacoltura che Uniprom promuove, e che la pubblicazione implementa, non può che essere quello definito nel Codice di Condotta per la Pesca Responsabile della FAO, che in Italia per primi abbiamo divulgato e fatto applicare.

Responsabilità è, nondimeno, incessante ricerca della qualità. È una sfida che ha costantemente impegnato i nostri produttori, che ci ha permesso di respingere, a differenza di altri settori, ingiustificati allarmi alimentari, e che, in particolare, ha visto Uniprom protagonista nella predisposizione di progetti del tutto originali per il settore, come quello relativo all'innovativo progetto pilota per l'identificazione di un protocollo di certificazione per produzioni biologiche di acquacoltura, meglio noto come "pesce biologico".

È una sfida su cui, però, occorre continuare a puntare con forza, soprattutto per vincere quei pregiudizi che nel passato, in ragione di una scarsa riconoscibilità dei prodotti, hanno penalizzato il settore nelle scelte dei consumatori. Marchi di origine e di qualità, tracciabilità, etichettatura, certificazioni di processo e di prodotto: è su questi strumenti, che la presente pubblicazione passa in rassegna e cui dedica ampio spazio, che si gioca la possibilità di rinsaldare quel rapporto fiduciario con i consumatori, giustamente sempre più attenti alla sicurezza e alla garanzia dei propri consumi alimentari.

Raccordandosi perfettamente con questo approccio, il testo offre una esauriente panoramica di tutte le complesse problematiche, tecniche, produttive, gestionali, igienico-sanitarie, nutrizionali, legali, di certificazione e tracciabilità del processo produttivo, etc, che contribuiscono a tracciare il variegato universo delle produzioni acquicole responsabili.

Si tratta di un valido supporto sia per l'aggiornamento degli operatori che abbiano già avviato l'attività e vogliano migliorarne gli aspetti gestionali, che per l'informazione che potrà trovarvi chi valuti con interesse questa grande opportunità di iniziativa imprenditoriale, in un settore dalle grandi potenzialità di sviluppo, protagonista negli ultimi anni di una costante crescita produttiva. Uno strumento che Uniprom promuove con convinzione, per far vincere, sui mercati come sulle nostre tavole, un'acquacoltura di qualità per il nuovo millennio.

*Ettore Iani
Presidente Consorzio Uniprom*

Il libro “Acquacoltura Responsabile” per i consumatori, per l'ambiente, per le imprese, è stato concepito per informare un pubblico vasto, talvolta con esigenze molto diversificate. Ad esempio per i pescatori, che richiedono più informazioni sul mondo dell'allevamento degli organismi acquatici, spinti dalla necessità di conoscere, anche sul piano tecnico, un comparto delle produzioni ittiche ricco di interazioni con il loro mondo. O per i consumatori, che sempre più si chiedono cosa significa allevare gli organismi acquatici, richiedendo anche dettagli di natura tecnico-scientifica, specialmente in relazione alle proprietà nutrizionali dei prodotti allevati. Non mancano poi amministratori pubblici, studenti, addetti alla comunicazione, che chiedono informazioni sull'acquacoltura, sulle prospettive e sulle problematiche di questo settore ricco di opportunità ma anche di contraddizioni, talvolta generate da insufficiente o incompleta informazione.

L'acquacoltura, come sistema produttivo, richiede necessariamente una trattazione multidisciplinare che è difficile ritrovare in un solo testo. Dunque abbiamo cercato di raccogliere contributi su temi centrali, dagli aspetti biologici, zootecnici, veterinari, a quelli economici, sociali, giuridici, di sicurezza alimentare e legati alla salute umana. Contributi scritti da vari autori che hanno seguito il loro proprio “filo conduttore”.

Non si tratta dunque di un'opera sistemica, obiettivo troppo ambizioso per noi, ma di un “collage” di contributi, talvolta con ripetizioni volutamente lasciate in fase redazionale proprio per facilitare la lettura di un capitolo singolo.

Nella predisposizione dell'indice abbiamo utilizzato un approccio misto, per cui abbiamo cercato di trattare, per i grandi temi, gli aspetti emergenti con molta sintetività, e di fare qualche approfondimento per i capitoli di natura tecnico-biologica. Infatti tra i lettori potenziali vanno considerati anche i ricercatori, che da varie discipline possono contribuire allo sviluppo sostenibile del “Sistema Acquacoltura”.

Ogni capitolo è arricchito da una bibliografia per facilitarne gli approfondimenti. Il tema conduttore del testo, come si evince dal titolo, è l'acquacoltura responsabile, secondo i principi del Codice di Condotta per la Pesca Responsabile (CCPR) pubblicato dalla FAO nel 1995, che nell'art. 9 considera questo settore produttivo. Nel testo è riportata una versione del CCPR tradotta e diffusa dalle Associazioni di categoria della pesca.

Alla fine di alcuni capitoli sono riportati i “Riferimenti al CCPR”. Si tratta di riflessioni e di possibili indirizzi applicativi che possono emergere dal nuovo contesto produttivo che il CCPR ci impone, in un processo che, se pur volontario, sta pienamente coinvolgendo a livello globale, come vedremo, il mondo della pesca, compresa l'acquacoltura.

Se da un lato il mondo produttivo si dibatte in difficoltà ed emergenze continue,

dall'altro i governi e la società civile chiedono al mondo della pesca e dell'acquacoltura crescenti impegni, verso l'ambiente e verso le produzioni di qualità.

Talvolta sembra che tra questi mondi ci siano barriere di comunicazione, consolidate storicamente, che comunque la società dell'informazione e della partecipazione tende a demolire, ed è grave il rischio per chi rifiuta lo sforzo di comprendere cosa sta avvenendo.

Questo succede spesso tra differenti discipline, anche se molti passi avanti sono stati compiuti in questi ultimi anni, grazie ad una crescente percezione della complessità che caratterizza il mondo ed i fatti che ci circondano, e che si sommano e si confondono con quelli di nostro diretto interesse.

In sintesi, pur nella necessità di saper fare bene il nostro mestiere, senza confusioni, siamo obbligati a sapere cosa fanno gli altri nello stesso sistema.

Non basta saper allevare, bisogna saper vendere, saper comunicare la propria capacità, espressa dalla qualità dei nostri prodotti, pensando non solo alle acque che entrano ma anche a quelle che escono dagli impianti.

Le leggi, gli aspetti economici, il rapporto con le pubbliche amministrazioni e con i privati, fornitori o clienti, sono parti di un sistema, e chi trascura una sola parte è perduto.

Poi c'è il futuro, che sembrerebbe, nella posizione dei governi, essere necessariamente orientato verso produzioni di qualità, sane e pulite, il che richiede nuovi impegni, nuove culture e nuove risorse finanziarie, e soprattutto un sistema di imprese convinte e pronte a scommettere su comportamenti responsabili perché etici e remunerativi.

Dunque questo testo è stato redatto dai Consorzi Unimar ed Uniprom per iniziare un processo verso la crescita di un'acquacoltura responsabile.

Si tratta di un lavoro "sperimentale", con il contributo di molti addetti ai lavori, per aprire il dibattito verso l'acquacoltura responsabile da varie angolature e su base conoscitiva.

La responsabilità non è solo dei produttori, dei consumatori, degli scienziati, di chi amministra o delle associazioni non governative, è un aspetto centrale che coinvolge tutti nella costruzione di un futuro comune.

Approfittando di questo spazio, vogliamo ringraziare i Consorzi Unitari Unimar e Uniprom, che rappresentano tutto il mondo delle produzioni ittiche, essendo stati promossi da tutte le Associazioni di Categoria (AGCI Pesca, API, Federcoopescas, Federpesca, Lega Pesca, UNCI Pesca), con il supporto del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali e dell'Unione Europea.

Un ringraziamento particolare va a Emilia Cataldi per il suo generoso contributo al lavoro editoriale, e a Clara Boglione, Flavia Gravina e Lorenzo Tancioni.

Infine un sentito grazie a tutti gli autori che hanno contribuito con passione a questa iniziativa, accettando con grande signorilità i nostri errori.

Stefano Cataudella

Paolo Bronzi

Indice

CAPITOLO 1

L'ACQUACOLTURA DEL TERZO MILLENNIO

1.1	IL CONTESTO DEL CODICE DI CONDOTTA PER LA PESCA RESPONSABILE (FAO '95) ED I PROBLEMI DI NUOVA GENERAZIONE	3
1.1.1	La rivoluzione dell'acquacoltura moderna	8
1.1.2	L'acquacoltura nel mondo	10
1.1.3	Origine e problemi delle produzioni ittiche mondiali	14
1.2	LE PRODUZIONI IN EUROPA	22
1.2.1	L'acquacoltura nella Comunità europea	22
1.2.2	La produzione nella Comunità europea	25
1.2.3	L'acquacoltura negli altri paesi europei	27
1.3	LA PISCICOLTURA IN ITALIA	32
1.3.1	Le produzioni	34
1.3.2	Prospettive	42
1.4	LA MOLLUSCHICOLTURA IN ITALIA	46

CAPITOLO 2

LE BASI CONOSCITIVE IN ACQUACOLTURA. I GRANDI TEMI PER L'INNOVAZIONE

2.1	CENNI DI BIOLOGIA DEI PESCI	53
2.1.1	Diversità dei pesci	53
2.1.2	Galleggiamento	53
2.1.3	Locomozione e forma del corpo	53
2.1.4	Lo scheletro	55
2.1.5	Funzioni e struttura della pelle	60
2.1.6	Comunicazione e sistemi sensoriali	60
2.1.7	Coordinamento funzionale: sistemi nervoso ed endocrino	63
2.1.8	Scambi gassosi: branchie, sangue e circolazione	65
2.1.9	Nutrizione e sistema digerente	68
2.1.10	Escrezione: branchie e rene	70
2.1.11	Regolazione idrosalina	72
2.1.12	Adattamento e stress	73

2.2	CENNI DI BIOLOGIA DEI MOLLUSCHI BIVALVI	79
2.2.1	Morfologia esterna	80
2.2.2	Alimentazione e digestione	86
2.2.3	Circolazione ed escrezione	88
2.2.4	Apparato genitale e determinazione del sesso	89
2.2.5	Ciclo vitale	90
2.3	CENNI DI BIOLOGIA DEI CROSTACEI DECAPODI	93
2.3.1	Morfologia esterna	95
2.3.2	Anatomia interna	98
2.3.3	Riproduzione e ciclo vitale	102
2.4	GENETICA IN ACQUACOLTURA	108
2.4.1	Programmi di selezione	109
2.4.2	Ibridazione e inincrocio	112
2.4.3	Manipolazione del corredo cromosomico	112
2.4.4	Caratterizzazione genetica	115
2.5	BIOTECNOLOGIA IN ACQUACOLTURA	124
2.5.1	Definizioni di biotecnologia e OGM	124
2.5.2	I pesci transgenici a rapida crescita	124
2.5.3	Opposizione all'impiego di OGM a scopo alimentare	125
2.5.4	Aspetti positivi della produzione di massa di pesci transgenici a rapida crescita	126
2.5.5	Mitigazione dei rischi ambientali dovuti ai pesci transgenici	126
2.6	ENDOCRINOLOGIA E BIOLOGIA RIPRODUTTIVA IN ACQUACOLTURA	132
2.6.1	Disfunzioni della riproduzione in pesci Teleostei di allevamento	132
2.6.2	Controllo neuroendocrino della gametogenesi nei pesci Teleostei	133
2.6.3	Terapie ormonali delle disfunzioni riproduttive nei Teleostei di allevamento	138
2.7	NUTRIZIONE IN ACQUACOLTURA	144
2.7.1	L'ingestione di alimento	144
2.7.2	Proteine e aminoacidi	146
2.7.3	Lipidi ed energia	149
2.7.4	Vitamine ed elementi minerali	151
2.7.5	Considerazioni conclusive	152
2.8	ECOLOGIA IN ACQUACOLTURA	154
2.8.1	L'acquacoltura intensiva da una prospettiva ecologica	156
2.8.2	Impatto ambientale dell'acquacoltura intensiva	159
2.8.3	Considerazioni conclusive	169

2.9	IGIENE IN ACQUACOLTURA	176
2.9.1	Analisi dei rischi sanitari da consumo di prodotti d'acquacoltura: contaminanti biologici	176
2.9.2	Analisi dei rischi sanitari da consumo di prodotti d'acquacoltura: contaminanti chimici	185
2.9.3	Sorveglianza veterinaria	192
2.9.4	Norme sanitarie	193
2.9.5	Considerazioni conclusive	194
2.10	PATOLOGIE IN ACQUACOLTURA	198
2.10.1	Il processo infiammatorio nei pesci	198
2.10.2	Il sistema immunitario dei pesci	199
2.10.3	Il benessere del pesce allevato e le condizioni che provocano stress	203
2.10.4	Il concetto di malattia	208
2.10.5	La vaccinazione nelle specie ittiche	233
2.11	NUTRIZIONE UMANA ED ACQUACOLTURA	239
2.11.1	Prodotti ittici: composizione e ruolo nella dieta dell'uomo	240
2.11.2	I prodotti di acquacoltura e l'alimentazione umana: qualità nutrizionale, organolettica e sicurezza d'uso	241
2.11.3	Considerazioni conclusive	252
2.12	ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	257
2.12.1	Costi e benefici aziendali	257
2.12.2	Marketing e rapporti tra i segmenti della filiera ittica	259
2.12.3	Analisi della domanda	260
2.12.4	Integrazione tra imprese e creazione di una rete territoriale	261
2.12.5	Programmazione del ciclo di produzione	263
2.12.6	Bilancio ambientale	264
2.13	DIRITTO IN ACQUACOLTURA	271
2.13.1	L'attività di acquacoltura - Definizioni	271
2.13.2	Acquacoltura e legislazione vincolistica	273
2.13.3	L'intervento pubblico a sostegno dell'acquacoltura	274

CAPITOLO 3

TECNOLOGIE IN ACQUACOLTURA

3.1	L'ACQUACOLTURA ESTENSIVA	283
3.1.1	Le lagune costiere	284
3.1.2	Caratteristiche generali delle lagune italiane	288

3.1.3	Lagune e "valli" del Nord Adriatico	289
3.1.4	Lagune dell'Adriatico meridionale	298
3.1.5	Lagune del Tirreno centrale	299
3.1.6	Gli stagni sardi	300
3.1.7	Verso la costruzione di linee guida per la conservazione e la gestione delle lagune costiere	304
3.2	LA PESCA DEL NOVELLAME	309
3.2.1	Tecniche di pesca	311
3.2.2	Normativa	313
3.2.3	Stato delle risorse	313
3.2.4	Il caso dell'anguilla	315
3.2.5	Considerazioni conclusive	317
3.3	L'ACQUACOLTURA INTENSIVA	319
3.3.1	Impianti intensivi a terra	321
3.3.2	Gabbie	330
3.3.3	Impianti semintensivi	341
3.3.4	Applicando il CCPR	344
3.4	I SISTEMI A RICIRCUITAZIONE IDRICA	352
3.4.1	Filtrazione meccanica	353
3.4.2	Filtro biologico	357
3.4.3	Controllo dell'azoto nitrico	365
3.4.4	Controllo del pH e della CO ₂	366
3.4.5	Disinfezione dell'acqua	368
3.5	L'OSSIGENAZIONE DELLE ACQUE	375
3.5.1	Teoria dei gas disciolti in acqua	375
3.5.2	Fabbisogno di ossigeno	380
3.5.3	L'ossigeno puro	384
3.5.4	Tecnologie per il dissolvimento dell'ossigeno in acqua	384
3.5.5	Performance degli ossigenatori	391
3.6	LA RIPRODUZIONE CONTROLLATA DELLE SPECIE ITTICHE MARINE	395
3.6.1	Origine e gestione dei riproduttori	397
3.6.2	Disfunzioni riproduttive nelle specie ittiche allevate	400
3.6.3	Induzione dell'ovulazione e della deposizione di gameti	401
3.6.4	Qualità delle uova	404
3.6.5	La riproduzione di specie ittiche minacciate a fini di ripopolamento	406
3.6.6	Le colture parallele	407

3.6.7	I differenti approcci all'allevamento larvale:	
	Piccoli e Grandi volumi	409
3.7	MOLLUSCHICOLTURA	422
3.7.1	Mitilicoltura	423
3.7.2	Ostricoltura	427
3.7.3	Venericoltura	429
3.7.4	Altri molluschi coltivabili	432
3.7.5	Depurazione del prodotto	434
3.8	CROSTACEICOLTURA	440
3.8.1	Il consumo di gamberi nella UE	441
3.8.2	La gambericoltura nel Mediterraneo	441
3.8.3	Le specie	442
3.8.4	Ciclo biologico dei gamberi Peneidi in natura	443
3.8.5	Struttura e tipologia delle gambericole	445
3.8.6	Lo schiuditoio per gamberi Peneidi	446
3.8.7	Il preingrasso	450
3.8.8	Gli impianti di ingrasso	450
3.9	LE BARRIERE ARTIFICIALI	454
3.9.1	Ecologia delle barriere artificiali	455
3.9.2	Barriere artificiali e acquacoltura	456
3.9.3	Le barriere artificiali nella gestione delle risorse acquatiche	464
3.10	RIPOPOLAMENTO E RECUPERO FAUNISTICO	468
3.10.1	Obiettivi, tipologie e requisiti del ripopolamento	469
3.10.2	Fasi del ripopolamento	470
3.10.3	Sistemi di ripopolamento e modalità procedurali	473
3.10.4	Linee guida per il ripopolamento	477
3.11	SPECIE ORNAMENTALI ED ACQUARIOFILIA	483
3.11.1	Aspetti peculiari dell'acquacoltura ornamentale	483
3.11.2	Specie marine tropicali	485
3.11.3	Specie tropicali d'acqua dolce	486
3.11.4	Un modello pilota di impianto per la produzione di specie ornamentali	490

CAPITOLO 4

LE SPECIE ALLEVATE

4.1	TROTTICOLTURA	499
4.1.1	L'acqua	499

4.1.2	La riproduzione	500
4.1.3	L'allevamento larvale	502
4.1.4	L'ingrasso	502
4.1.5	Principali patologie e loro controllo	503
4.1.6	La trotticoltura italiana	505
4.2	ANGUILLICOLTURA	508
4.2.1	Tecnologia dell'allevamento	509
4.2.2	Lo svezzamento delle ceche e dei ragani	510
4.2.3	La fase di allevamento	513
4.2.4	Problematiche dell'allevamento intensivo dell'anguilla	517
4.3	CIPRINICOLTURA	519
4.3.1	Carpa comune	519
4.3.2	Carassio dorato	523
4.4	PESCEGATTOCOLTURA	524
4.4.1	Pesce gatto comune	525
4.4.2	Pesce gatto americano	527
4.5	PERSICO - SPIGOLA	528
4.6	STORIONICOLTURA	532
4.6.1	Riproduzione e allevamento larvale	534
4.6.2	Allevamento intensivo	537
4.6.3	Tendenze della produzione e del mercato	538
4.6.4	Ricerca	539
4.6.5	Prospettive della storionicoltura	540
4.6.6	Recupero faunistico dello storione cobice	541
4.7	LE SPECIE EURIALINE	547
4.7.1	Spigola o Branzino	551
4.7.2	Orata	556
4.7.3	Cefali	559
4.7.4	Sarago	564
4.7.5	Ricciola	567
4.7.6	Ombrina	570
4.8	VEGETALI ACQUATICI	580
4.8.1	Utilità delle alghe	582
4.8.2	Utilizzazione delle alghe	583
4.8.3	Sfruttamento delle praterie vegetali	584

CAPITOLO 5

I PRODOTTI DELL'ACQUACOLTURA

5.1	LA CONSERVAZIONE DEL PRODOTTO	591
5.1.1	Proprietà del ghiaccio	592
5.1.2	Conservazione del prodotto sotto atmosfera protettiva	594
5.2	LA TRASFORMAZIONE DEL PRODOTTO	598
5.2.1	Il surimi	600

CAPITOLO 6

LE GARANZIE PER IL CONSUMATORE

6.1	LA CERTIFICAZIONE DEL PROCESSO E DEL PRODOTTO	607
6.1.1	La normazione	607
6.1.2	La certificazione	608
6.1.3	Gli attori del processo di certificazione e di normazione	608
6.1.4	La certificazione di prodotto e la certificazione di sistema	610
6.1.5	Le nuove frontiere della certificazione	619
6.1.6	L'acquacoltura e l'attività di certificazione	620
6.1.7	Il pesce biologico	623

Codice di Condotta per la Pesca Responsabile	631

Glossario	657

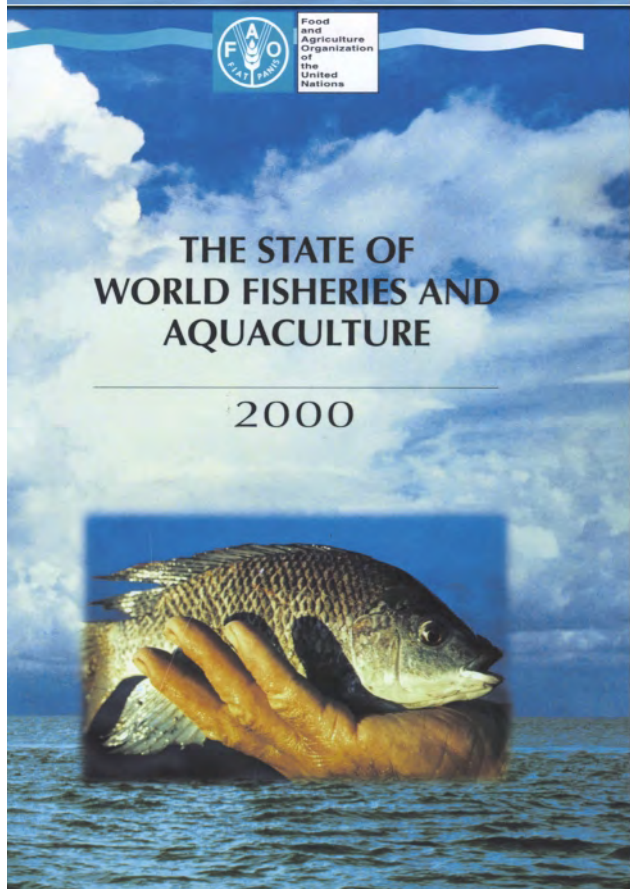
Profilo degli autori	673



CODE OF CONDUCT

FOR

RESPONSIBLE FISHERIES



L'ACQUACOLTURA DEL TERZO MILLENNIO



1.1 IL CONTESTO DEL CODICE DI CONDOTTA PER LA PESCA RESPONSABILE (FAO '95) ED I PROBLEMI DI NUOVA GENERAZIONE

S. Cataudella

Nel 1995 la FAO* ha pubblicato il Codice di Condotta per la Pesca Responsabile che include anche i principi per lo sviluppo di un'acquacoltura sostenibile. Il Codice è stato approvato nell'ottobre del 1995 per consenso da tutti i Paesi che partecipavano al Comitato della Pesca della FAO, che, nella sostanza, è il momento di incontro e di dibattito, in materia di pesca ed acquacoltura, degli Stati che afferiscono alle Nazioni Unite. Il Codice è una prima risposta globale ai problemi della pesca. Ricerca scientifica, partecipazione delle parti coinvolte, sforzi degli Stati per la diffusione volontaria del codice sembrano gli ingredienti giusti per avviare una nuova politica delle produzioni acquatiche. Si potrebbe obiettare che si tratta di uno dei tanti libri dei sogni, in realtà è solo l'inizio di un processo. Il mondo dei pescatori e degli allevatori ne ha fatto tesoro, ne ha curato la traduzione, ne ha curato la distribuzione, ha dato avvio a dei propri codici di condotta. Spesso si dibatte anche sull'opportunità di fare del Codice uno strumento per essere competitivi nel mercato, dato che, ad esempio, ambiente e difesa dei consumatori sono alla base delle politiche di qualità.

Una traduzione integrale del CCPR (Codice di Condotta per la Pesca Responsabile) è stata allegata al testo per facilitarne la consultazione.

Le tappe che hanno portato all'elaborazione del CCPR sono riportate nell'annesso 1 del Codice stesso. È importante rilevare che nella 19ª Sessione del Comitato FAO della Pesca, nel marzo 1991, fu raccomandato alla FAO, di elaborare il concetto di pesca responsabile, che poi ha incluso anche l'acquacoltura, e di elaborare anche un codice.

Siamo nell'anno che ha preceduto la Conferenza di Rio de Janeiro del giugno 1992, in cui, dopo venti anni dalla conferenza di Stoccolma (1972) sull'ambiente, fu sancita la necessità di saldare sviluppo ed ambiente.

Quella di Rio fu la conferenza in cui furono definiti i principi sullo Sviluppo Sostenibile, nell'ambito della Dichiarazione di Principi, e la Convenzione sulla Biodiversità nell'ambito delle Convenzioni, in cui gli Stati contraenti si impegnavano sul piano giuridico.

Nella stessa Conferenza fu definita l'Agenda 21, che è un vasto programma d'azione per tutta la comunità internazionale, senza obblighi giuridici.

* La FAO è l'agenzia esecutiva delle Nazioni Unite che si occupa di alimentazione e agricoltura. Il suo Quartier generale è in Italia, a Roma.





Ben 183 Stati hanno dato il loro consenso al testo che ha assunto una natura programmatica ed operativa. L'Agenda 21 contiene aree di programma che hanno consentito di avviare considerazioni di nuova generazione in cui il principio dell'integrazione tra ambiente e sviluppo è stato posto alla base del cosiddetto Sviluppo Sostenibile.

L'obiettivo principale è conservare le risorse naturali, garantendone il trasferimento alle future generazioni, avviando modelli di sviluppo capaci di produrre non intaccando, ad esempio, la rinnovabilità delle risorse biologiche, non più intese come beni isolati, ma come viventi parti di un ecosistema.

Questo è il contesto in cui è nato il CCPR. Sarebbe meglio dire: "il contesto in cui l'elaborazione del CCPR ha trovato una accelerazione". Infatti nel mondo della pesca, nelle scienze della pesca e nelle politiche gestionali della pesca esistevano una serie di bisogni, soprattutto da parte dei Governi, per identificare le regole per lo sfruttamento di una risorsa naturale, al fine di evitare gli effetti delle crisi di abbondanza, dipendenti da fluttuazioni naturali o da effetti di una pesca eccessiva.

Certo il processo di Rio è ormai lontano. Ha trattato temi in forte evoluzione, con le condizioni tipiche di quando inizia un processo nuovo che comunque propone una nuova visione della modalità di rapportare le attività economiche all'uso delle risorse naturali.

Anche il CCPR ha segnato l'inizio di un processo, che si sta svolgendo a livello globale con modalità e dinamiche diversificate nelle differenti realtà geografiche.

La FAO ha avviato programmi sul CCPR, e gli Stati relazionano alla FAO sullo

stato di diffusione ed applicazione del CCPR. In Bibliografia sono citati una serie di documenti tecnici: si tratta delle Linee Guida, utili a collocare il codice in una serie di contesti applicativi, ad esempio quello delle operazioni di pesca, dell'utilizzo dei prodotti della pesca, della gestione delle risorse, della gestione della fascia costiera, ed anche dell'acquacoltura.

La lettura delle Linee Guida è uno strumento utile per trasferire i contenuti del CCPR da un livello di principi molto generali a contesti,





se pur generali, più circoscritti. Qualcuno potrebbe obiettare che trattando di acquacoltura, può essere dispersivo allargare il campo alle immense problematiche che affliggono la pesca. In realtà l'acquacoltura ha strette relazioni con la pesca, ed ha conquistato la sua posizione nel CCPR nel momento in cui ha dimostrato le sue potenzialità ed i tassi di crescita del tutto dimenticati dalle produzioni alimentari moderne, assumendo anche un ruolo parzialmente vicariante nelle politiche di contenimento dello sforzo di pesca. Pesca ed acquacoltura, nella loro diversità e nel pieno rispetto delle specificità tecniche ed economiche, vanno trattate nello stesso contenitore, soprattutto per la serie di interazioni che le caratterizzano.

Dei 12 articoli del CCPR, apparentemente soltanto il 9° è dedicato allo sviluppo dell'acquacoltura. In realtà tutto il codice è ricco di raccomandazioni necessarie per lo sviluppo di un'acquacoltura responsabile, in quanto questo settore non può essere isolato dal sistema delle produzioni acquatiche più in generale, e soprattutto non può essere considerato ai margini di strategie finalizzate alla difesa ed al recupero degli ambienti acquatici.

Ma come misurare successi ed insuccessi dell'acquacoltura? Come misurarli rispetto ai principi che il CCPR definisce? L'Agenda 21 manifesta l'esigenza di identificare gli Indicatori. Questi dovrebbero aiutare nella valutazione degli effetti che una o più attività collegate possono avere sulle risorse naturali, compromettendo, nel caso di impatti negativi irreversibili, opportunità per futuri sviluppi.

Nell'ambito delle Linee Guida Tecniche pubblicate dalla FAO a supporto della diffusione e dell'applicazione dei principi del CCPR, nel 1999 è stato pubblicato un documento finalizzato a definire alcuni Indicatori per lo Sviluppo Sostenibile della pesca.

Anche in questo caso ci troviamo di fronte ad approcci e linguaggi di nuova generazione, in cui i differenti attori debbono necessariamente considerare la loro attività, o le loro competenze disciplinari, come parte di un sistema. Si tratta di sistemi complessi che possono essere osservati da più punti di vista, talvolta con conseguenti giudizi discordanti che richiedono un approccio "di sistema".





Ciò significa che le dimensioni economiche, sociali, ecologiche e di *governance*, debbono essere valutate non solo grazie a criteri specifici, ma anche considerando la serie di relazioni che sono alla base del sistema stesso.

In sintesi, lo scopo degli indicatori è quello di fornirci la possibilità di migliorare la comunicazione, la trasparenza, la validità e l'affidabilità nella gestione delle risorse naturali.

Gli Indicatori non debbono portare a costruire strumenti di valutazione rigidi ed applicabili in tutte le situazioni. Bisogna definire gli obiettivi di qualità che si vogliono perseguire e scegliere, secondo le varie dimensioni, gli indicatori più appropriati per misurare i risultati ottenuti e per valutare le tendenze per il futuro.

Per una laguna costiera, ad esempio, sono da considerare lo stato delle comunità animali e vegetali, la qualità delle acque, le serie statistiche di pesca con le composizioni in specie, il reddito e l'età media dei pescatori, il numero di sanzioni per attività di pesca illegale, i livelli di conflittualità tra pescatori ed altri utenti, il livello di conservazione del paesaggio e la qualità dell'aria, gli investimenti pubblici e privati per conservare foci e canali; questi possono essere una prima serie di descrittori utili per costruire un sistema di indicatori per giudicare se l'uso di tale ecosistema è compatibile con una sua futura capacità di conservare un accettabile grado di naturalità.

FAO, Pubbliche Amministrazioni, Organizzazioni non Governative, Associazioni di Produttori e di Consumatori stanno lavorando alla costruzione di indicatori che possano consentire valutazioni qualitative e quantitative di varia natura su regole comuni. Studiosi di varie discipline stanno lavorando alla messa a punto di metodi per il trattamento ed il giudizio di affidabilità su sistemi di indicatori. La partita è aperta, si tratta sicuramente di un contesto promettente, che potrebbe aiutare a ridurre l'effetto negativo di giudizi dati su base emotiva e preconcetta, che spesso possono generare danni alle stesse risorse naturali che, in principio, si vorrebbero conservare. Lo sviluppo di indicatori, adatti al sistema che si esamina, affidabili, sensibili, che si prestano ad un trattamento appropriato, ecc. potrebbe anche ridurre l'impatto negativo delle applicazioni del cosiddetto Metodo Precauzionale. Questo dibattuto principio, la cui efficacia è rilevante se applicato con "buon senso", è il numero 15 della Dichiarazione di Rio sull'ambiente e sullo sviluppo:

"Al fine di proteggere l'ambiente, gli Stati applicheranno largamente, secondo le loro capacità, il metodo precauzionale. In caso di rischio di danno grave o irreversibile, l'assenza di certezza scientifica assoluta non deve servire da pretesto per rinviare l'adozione di misure

adeguate ed effettive, anche in rapporto ai costi, dirette a prevenire il degrado ambientale”.

Anche in assenza di evidenze scientifiche, l'uso integrato di più indicatori, può aiutare a prendere decisioni corrette. Esistono negli archivi molte conoscenze, molti dati non usati, non analizzati con metodi corretti, e anche da questi è possibile costruire sistemi di indicatori. Una serie storica di dati di mercato ci aiuta a comprendere l'evoluzione di un sistema produttivo: le quantità di mangime utilizzato in un bacino idrografico ci aiuta a comprendere produzioni e presunti impatti ambientali per qualità delle acque reflue.



Produzioni semi-intensive nelle Filippine.
Foto di S. Cataudella.

Bisogna entrare dunque in una nuova visione, quella che abbiamo chiamato il “Contesto del CCPR”.

Il contesto del CCPR non riguarda soltanto gli Stati primi destinatari delle raccomandazioni, ma tutti quelli, a qualsiasi titolo, coinvolti.

Ci troviamo in una nuova realtà in cui, oltre a produrre, bisogna considerare una serie di fattori esterni: l'ambiente, la sicurezza alimentare, la qualità, i consumatori, per citare i più rilevanti.

Ci troviamo di fronte a nuovi e crescenti limiti per le imprese, a nuove esigenze di regolazione per la pubblica amministrazione, ed è imperativo trasformare tutto ciò in nuove opportunità.



1.1.1 La rivoluzione dell'acquacoltura moderna

L'acquacoltura, termine che comprende l'allevamento di organismi acquatici vegetali ed animali, in ambienti di acque dolci, salmastre e marine, è sicuramente un'attività che affonda le sue radici in tempi molto antichi. Le testimonianze dell'antica Cina, dell'antico Egitto e quelle Fenice e Romane, geograficamente più vicine a noi, ci ricordano il continuo tentativo dell'uomo di intervenire anche sul ciclo vitale degli organismi acquatici per poterne controllare la disponibilità e la proprietà (Fig. 1-2-3).

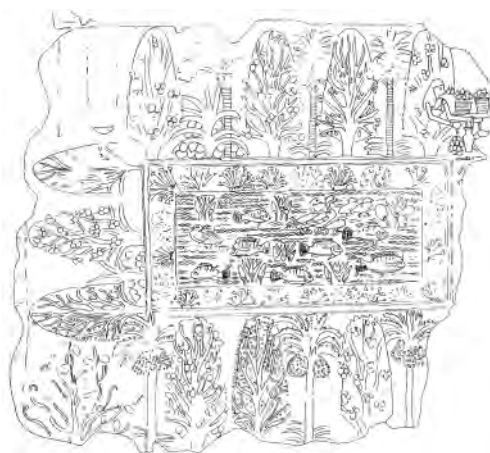


Fig. 1 - Affresco di Tebe (XVIII Dinastia, 1700 a.C.) raffigurante i giardini dei complessi palaziali con vasca di acclimatazione, per le esigenze della corte e della classe sacerdotale. In Egitto, nella sfera religiosa, il consumo del pesce era riservato esclusivamente ai detentori del potere sacerdotale, e tale forma di privilegio ha giustificato nel corso dei secoli il collegamento tra specie ittiche ed élites. (da: *L'itticoltura nell'Antichità*, di Giacopini, Marchesini e Rustico, Collaborazione tecnico-editoriale dell'Enel, IGER, 1994).

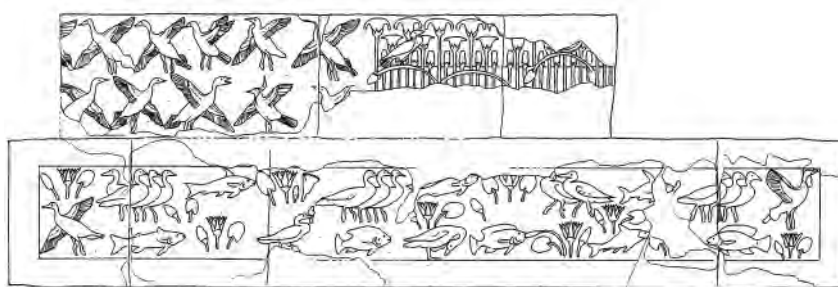


Fig. 2 - Bassorilievo rinvenuto a Tebe d'Egitto nella camera del tempio sotterraneo della regina Hatshepsu (1700 a.C.) raffigurante il quartiere dedicato ai pesci e agli uccelli di un giardino di acclimatazione. Costituisce il più antico documento iconografico che attesti il collegamento tra vivai e cerimoniale religioso (da: *L'itticoltura nell'Antichità*, di Giacopini, Marchesini e Rustico, Collaborazione tecnico-editoriale dell'Enel, IGER, 1994).

Il monaco tedesco Jacobi, che nella seconda metà del Settecento praticò la prima riproduzione artificiale delle trote fario, preso dall'interesse naturalistico per lo studio sulla fecondazione, unendo uova e spermi di trota, aveva aperto la strada all'innovazione. Nella metà dell'ottocento iniziarono alcune applicazioni in Francia per riprodurre le trote. Oggi le produzioni di trote, di



salmoni, di carpe di varie specie, di spigole ed orate, di gamberoni e di molte specie di molluschi bivalvi, dipendono dagli allevamenti. L'acquacoltura ha una grande missione, quella di produrre per soddisfare la crescente domanda di prodotti che la pesca oceanica non può coprire.

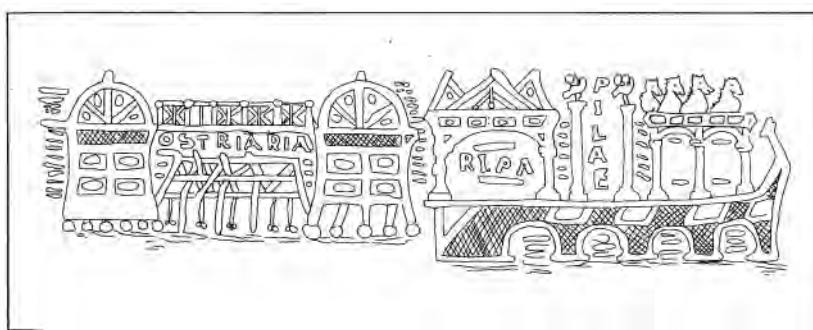


Fig. 3 - Rappresentazione di un parco di allevamento dei molluschi (ostriaria) nella fiaschetta vitrea di Populonia. Una serie di pali infissi nel fondale, leggermente affioranti sul pelo dell'acqua, permetteva di ancorare una complessa griglia di elementi lignei e cordame, a cui venivano sospesi pergolati e cestelli. Sugli ostriaria si affacciano balaustre e portici colonnati che risultano fiancheggiati sui due lati da impianti speculari, caratterizzati da ripartizioni geometriche. (da: *L'itticoltura nell'Antichità*, di Giacomini, Marchesini e Rustico, Collaborazione tecnico-editoriale dell'Enel, IGER, 1994).

Le aspettative sono molte, ma sono nati anche molti nemici dell'acquacoltura, specialmente dove questa attività è stata svolta in maniera poco responsabile verso l'ambiente.

Quali sono i punti di forza dell'acquacoltura? Quali quelli di debolezza?

È difficile pensare ad un futuro senza allevamenti. Basta visitare i nostri mercati. Spigole, orate, salmoni, mitili, gamberoni, vongole, coprono i banchi di ghiaccio dei mercati regionali e della grande distribuzione. Sono prodotti dai prezzi accessibili, sempre disponibili. La ricerca scientifica e tecnologica sta lavorando alacremente per ampliare la gamma delle specie allevabili, per migliorare la qualità dei prodotti, per ridurre l'impatto ambientale che le attività produttive possono generare.

Non è possibile dare un giudizio generale sull'acquacoltura. La qualità dei prodotti dipende dalle modalità di allevamento, dalle tecnologie impiegate, dalla qualità delle acque in cui si alleva. Potendo dunque agire su molti fattori, è anche evidente che l'acquacoltura può offrire opportunità per "costruire" con le buone tecnologie, il meglio per l'economia, per la salute umana e per l'ambiente. Proprio per questo importante obiettivo, i sistemi di certificazione e di etichettatura dovranno avere grande attenzione. Nel caso italiano, questo obiettivo difenderebbe le nostre produzioni giudicate di buona qualità, proprio per la nostra diffusa cultura di un agro-alimentare d'eccellenza. Nell'ultimo Comitato della pesca, tenuto a Roma presso la FAO, gli Stati



hanno approvato la costituzione di un Sottocomitato Acquacoltura, a riconoscimento del ruolo di questa attività che dovrà accompagnarci verso il futuro, e che quindi richiede anche regole internazionali, o almeno principi condivisi.



Particolare della vasca rettangolare, probabilmente destinata alla fase di raccolta, lavaggio e temporanea stabulazione dei molluschi, della Peschiera di Pian di Spille (Tarquinia, provincia di Viterbo) del I sec. a.C.
(da: *L'itticoltura nell'Antichità*, di Giacopini, Marchesini e Rustico, Collaborazione tecnico-editoriale dell'Enel, IGER, 1994).

1.1.2 L'acquacoltura nel mondo

Visitando il sito <http://www.fao.org> è possibile consultare documenti e statistiche aggiornate sull'acquacoltura nel mondo. La disponibilità di statistiche aggiornate in rete rende oggi meno efficace l'uso della carta stampata quando si trattano argomenti siffatti.

In questo paragrafo, sempre da fonti FAO, sono considerati alcuni aspetti quantitativi, e soprattutto vengono fatte alcune considerazioni di ordine generale.

L'acquacoltura continua ad essere l'attività produttiva a più rapida crescita mondiale nell'ambito delle produzioni alimentari, con una crescita media dell'11% per anno dal 1984. Per avere un riferimento, basti pensare che nello stesso periodo la crescita della pesca è stata dello 0,8%.

Circa il 90% delle produzioni nel 1998 sono riferibili alle aree meno ricche del globo, che anzi hanno mostrato per queste produzioni una tendenza alla crescita. Da un punto di vista regionale, l'acquacoltura asiatica produce oltre il 90% (90,8%) della produzione mondiale, e la sola produzione Cinese rappresenta il 68,6% della produzione globale, con 27 milioni di tonnellate dichiarate (Fig. 4-5).



La preparazione di sbarramenti in canne per limitare spazi acquei è il primo atto tra pesca e acquacoltura.
Foto di S. Cataudella.



Suddivisione di aree di pesca - allevamento estensivo di tilapie in Benin.
Foto di S. Cataudella.

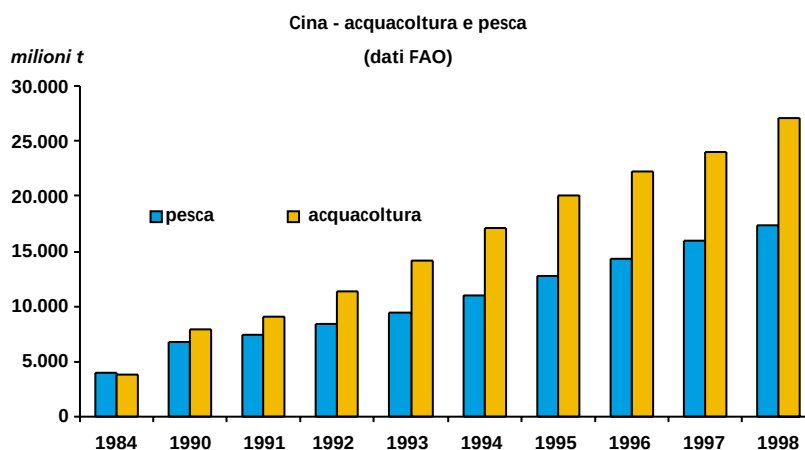


Fig. 4 - L'Acquacoltura cinese ha ampiamente superato la pesca dalla fine degli anni ottanta.

Le produzioni da acquacoltura sono sostanzialmente concentrate in dieci Paesi asiatici che rappresentano l'89,1% della produzione globale (Tab. I).

Tab. I - Produzione totale da acquacoltura nei paesi massimi produttori nel 1998 (dati FAO FishStat Plus 2000).

Paese	Produzione ⁽¹⁾ tonn.	Produzione ⁽²⁾ % totale mondiale	Crescita APGR ⁽³⁾ 84-98, % anno-1	Crescita ⁽⁴⁾ 97-98, %	Valore totale x 1.000 \$ US	Valore unitario \$ US/kg
Cina	27.071.942	68,6	+16,2	+12,7	25.499.016	0,94
India	2.029.619	73,8	+11,2	+9	2.222.789	1,09
Giappone	1.290.486	77,1	+0,5	-3,7	4.126.039	3,20
Filippine	954.512	79,5	+5,5	-0,3	639.080	0,67
Indonesia	814.090	81,6	+7,2	+4,7	2.149.508	2,64
Corea, RO	796.632	83,6	+1,2	-23,4	766.268	0,96
Bangladesh	583.877	85,1	+12,7	+13,9	1.493.670	2,56
Tailandia	569.577	86,5	+13	+3,1	1.806.795	3,17
Vietnam	537.870	87,9	+12,3	+5,7	1.356.724	2,52
Corea, DPR	481.500	89,1	-2,9	-1,6	302.950	0,63
Totale mondiale	39.430.834	100,0	-11,0	-9,4	52.458.185	1,33

⁽¹⁾Produzione totale da acquacoltura (comprende Pesci, Crostacei, Molluschi, miscellanea di animali e prodotti acquatici, piante acquatiche).

⁽²⁾Totale cumulativo come % della produzione totale mondiale da acquacoltura.

⁽³⁾Tasso percentuale di crescita annuale (Annual Percent Growth Rate) della produzione in peso tra il 1984 ed il 1998.

⁽⁴⁾Cambiamento percentuale della produzione tra il 1997 ed il 1998.

L'Europa, con quasi due milioni di tonnellate per anno, rappresenta circa il 5% della produzione mondiale. Considerando i vari continenti, l'acquacoltura ha contribuito per il 45,3% alle produzioni ittiche in Asia, per il 10,9% in Oceania, per il 10,2% in Europa, per l'8% in Nord America, per il 5,7% in Sud America e per il 3,2% in Africa.



Recinti per l'allevamento di Ciprinidi asiatici in Cina.
Foto di S. Cataudella.

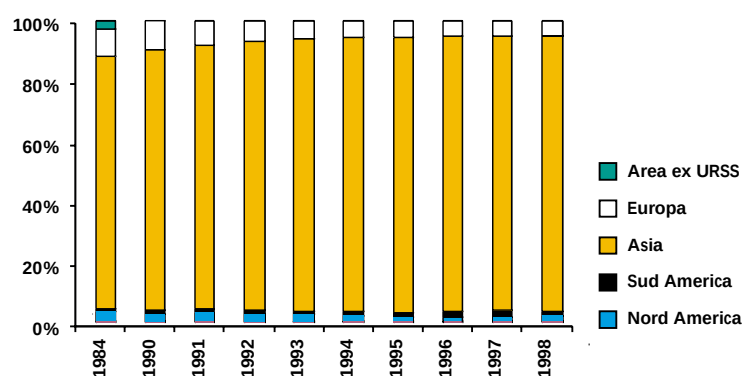


Fig. 5 - Produzione da acquacoltura per continente, 1998 (dati FAO).

Questi dati si prestano a molteplici considerazioni, la prima delle quali riguarda l'insostituibile ruolo di questa attività nella crescita produttiva di alimenti di origine animale di elevata qualità. È soprattutto l'acquacoltura che "sfrutta" i bassi livelli della rete trofica, (fitoplancton, comunità vegetali, catene del detrito) che, con i suoi elevati rendimenti energetici, potrà garantire inattese crescite produttive (Fig. 6-7).

Un'altra considerazione, da non dissociare dal contesto socio-economico e dalle dinamiche meteo-climatiche, riguarda il fallimento dell'acquacoltura per alleviare i problemi della fame in Africa.

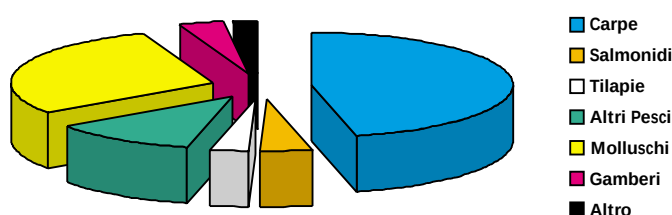


Fig. 6 - Contributo dei differenti Gruppi di Specie alla Produzione Totale Mondiale di Acquacoltura di Pesci e Molluschi nel 1998 (milioni t) - (dati FAO).

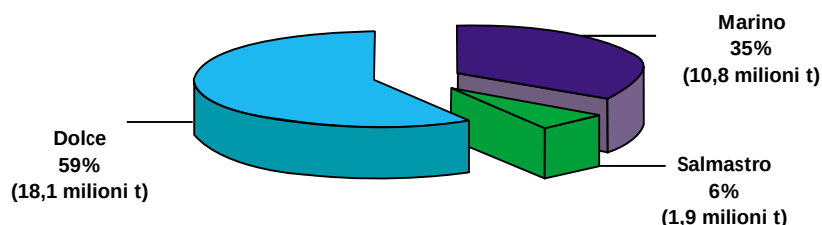


Fig. 7 - Produzione da acquacoltura nel 1998 per ambiente.

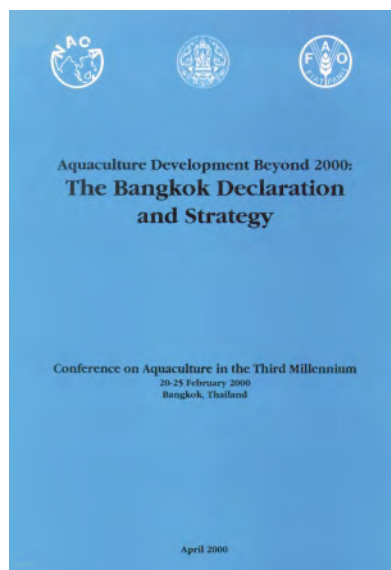
Certamente il fallimento delle politiche di cooperazione ha giocato il suo ruolo negativo, soprattutto per il tentativo di imporre modelli inappropriati. Per quanto riguarda le tendenze dell'acquacoltura mondiale, dal 20 al 25 febbraio del 2000 si è svolta a Bangkok, in Thailandia, la conferenza sulla "Aquacoltura del terzo millennio" da cui è scaturita una dichiarazione. Questa risente in parte del contesto del CCPR, ed identifica come elementi chiave per lo sviluppo, secondo il seguente ordine: la formazione, la ricerca, la circolazione delle informazioni, la sicurezza alimentare e la riduzione della povertà, il miglioramento



Allevamento di tilapie in gabbie. Filippine.
Foto di S. Cataudella.



della sostenibilità ambientale, gli investimenti in acquacoltura, il rinforzo istituzionale, l'innovazione tecnologica, la gestione dei sistemi estensivi, la salute animale, la nutrizione in acquacoltura, le applicazioni genetiche, le applicazioni biotecnologiche, il miglioramento della qualità e della salubrità, la promozione del mercato, e la cooperazione.



1.1.3 Origine e problemi delle produzioni ittiche mondiali

La FAO, in occasione del recente Comitato della Pesca, che si è tenuto a Roma (26/II-2/III 2001), ha presentato "lo Stato della pesca e dell'acquacoltura nel mondo" da cui sono stati tratti alcuni dati qui riportati e brevemente commentati.

I prodotti ittici hanno una doppia origine, da pesca e da acquacoltura. Queste due attività sono molto differenti, essendo la prima basata sulla cattura di organismi selvatici, la seconda sull'allevamento di pesci, crostacei, molluschi ed alghe. Ma ambedue presentano una serie di caratteristiche che spesso obbligano ad una trattazione nella stessa cornice di riferimento. Le interazioni tra pesca ed acquacoltura sono molteplici: i prodotti pescati ed allevati finiscono sugli stessi mercati, molte delle specie allevate sono anche pescate, e in molti casi pesca ed acquacoltura, soprattutto nelle lagune e nei laghi, si integrano tanto da rendere incerti i confini tra una attività e l'altra. Nel 1998 la pesca mondiale (Fig. 8) ha fornito 125 milioni di tonnellate di cui oltre 30 da acquacoltura.

Se si analizzano le produzioni degli ultimi sei anni si osserva una sostanziale stabilità nelle produzioni da pesca, rimaste a livello globale intorno ai novanta

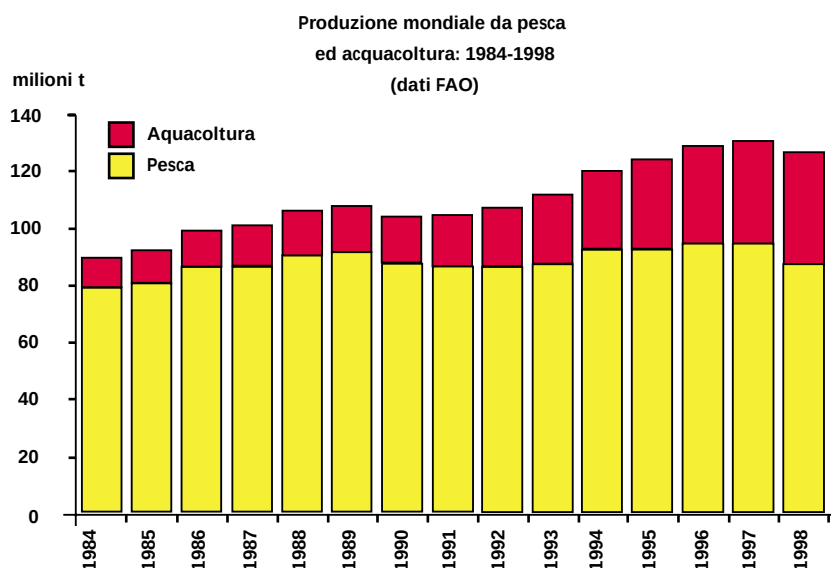


Fig. 8 - La pesca mondiale mostra stabilità nella produzione a fronte della crescita dell'acquacoltura.

milioni di tonnellate dal 1994 al 1998, ed una sorprendente crescita dell'acquacoltura che, nello stesso periodo, ha segnato un incremento di oltre 10 milioni di tonnellate. È evidente come la pesca abbia raggiunto i limiti della crescita. In sintesi, pur aumentando la capacità di pesca, le produzioni non crescono proporzionalmente; tutte le raccomandazioni internazionali tendono a proporre una riduzione delle flotte, se si vorrà realmente contenere il declino delle risorse, in gran parte in sofferenza.

Delle citate produzioni, oltre 90 milioni di tonnellate sono state consumate direttamente, mentre almeno 30 sono state trasformate in farina ed olio di pesce. Non bisogna mai dimenticare che le farine di pesce sono alla base di tante attività zootecniche. Ad esempio, in allevamento, pesci che si nutrono in natura di prede animali, come spigole ed orate, trote e salmoni, hanno ancora bisogno di farine di pesce per una corretta formulazione delle loro diete artificiali. Questo è un altro importante punto di collegamento tra pesca ed acquacoltura. Senza una pesca sana ed abbondante è difficile pensare ad una crescita illimitata dell'allevamento di pesci e crostacei che in natura predano animali delle comunità marine.



La conservazione e la valorizzazione dei prodotti ittici è essenziale nelle politiche di sviluppo nella pesca.
Foto di S. Cataudella.



Con una popolazione mondiale di 6 miliardi di abitanti, il consumo pro-capite annuale si è collocato poco sopra i 15 kg. In realtà questi dati globali ci danno indicazioni che vanno prese solo per analisi molto generali.

Da un esame più particolare dei consumi ittici, sempre da statistiche FAO, si evince come la ripartizione dei consumi sia a sfavore delle aree più povere del globo. Riferendoci a statistiche del 1997, si osserva come in Nigeria i consumi non hanno superato i 6 kg per anno pro-capite, in Brasile i 7 kg, contro i 66,4 kg consumati dai giapponesi. È interessante osservare come nei Paesi più popolati del mondo, Cina ed India, i consumi pro-capite, per anno, siano di quasi 26 kg nel primo caso e di soli 5 kg nel secondo. In Cina lo sviluppo di un'acquacoltura tradizionale e moderna, prima al mondo per capacità produttiva, ha portato ad aumentare la disponibilità di prodotti ittici anche nelle aree interne, con benefici effetti sulla qualità dell'alimentazione, il che non è poco nel paese più popolato del mondo.



L'allevamento dei Ciprinidi per la loro capacità di sfruttare i substrati naturali è tra i più strategici nelle politiche alimentari asiatiche. Foto di F. Massa.

Anche per quanto riguarda la pesca oceanica, la Cina è il primo produttore mondiale, ma la crescita della capacità di cattura delle flotte, pone oggi una serie di interrogativi cui non è facile dare risposta.

Tutti i biologi e gli economisti della pesca sono d'accordo che sia necessario pescare meglio, e non pescare di più, valorizzando le produzioni e riducendo gli scarti. Se si vuole che la pesca duri nel tempo è assolutamente necessario pescare senza superare i limiti che le leggi naturali impongono. E non bisogna essere troppo fiduciosi della capacità umana di saper manipolare gli ecosistemi. Negli ecosistemi oceanici la complessità è tale che non è facile alterare gli equilibri. Bisogna spendere molta energia per farlo, ma quando



ciò avviene, è molto difficile ritrovare le condizioni di partenza. Spesso non basta sospendere l'attività di pesca per ricostruire le comunità ittiche, pertanto è meglio non raschiare il fondo del barile. Si pensi poi che alla pesca conosciuta, statisticamente rilevata, vanno aggiunte le pesche statisticamente non riportate o addirittura illegali, senza trascurare poi gli effetti disastrosi di alcune forme di inquinamento sulle risorse biologiche. Certo il problema non è nuovo. Inquinamento a parte, già alla fine dell'ottocento, alcuni governi si preoccupavano delle variazioni di abbondanza di alcuni stock ittici, per i riflessi economici e sociali che potevano avere. Già nel 1905 era stata fondata l'ICES (Commissione Internazionale per l'Esplorazione del Mare), nata dalla cooperazione internazionale di alcuni Stati atlantici.

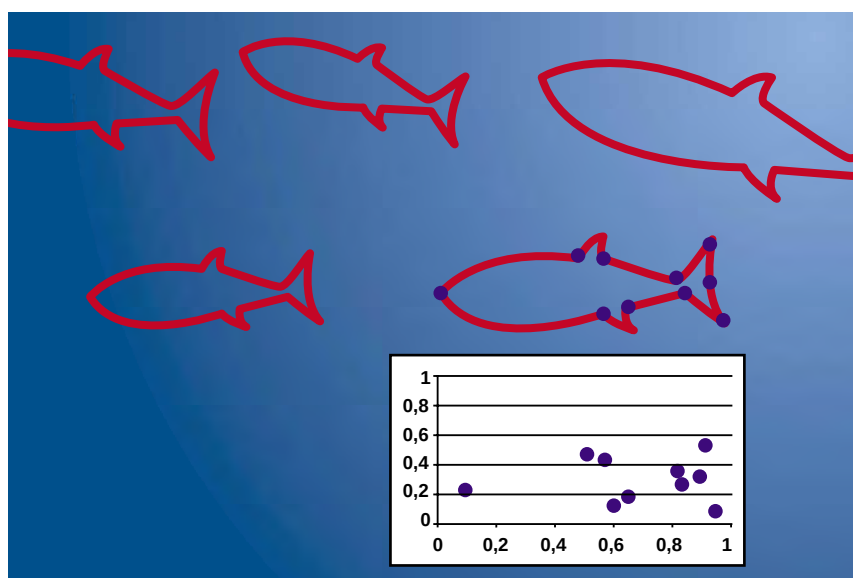
L'esplorazione e lo studio degli oceani e delle risorse biologiche che li popolano è stata, e resta, una delle più affascinanti avventure dell'uomo sulla terra. Esemplificando al massimo, le scienze della pesca, finalizzate a comprendere i meccanismi alla base della capacità di rinnovarsi delle risorse biologiche dei mari, hanno dato un contributo fondamentale alla comprensione di alcune relazioni tra risorse biologiche ed attività umane di prelievo. Qualcuno potrebbe obiettare sul perché, a fronte di tanta scienza, le risorse del mare sono per lo più ad un elevato grado di sfruttamento, cioè nelle condizioni tipiche di quando si è pescato più del dovuto. La risposta più ovvia è che non sappiamo cosa sarebbe avvenuto delle risorse in un sistema senza regole, ed è comunque facile prevedere che lo stato delle risorse sarebbe stato più preoccupante. Qualcun altro potrebbe sostenere che la dimensione degli oceani è tale da avere difeso gli ecosistemi marini dall'aggressione definitiva, e forse, anche in questo, c'è del vero. È incoraggiante comunque ricordare come l'ottimismo di chi riteneva inesauribili le risorse pescabili dei mari, fu avversato proprio da ricercatori che, dallo studio delle popolazioni pescate, traevano evidenze scientifiche sugli effetti della cattura, ad esempio sulle taglie che tendevano a diminuire per una mortalità precoce da pesca. Furono proprio le domande suscitate dal mondo della pesca a stimolare eminenti studiosi, biologi, matematici, economisti ed altri ad avviare studi utili a comprendere la limitatezza delle risorse e le conseguenze che un accesso illimitato alle stesse avrebbe creato, sia sull'ecosistema che sul contesto sociale ed economico interessato.

Trattare nello stesso contesto problemi ambientali e problemi economici, considerando che una conseguenza logica delle attività umane è il consumo delle risorse, e cercare di produrre ricchezza con razionalità e rispetto di queste, è la sfida vera che le scienze della pesca hanno affrontato, ancor prima che nella società crescesse una percezione chiara delle problematiche



ambientali. Dalle lezioni teoriche relative alla pesca ci sono molte cose da imparare in materia di sostenibilità, e bisognerà farne tesoro, certamente imparando anche dagli errori. Ad esempio il ruolo dei pescatori e la loro partecipazione è stata spesso sottovalutata. Alcuni movimenti ambientalistici hanno da principio sottovalutato l'importanza culturale ed ambientale delle imprese della pesca. Oggi c'è una inversione di tendenza, e nei Paesi in cui si è investito in pesca e in crescita dei pescatori, i risultati ci sono, con migliori opportunità per l'ambiente e per l'economia.

L'impegno degli Stati che afferiscono alle Nazioni Unite, le indicazioni delle varie Commissioni Internazionali che si occupano di pesca nei differenti mari e, soprattutto, come già sottolineato, l'impegno dei pescatori, debbono consentire di avviare nuovi modelli di gestione delle risorse biologiche che tengano conto delle realtà sociali e dei mercati.



Analisi di immagine per lo studio della forma in *Thunnus thynnus* attraverso l'applicazione delle tecniche di morfometria geometrica.

Il trasferimento di tonni rossi dalle reti a circuizione alle gabbie di allevamento richiede metodi di analisi di immagini per il conteggio dei soggetti e per le stime di biomassa.

(Programma di ricerca MIPAF 41/82, S. Cataudella, C. Costa, A. Loy).

Un ultimo tema, forse tra i più rilevanti da mettere sul tavolo: la pesca si riferisce a risorse per lo più condivise. I mari non hanno confini visibili su cui è possibile costruire muraglie cinesi. Nel nostro caso, il Mediterraneo è diventato così ristretto da imporci un continuo confronto con i nostri vicini. Dunque si tratta di definire insieme agli altri Paesi quali regole applicare per salvare appunto "ecologie ed economie".

Di chi sono i tonni? Sarebbe facile dire di chi li prende! Non è così, sono di tutti perché migrano nei mari di tutti. Dunque oggi l'ICCAT (Commissione

internazionale per la conservazione del tonno atlantico) stabilisce le quantità di tonni rossi che possono essere pescati in ogni paese, assegnando delle quote alle amministrazioni, che le ripartiscono tra le unità di pesca dotate di licenza idonea a quel tipo di cattura. Si potrà dire che non tutti rispettano le quote, che i controlli sono difficili, che le regole non sono ben fatte o che il sistema delle quote è in crisi. Resta comunque la validità di nuovi principi, non più patrimonio dei pochi orientati ad usare meglio le risorse del mondo che ci circonda. Certo bisogna essere sempre più presenti in queste Commissioni per far sentire la propria voce e difendere le proprie lecite specificità.





Bibliografia

- Antimi M., Cataudella S., Orban E., Passi S., Di Marco P., Ferrante I. (2001). *Tante buone molecole dal mare*. Consorzio Uniprom, 155 p.
- AA.VV. (2000). *Un mare di risorse*. A cura di Cataudella S., Carrada G.C. Consorzio Uniprom, 396 p.
- FAO (2000). *The State of World Fisheries and Aquaculture*.
- FAO (1995). *Code of Conduct for Responsible Fisheries*. Rome, FAO, 41 p.
- FAO (1996). *Precautionary approach to capture fisheries and species introductions*. Elaborated by the Technical Consultation on the Precautionary Approach to Capture Fisheries (including Species Introductions). Lysekil, Sweden, 6-13 June 1995. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 2, Rome, FAO, 54 p.
- FAO (1999). *The State of Food Insecurity in the World*. Rome, 32 p.
- FAO (2000). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, FAO.
- FAO Fish Utilization and Marketing Service (1998). *Responsible fish utilization*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 7, Rome, FAO, 33 p.
- FAO Fisheries Department (1997). *Aquaculture development*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 5, Rome, FAO, 40 p.
- FAO Fisheries Department (1997). *Inland fisheries*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 6, Rome, FAO, 36 p.
- FAO Fishery Department (1997). *FAO Yearbook, Fishery Statistics. Commodities*. Vol. 85. Rome, FAO, 190 p.
- FAO Fishery Development Planning Service, Fisheries Department (1996). *Integration of fisheries into coastal area management*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 3, Rome, FAO, 17 p.
- FAO Fishery Resources Division and Fishery Policy and Planning Division (1997). *Fisheries management*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 4, Rome, FAO, 82 p.
- FAO Fishery Resources Division (1999). *Indicators for sustainable development of marine capture fisheries*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 8, Rome, FAO, 68 p.
- FAO Fishing Technology Service (1996). *Fishing operations*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 1, Rome, FAO, 26 p., 6 annexes.
- FAO Fishing Technology Service (1998). *Fishing operations. 1. Vessel monitoring systems*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries, No 1, Suppl. 1., Rome, FAO, 58 p.

- NACA/FAO (2000). *Aquaculture Development Beyond 2000: The Bangkok Declaration and Strategy*. Conference on Aquaculture in the Third Millenium, 20-25 February 2000, Bangkok, Thailand. NACA, Bangkok and FAO, Rome, 27 p.

Nota:

Alcuni dei contenuti di questo capitolo sono già stati pubblicati da Uniprom che ne ha consentito la riedizione per facilitare lo scambio di conoscenze tra mondo della pesca e mondo dell'acquacoltura.





1.2 LE PRODUZIONI IN EUROPA

A. Piccoli

1.2.1 L'acquacoltura nella Comunità europea

Come in molte altre regioni del mondo, l'acquacoltura nella Comunità europea ha conosciuto uno sviluppo notevole negli ultimi anni. La produzione comunitaria annuale sfiora 1,2 milioni di tonnellate, il valore supera 2,1 miliardi di euro, il numero di posti di lavoro in acquacoltura è di circa 57.000 ed è aumentato del 3% all'anno durante l'ultimo decennio. L'acquacoltura rappresenta attualmente circa il 15% del volume e il 25% del valore dei prodotti della pesca comunitari.

L'acquacoltura ha contribuito al miglioramento della situazione socio-economica di numerose comunità costiere, generando occupazione e benessere. In Galizia (Spagna), polo europeo e mondiale dell'allevamento dei mitili e del rombo, il numero di posti di lavoro in acquacoltura sfiora le 13.500 unità senza contare l'occupazione indiretta. In Francia, l'ostreicoltura impiega circa 4.700 persone in Charente Maritime e più di 3.000 in Bretagna. In Grecia, lo sviluppo dell'allevamento di spigole e orate ha permesso di creare più di 2.500 posti di lavoro in tutto il paese, con una concentrazione di più di 1.200 posti in Macedonia centrale. Ed anche dove il numero di occupati non è molto elevato in sé, lo diventa se lo si compara con la popolazione attiva totale: in Irlanda, più di un lavoratore su mille è impiegato in acquacoltura.



Allevamento intensivo di specie ittiche marine. Foto di S. Cataudella.

Tuttavia, anche se nel quadro generale si delinea un'evoluzione positiva, l'acquacoltura comunitaria deve ancora far fronte a diversi problemi. L'espansione dell'acquacoltura viene sempre più percepita come una minaccia per altre attività (in particolare il turismo, almeno in certe regioni) e per l'ambiente. Inoltre, l'acquacoltura è uno dei settori di produzione agro-alimentare più giovani, e come tale risente ancora dell'instabilità del mercato tipica dei settori in forte crescita. In effetti l'equilibrio tra produzione e domanda è delicato, e sebbene si sia constatato che l'aumento dell'offerta e il conseguente ribasso dei prezzi abbiano finora stimolato il consumo dei prodotti acquicoli, il settore non è passato completamente indenne dalle tensioni di mercato che si sono verificate negli anni '90, in particolare per quanto concerne le produzioni di salmone, spigole e orate. Improvvisi aumenti di



produzione, concentrazione dell'offerta in periodi limitati dell'anno, concentrazione degli acquisti nelle mani di pochi distributori (le grandi catene di supermercati stanno assumendo un ruolo sempre più preponderante nella formazione dei prezzi dell'agro-alimentare) sono tutti fenomeni che hanno provocato nel passato recente importanti perdite per le imprese del comparto, e in certi casi anche una parziale ristrutturazione del settore, con la chiusura degli impianti più piccoli o la loro incorporazione da parte dei gruppi più forti finanziariamente. Il mercato è la forza trainante dello sviluppo economico in una società ricca e liberista come quella europea. Sebbene uno dei ruoli chiave dell'acquacoltura europea sia quello di riassorbire il deficit di prodotti alieutici della Comunità, è necessario che ciò sia attuato mediante la creazione di imprese sane e competitive; non dovrebbero quindi essere incoraggiati aumenti della produzione che eccedano la probabile evoluzione (autonoma o indotta da misure di promozione) della domanda.

Anche le relazioni tra acquacoltura e ambiente sono di estrema importanza. Bisogna adottare pratiche di allevamento che ne assicurino la sostenibilità, tenendo anche presenti le esigenze in materia di norme sanitarie e di qualità dei prodotti. Esiste una panopia normativa comunitaria e nazionale che dovrebbe assicurare che lo sviluppo economico sia accompagnato da misure che permettano di non incidere negativamente, in parallelo, sull'ambiente naturale. Inoltre la Commissione europea ha recentemente varato un "Piano d'azione a favore della biodiversità" per la pesca e l'acquacoltura che dovrebbe contribuire ulteriormente alla realizzazione di questi obiettivi. Il piano prevede una serie di azioni dirette alla riduzione dell'impatto ambientale, dei problemi di natura veterinaria, nonché azioni intese a limitare i problemi che potrebbero insorgere con l'introduzione di specie non autoctone a fini di allevamento. Nel contempo, l'acquacoltura dovrebbe essere riconosciuta come uno dei molteplici utilizzatori del capitale naturale, con gli stessi diritti dei settori in concorrenza con essa per spazio e risorse. A tal fine, la Commissione europea preconizza lo sviluppo e la diffusione di Piani o Programmi Integrati di Gestione delle Zone Costiere o Rurali, strumenti relativamente complessi ma che dovrebbero permettere di limitare i conflitti sulla destinazione d'uso del territorio.

Come già ricordato, la Comunità europea considera che l'acquacoltura può contribuire significativamente a ridurre il forte deficit di approvvigionamento di prodotti alieutici della Comunità, e anche a creare occupazione in aree nelle quali le alternative di lavoro sono rare. Per questo motivo, le misure comunitarie a favore dell'acquacoltura entrano oggi in un quadro politico ad obiettivi multipli che cerca di soddisfare la crescita e la diversificazione della



produzione dei prodotti alieutici e, allo stesso tempo, orientare questa crescita principalmente a favore dello sviluppo delle regioni economicamente in ritardo. A tal fine, la Comunità fornisce aiuti finanziari allo sviluppo dell'acquacoltura nel quadro delle sue politiche strutturali e della ricerca.

Ricerca e sviluppo in acquacoltura sono finanziate a livello europeo principalmente attraverso il programma quadro comunitario per la ricerca e lo sviluppo tecnologico (RTD). Il primo programma di aiuti alla ricerca nel settore della pesca (FAR) è iniziato nel 1989, e da allora altri si sono susseguiti fino all'attuale 5° Programma Quadro che resterà in vigore fino al 2002. Un 6° Programma Quadro è già stato approvato, e quindi il supporto comunitario alla ricerca del settore sarà garantito anche dopo il 2002.

La politica strutturale si esprime principalmente attraverso lo Strumento Finanziario di orientamento della Pesca (SFOP)⁽¹⁾, che interviene su tutto il territorio comunitario ma con tassi di aiuti preferenziali per le zone sensibili dell'obiettivo 1 (regioni in ritardo di sviluppo).

Lo SFOP concede contributi in conto capitale agli investimenti materiali destinati alla realizzazione di impianti produttivi. Quando i progetti sono realizzati da imprese private, i destinatari dell'aiuto devono contribuire ai costi con una compartecipazione finanziaria che può variare tra il 40% ed il 60% del costo totale degli investimenti, secondo le zone. Tra i criteri per la concessione degli aiuti citiamo la prevenzione di effetti negativi (in particolare la creazione di capacità eccedentarie di produzione), nonché la priorità di finanziamento per quegli investimenti che tendono a diminuire l'impatto ambientale, e per le azioni collettive realizzate dai professionisti del settore. Perciò, oltre agli investimenti direttamente legati alla produzione, lo SFOP finanzia anche gli studi d'impatto ambientale che possono precedere la creazione di un impianto e concede un aiuto supplementare a quei progetti che adottano tecnologie che permettono di ridurre sostanzialmente l'impatto ambientale (come per esempio gli allevamenti a ciclo chiuso). Inoltre sono ammissibili le spese per la raccolta di informazioni per basi di dati e per la creazione di modelli di gestione ambientale, quando fanno parte di programmi di gestione integrata delle zone costiere. Infine, lo SFOP intende anche favorire l'applicazione pratica dei risultati della ricerca mediante il finanziamento di progetti pilota, per i quali il livello di aiuto pubblico è più alto che per i normali investimenti produttivi.

⁽¹⁾Regolamento (CE) n. 2792/1999 che definisce modalità e condizioni delle azioni strutturali nel settore della pesca, Gazzetta Ufficiale delle Comunità europee L. 337, 30/12/1999.



1.2.2 La produzione nella Comunità europea

La Comunità europea produce circa il 3% in volume dell'intera produzione mondiale dell'acquacoltura, e il 4,3% in valore. Nonostante il fatto che queste cifre non siano particolarmente elevate, la Comunità è il leader mondiale della produzione di parecchie specie: trota, spigola, orata, anguilla europea, rombo, mitili.

L'importanza della produzione comunitaria cresce se si esamina la sola acquacoltura marina: grazie soprattutto alle grandi quantità di molluschi, la Comunità raggiunge l'8% della produzione mondiale. I principali paesi produttori, per quanto concerne l'acquacoltura marina, sono la Spagna (208.400 tonnellate), la Francia (208.100 tonnellate), l'Italia (158.000 tonnellate) e il Regno Unito (113.400 tonnellate). In valore, Francia e Regno Unito dominano con, rispettivamente, 359,1 e 350,9 milioni di euro. I molluschi rappresentano più dell'80% in volume dell'acquacoltura marina (anche se solo il 47% in valore). Le principali zone di allevamento sono la Galizia in Spagna (mitili), la costa occidentale francese (ostriche) e le zone lagunari del nord Adriatico in Italia (vongole). La produzione di pesce in mare è dominata, sia in termini quantitativi che di valore, dal salmone, che è allevato in Scozia e in Irlanda. Comunque, nell'ultimo decennio la produzione di spigole ed orate in Mediterraneo ha conosciuto una progressione spettacolare, soprattutto in Grecia. Sebbene prodotto in quantità minime rispetto alle specie precedenti, è interessante segnalare anche l'allevamento del rombo, specie per la quale Spagna e Francia concentrano la totalità della produzione mondiale.

La produzione in acqua dolce è costituita quasi esclusivamente da pesci, anche se modeste quantità di gamberi d'acqua dolce sono allevate nei paesi scandinavi. Praticamente ogni paese ha un'acquacoltura d'acqua dolce, grazie soprattutto alla diffusione dell'allevamento della trota, specie che detiene il maggior valore totale alla produzione della Comunità con 500 milioni di euro all'anno. I principali paesi produttori per l'acqua dolce sono la Francia, l'Italia, la Germania (dove è anche abbastanza importante la produzione di carpe) e la Danimarca.

Complessivamente, la Francia è il maggior produttore comunitario, con 265.800 tonnellate annue per 510,7 milioni di euro, seguita dalla Spagna (232.700 tonnellate, 212 milioni di euro) e dall'Italia (212.200 tonnellate ma con un valore superiore alla Spagna, 357 milioni di euro). Da segnalare anche l'alto valore della produzione del Regno Unito, che, grazie soprattutto al salmone, totalizza un valore di 384,5 milioni di euro pur producendo "solo" 129.500 tonnellate all'anno.



Profili nazionali

Austria	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	0	0	0	Produzioni di carpe (terzo produttore comunitario) e trote.
Acquacoltura in acqua dolce	4.300	12,7	900	
Belgio	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	0	0	0	Produzioni di trote, carpe e alcune specie minori d'acqua dolce (tilapia).
Acquacoltura in acqua dolce	1.700	4,8	100	
Danimarca	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	7.100	18,5	200	Terzo produttore comunitario di trote (in parte in gabbie in mare); è il solo paese in cui la produzione tende a diminuire. Terzo produttore di anguille.
Acquacoltura in acqua dolce	34.500	80,2	700	
Finlandia	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	13.300	35,6	650	Praticamente solo trote, allevate sia in mare che in acqua dolce.
Acquacoltura in acqua dolce	2.800	7,5		
Francia	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	208.100	359,1	14.050	Primo produttore europeo di ostriche e trote, importanti produzioni anche di carpe, rombi e mitili.
Acquacoltura in acqua dolce	57.700	151,6	1.200	
Germania	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	22.400	11,5	50	Il maggior produttore comunitario di carpe, importante produzione anche di trote. Acquacoltura marina incentrata sui mitili.
Acquacoltura in acqua dolce	36.700	88,0	2.800	
Grecia	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	52.300	169,4	2.900	Principale produttore di spigole e orate, anche mitili in mare. Modesta produzione di trote in acqua dolce.
Acquacoltura in acqua dolce	2.700	8,7	250	
Irlanda	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	40.000	77,3	2.200	Produzione di salmone (secondo produttore comunitario) e mitili. Piccole produzioni di ostriche e trote.
Acquacoltura in acqua dolce	1.800	4,6	n.d.	
Italia	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	158.000	221,4	8.700	Il maggior produttore comunitario di vongole e anguille; importanti produzioni di trote, mitili. Primo produttore europeo di spigole, orate e storioni.
Acquacoltura in acqua dolce	54.200	135,6	2.150	



Paesi Bassi	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	95.600	60,5	400	Produzione di molluschi in mare, particolarmente importanti i mitili. Anguille e pesci gatto in acqua dolce.
Acquacoltura in acqua dolce	2.000	15,3		
Portogallo	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	7.100	47,5	1.450	Acquacoltura marina essenzialmente semi-estensiva; vongole e pesci pregiati in maggioranza.
Acquacoltura in acqua dolce	1.700	6,2	100	
Regno Unito	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	113.400	350,9	1.600	Primo produttore comunitario di salmone atlantico (secondo a livello mondiale). Trote in acqua dolce.
Acquacoltura in acqua dolce	16.100	33,6	850	
Spagna	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	208.400	168,6	14.500	Primo produttore europeo e mondiale di mitili e rombi. Altre specie importanti: trote, orate, spigole.
Acquacoltura in acqua dolce	25.300	43,4	300	
Svezia	Tonn.	Milioni/€	Occupati	Cenni descrittivi
Acquacoltura marina	2.500	13,9	800	Trote allevate sia in mare che in acqua dolce, e piccola produzione di mitili in mare.
Acquacoltura in acqua dolce	3.000			

1.2.3 L'acquacoltura negli altri paesi europei

Naturalmente la produzione dell'acquacoltura europea non si limita agli stati membri della Comunità.

La **Norvegia** è uno dei più importanti produttori mondiali, grazie alla fiorentissima industria dell'allevamento del salmone. Con più di 400.000 tonnellate all'anno, per un valore che sfiora 1,3 miliardi di euro (quasi quanto l'intera produzione marina della Comunità) la salmonicoltura norvegese è di gran lunga *leader* mondiale per questa specie. La maggioranza del salmone norvegese è destinato all'esportazione, soprattutto verso il Giappone e la Comunità europea. La concorrenza sul mercato europeo ha provocato alcune gravi crisi dei prezzi nei primi anni '90, che sono state risolte anche grazie all'accordo intervenuto nel 1997 tra Comunità europea e governo di Norvegia sul commercio del salmone. L'accordo prevede un prezzo minimo di ingresso nella Comunità, quote di esportazione, un aumento delle tasse all'esportazione e meccanismi di sorveglianza. L'accordo scadrà nel 2002, e



c'è incertezza tra i produttori sulle conseguenze di una nuova totale liberalizzazione del commercio. Oltre al salmone, la Norvegia ha sviluppato recentemente anche il settore della troticoltura, che è passato da meno di 15.000 a più di 50.000 tonnellate annue in soli cinque anni.

Le **Isole Faer Oer** hanno una piccola produzione di salmone (circa 20.000 tonnellate annue) che costituisce comunque un segmento importante dell'economia locale.

L'**Islanda** è stata uno dei paesi pionieri dell'allevamento del salmone, ma l'industria è in crisi da molti anni e non produce ormai più di 4.000 tonnellate annue tra salmone, trote e salmerini.

La **Polonia** ha una lunga tradizione nell'allevamento della carpa. Inoltre, dopo l'apertura del paese all'economia di mercato, anche l'industria della trota si è sviluppata rapidamente. Attualmente la Polonia produce circa 20.000 tonnellate di carpe e 9.000 tonnellate di trote all'anno, per un valore rispettivamente di 31,2 e 15,4 milioni di euro. La maggioranza della produzione polacca è consumata nel mercato interno del paese, ma i produttori di carpe lamentano prezzi particolarmente bassi e margini ridottissimi di profitto, anche a causa della forte concorrenza da parte di altri paesi produttori dell'Europa centro-orientale.



Ambiente vallivo per produzioni estensive nei livelli d'acqua invernali.
Foto di S. Cataudella.



La **Repubblica Ceca** produce quasi 17.000 tonnellate di carpe all'anno, la metà delle quali è esportata grazie ai costi di produzione particolarmente bassi che permettono al prodotto ceco di essere competitivo su tutti i mercati. Teoricamente il margine di espansione della produzione di carpa è ancora alto: dei 52.200 ettari di stagni da carpicoltura esistenti, solo circa 24.000 sono utilizzati attualmente. Molte altre specie di acqua dolce sono prodotte in piccole quantità: persici, tinche, lucci, lucioperca, trote. In totale, l'acquacoltura ceca produce circa 18.000 tonnellate all'anno, per un valore di 28,7 milioni di euro.

L'**Ungheria** produce tra 7.000 e 8.000 tonnellate all'anno di carpe, e quantità marginali di altri pesci di acqua dolce. Ciò rende l'Ungheria il paese europeo che ha il valore medio alla produzione più basso: 1,3 euro/kg. Durante gli ultimi anni la produzione ha avuto una marcata tendenza alla diminuzione in volume, poi è sensibilmente aumentata nel 1999. I prezzi hanno seguito la tendenza esattamente contraria.

L'**Ucraina** produce circa 25.000 tonnellate di Ciprinidi l'anno (in larga maggioranza carpe comuni), consumati in maggioranza dal mercato interno.

La **Turchia** produce 34.000 tonnellate di pesci all'anno, di cui poco più della metà sono trote, e il resto spigole e orate. Il valore della produzione turca è alto, 92,3 milioni di euro, nonostante che le quantità prodotte non siano elevatissime. Per molto tempo i produttori di spigole e orate del bacino mediterraneo hanno considerato la Turchia come un pericolosissimo concorrente a medio termine, ma la tendenza negli ultimi tempi permette di ridimensionare le affermazioni più allarmistiche: la produzione turca è in via di stabilizzazione, e il mercato interno turco ne assorbe grandi quantità. Al contrario, la produzione di trote è in spettacolare espansione. La Turchia produce anche modeste quantità di mitili, che sono in parte esportati verso la Comunità europea.

Cipro, sebbene sia uno dei produttori europei più piccoli in termini di volume, è quello con il valore medio più alto (6,7 euro/kg). Produce circa 2.000 tonnellate annue di spigole e orate per il consumo diretto, e giovanili delle stesse specie che sono anche esportati verso la Comunità.

L'industria cipriota è attualmente economicamente redditizia grazie soprattutto ai forti dazi doganali imposti da Cipro sulle importazioni dei prodotti



della pesca, e non è chiaro se resterà competitiva quando (all'adesione di Cipro alla Comunità europea) tutti i dazi verranno soppressi.

Anche **Malta** produce circa 2.000 tonnellate di orate l'anno, quasi tutte esportate verso la Comunità europea.

Tutti gli altri paesi europei hanno modeste o modestissime produzioni di acquacoltura, tutte incentrate sull'allevamento della carpa e di altri Ciprinidi.



Pesca e conta di avannotti di spigola in un centro di riproduzione. Foto di S. Cataudella.

Bibliografia

- European Commission (2001). *Biodiversity Action Plan for Fisheries*. Volume 4 in "Biodiversity Action Plans in the areas of Conservation of Natural Resources, Agriculture, Fisheries, and Development and Economic Co-operation" Commission communication, COM 2001 162 final, 27.3.2001 (5 volumes).
- European Commission (2001). *Report on the Implementation of the Community System for Fisheries and Aquaculture over the period 1993-2000*. March 2001.
- European Commission (2001). *Green Paper on the Future of the Common Fisheries Policy*. Commission communication, COM 2001 135 final, 20.3.2001.
- MegaPesca Lda. Portugal in collaboration with Centre for Agricultural Strategy, UK (2000). *Regional Socio-economic Studies on Employment and the Level of Dependency on Fishing*. Commission of the European Communities, Directorate-General for Fisheries.
- MacAlister Elliott & Partners (1999). *Forward Study on European Aquaculture*. Commission of the European Communities, Directorate-General for Fisheries.





1.3 LA PISCICOLTURA IN ITALIA

A. Trincanato

Sotto il profilo giuridico, l'acquacoltura, concretizzandosi in una vera e propria attività di allevamento diversa dalla semplice "raccolta" o "cattura" del pesce, è in Italia un'attività agricola che presenta caratteristiche identiche sia nel caso essa venga esercitata in acque interne (dolci o salmastre) sia nel caso venga esercitata in acque marine. In questo senso, il Legislatore con la legge 122 del 27 marzo 2001, ha integrato la precedente legge 5 febbraio 1992 n. 102, definendo: *"imprenditori agricoli ai sensi dell'articolo 2135 del c.d., i soggetti, persone fisiche o giuridiche, singoli o associati, che esercitano l'acquacoltura e le connesse attività di prelievo sia in acque dolci sia in acque salmastre e marine"*.



Impianto di piscicoltura intensiva. Foto di R. Ugolini.

Le origini dell'acquacoltura italiana vanno ricercate nei primi esperimenti di riproduzione artificiale della trota agli inizi del '900, anche se risalgono intorno al 1860 notizie di fecondazione in cattività della trota, effettuate in Piemonte e in Friuli. È solo nel secondo dopoguerra che l'attività, grazie ad alcuni pionieri, inizia a svilupparsi. A partire dagli anni sessanta si è assistito alla progressiva diffusione di sistemi di allevamento in grado di coprire l'in-

tero ciclo biologico delle varie specie, dalla riproduzione alla taglia commerciale. L'aumentata domanda di derrate ittiche, conseguente alla crisi del pescato nel Mondo per l'impoverimento degli stocks ittici naturali, dovuto all'inquinamento e all'adozione di tecniche di pesca non controllate, ha creato interessanti spazi per il collocamento di pesce allevato, producibile con garanzie assolute di qualità, salubrità e freschezza disponibili sul mercato con continuità. Lo sviluppo della Grande Distribuzione Organizzata anche nel nostro paese, ha poi sensibilmente favorito la distribuzione al consumo di prodotti ittici, con nuove proposte per un consumatore sempre più attento al pesce, quale alimento non grasso, portatore di essenziali fattori nutrizionali, come gli acidi grassi polinsaturi, garanti di una dieta salutistica e particolarmente adatta ai ritmi di vita delle civiltà più industrializzate. La piscicoltura intensiva si è sviluppata attraverso le messe a punto degli allevamenti di diverse specie ittiche, attraverso il controllo in termini zootecnici dei cicli metabolici e riproduttivi ed al saper concentrare la biomassa in spazi ristretti; in analogia ad esperienze già collaudate nella zootecnia terrestre, che potevano comunque contare su una sperimentazione più avanzata ed approfondita. Lo sviluppo dell'acquacoltura è stato accompagnato da una rapida evoluzione delle tecniche produttive, in particolare nella riproduzione artificiale, in ittiopatologia, nella mangimistica e nella tecnologia di allevamento. Grandi passi avanti sono stati compiuti anche nel settore della ittiopatologia per il riconoscimento, la prevenzione e la terapia delle patologie insorte a seguito di tecniche di allevamento sempre più intensive. La mangimistica ha poi saputo sostenere i ritmi di incremento peso richiesti dagli allevamenti attraverso la proposta di prodotti innovativi quali i mangimi estrusi, in grado di fornire quote di energia sempre più concentrata e con un elevato grado di digeribilità della frazione proteica. Ciò consente di contenere entro i limiti di legge i livelli di nutrienti nelle acque di scarico degli impianti, nonostante le elevate densità di pesce allevato. Il settore, grazie alle tecnologie di allevamento, si è attivato ideando soluzioni nuove che hanno portato all'introduzione di sistemi per l'ossigenazione delle acque, per il controllo dei parametri dell'acqua gestito da programmi computerizzati e a forme di meccanizzazione sempre più sofisticate per la selezione del pesce.





1.3.1 Le produzioni

Nel 2000 la produzione nazionale da piscicoltura è stata di oltre 65.600 tonnellate, considerando sia le specie allevate in acque dolci, che salmastre e marine. Le aree di produzione risultano per circa il 70% collocate nel nord Italia, per il 20% al centro e per il restante 10% al sud. La PLV (Produzione Lorda Vendibile) è risultata superiore a 258 milioni di euro. Nel nostro paese si contano circa mille siti produttivi con l'impiego di 15.000 addetti, comprendendo anche l'indotto. In questo contesto le imprese aderenti all'Associazione Piscicoltori Italiani (A.P.I.), oltre 300, rappresentano il 90% della produzione ittica dell'acquacoltura nazionale. A livello nazionale la trota costituisce la specie più allevata con una produzione complessiva nel 2000 di 44.500 tonnellate provenienti da circa 500 impianti, pari al 68% dell'intera produzione di pesce in Italia (Fig. 1-2).

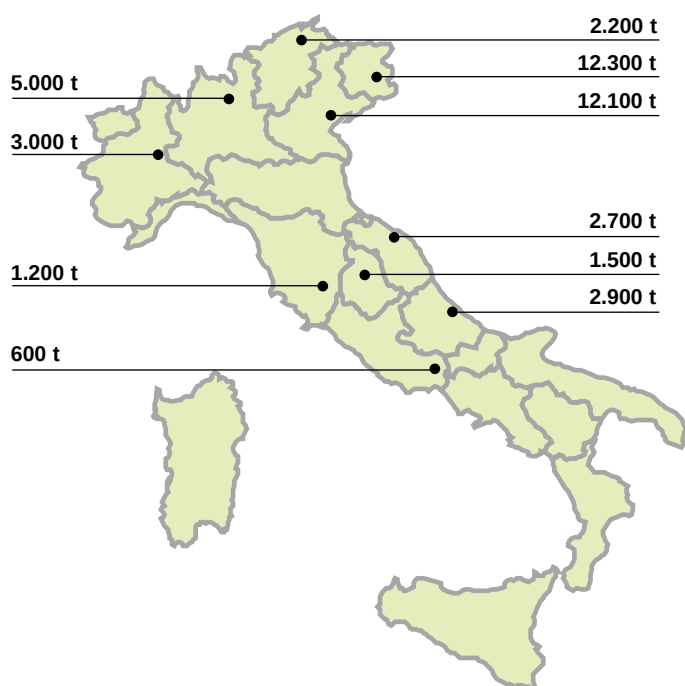


Fig. 1 - Produzioni regionali di trote (in tonnellate, anno 2000). Fonte A.P.I., 2001.

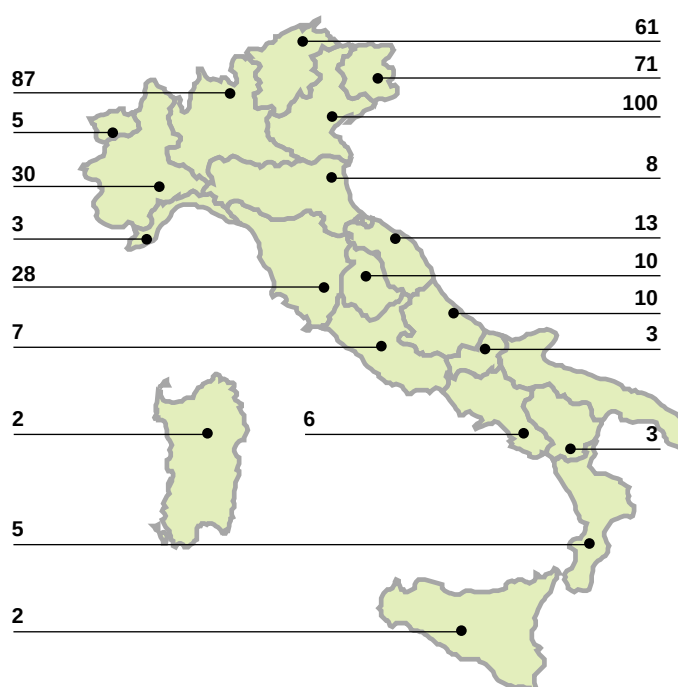


Fig. 2 - Distribuzione regionale degli allevamenti di trota (numero per regione, anno 2000).
Fonte A.P.I., 2001.

La troticoltura si è sviluppata fin dagli anni cinquanta grazie alla messa a punto di efficaci tecniche di fecondazione artificiale della trota iridea, specie originaria del Nord America, e grazie all'abbondante disponibilità di acque fredde di ottima qualità. Il settore ha superato alla fine degli anni ottanta una prima fase di stasi grazie a un miglioramento della qualità prodotta e recuperando valore aggiunto nello sviluppo di attività di lavorazione (ad esempio: eviscerazione, filettatura, precottura ed affumicatura) e commercializzazione di prodotti lavorati e semilavorati che hanno trovato ampio spazio nella Grande Distribuzione Organizzata. I troticoltori hanno affrontato in questi anni una non facile situazione dovuta all'andamento non soddisfacente del prezzo della trota, reagendo su due fronti:

- da un lato ottimizzando sempre più le tecniche produttive per ridurre il costo unitario del prodotto;
- dall'altro attraverso una maggior integrazione dell'azienda di produzione con il mercato, collocando direttamente il prodotto sulla rete distributiva od avviandolo al consumo trasformato.



Nell'ultimo quinquennio l'impegno dei troticoltori ha portato ad una stabilizzazione degli incrementi della produzione che oscilla mediamente tra le 45.000 e le 50.000 tonnellate annue, con un sensibile incremento degli standard qualitativi di produzione indispensabili a reggere l'urto di una concorrenza sempre più agguerrita sul piano dei prezzi, ma con caratteristiche qualitative per taluni aspetti inferiori (Fig. 3).

L'altro comparto storico dell'acquacoltura nazionale è l'anguillicoltura, sviluppatasi in forma intensiva alla fine degli anni settanta per sopperire alla crisi del settore vallivo dove era nata. Attualmente la produzione si è attestata tra le 2.700 e le 3.000 tonnellate annue, collocando così il nostro paese tra i primi produttori di questa specie in ambito europeo. A differen-

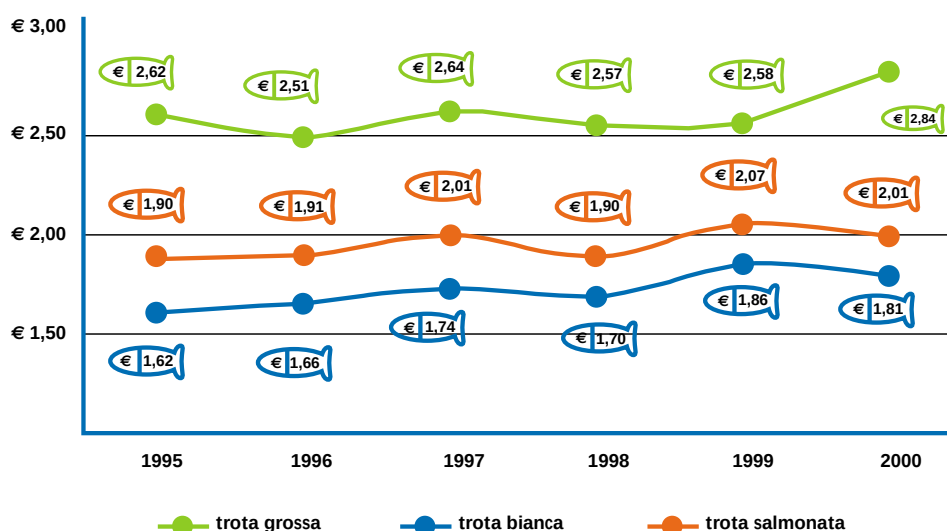


Fig. 3 - Prezzo medio (€/kg) delle trote negli ultimi cinque anni in Italia.
Fonti varie elaborazioni A.P.I.

za dell'anguilla, che non è specie riproducibile in cattività e trova quindi il suo fattore limitante nella sempre più carente disponibilità di novellame, le specie eurialine (soprattutto spigole e orate) sono state sempre più allevate a partire dalla fine degli anni ottanta, grazie alla grande diffusione in tutto il bacino del Mediterraneo di impianti di riproduzione artificiale, che hanno messo a disposizione degli allevatori milioni di avannotti di buona qualità ed a prezzi sempre più interessanti. In Italia, gli allevatori di orate e spigole si sono rapidamente distribuiti lungo la fascia costiera tirrenica ed adriatica utilizzando acque salmastre, di origine sotterranea o costiera, o acque marine in vasche in terraferma o nelle "fattorie marine", rappresentate dalle gabbie galleggianti a mare (Fig. 4). La crescita del settore ha subito una forte



espansione nell'ultimo quinquennio, passando dalle 6.000 tonnellate del 1995 alle oltre 14.500 tonnellate del 2000 comprendendovi anche le produzioni in semi intensivo (Fig. 5).

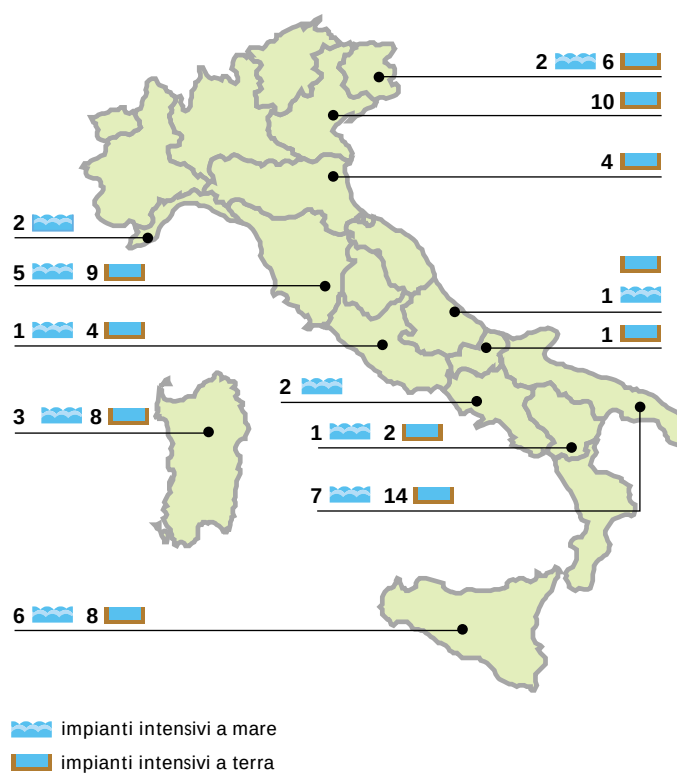


Fig. 4 - Distribuzione regionale degli impianti intensivi a terra e a mare per specie eurialine e marine (numero per regione, anno 2000). *Fonte A.P.I., 2001.*

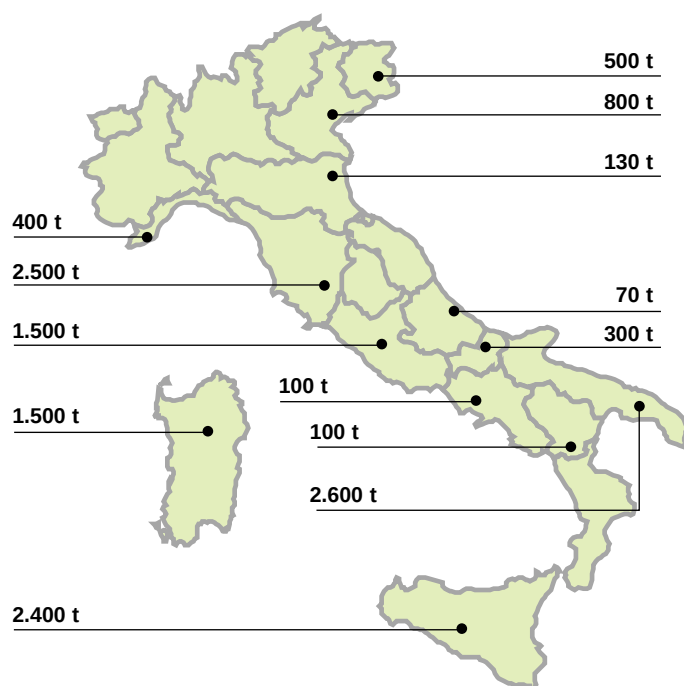


Fig. 5 - Produzioni regionali di specie eurialine e marine (in tonnellate, anno 2000. Produzione totale 12.900 t). *Fonte A.P.I. 2001.*

Oggi la piscicoltura marina rappresenta il secondo comparto della piscicoltura in Italia, dopo la trotticoltura. Le caratteristiche della produzione, i tempi di gestione ed i costi del processo produttivo variano molto a seconda dell'area geografica in cui l'impianto è collocato per le diverse disponibilità di acqua calda o temperatura, che condizionano sensibilmente i ritmi produttivi. Orate e spigole trovano infatti le migliori condizioni di crescita alla temperatura dell'acqua di 22-26°C, riuscendo ad ottenere la più idonea taglia commerciale in periodi variabili dai 14 ai 24 mesi. Il favorevole sviluppo di questo comparto nei Paesi che si affacciano nel Mediterraneo è stato favorito in questi anni anche dalle politiche di sostegno finanziario riservate dalla UE alla diffusione di questa attività, che ha finito però con lo svilupparsi in termini disordinati e contraddittori. Il mercato nazionale di orate e spigole ha pertanto subito pesanti distorsioni causa la massiccia importazione di prodotti dal bacino mediterraneo, spesso esitati sui nostri mercati a prezzi addirittura inferiori ai costi nazionali, mettendo in crisi molte aziende e marginalizzando altre che hanno dovuto chiudere la loro attività.

Per concludere il quadro generale della piscicoltura nazionale vanno ricordate le attività di produzione delle seguenti specie: pesce gatto (europeo e americano), carpa e tinca, storione, persico-spigola, con un centinaio di impianti in policoltura con altre specie, operanti soprattutto in Lombardia,

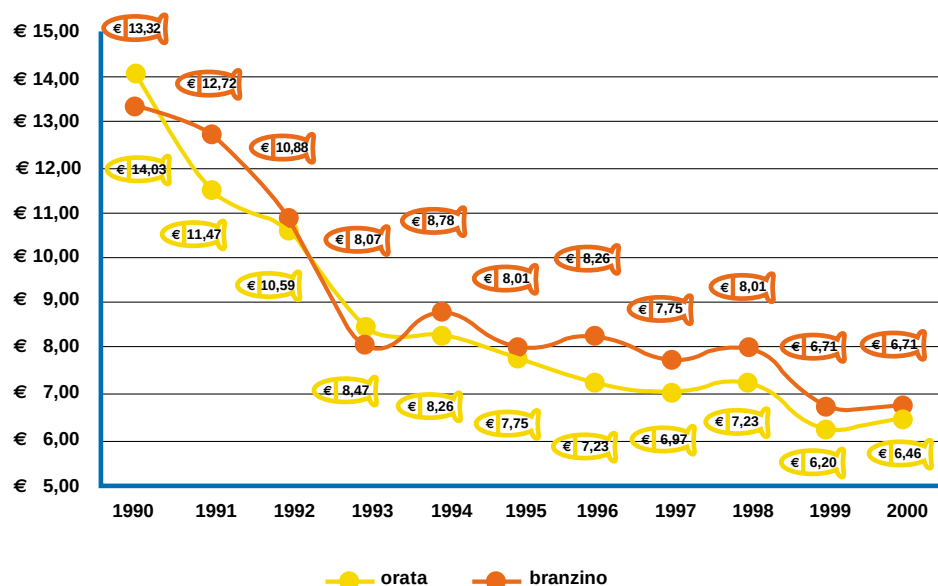
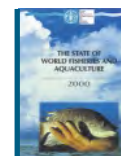


Fig. 6 - Prezzo medio (€/kg) dell'orata e del branzino nell'ultimo decennio in Italia.
Fonti varie - elaborazioni A.P.I.

Veneto ed Emilia Romagna. Si ricordano infine le esperienze condotte in questi ultimi anni da alcuni operatori e ricercatori in acque marine per l'allevamento intensivo di altre specie di pregio, al fine di diversificare la produzione ed ampliare il mercato; l'attenzione è particolarmente rivolta verso alcuni Sparidi, il dentice ed altre specie quali l'ombrina. Oltre alle specie di maggiore interesse produttivo e tradizionalmente allevate, trota e anguilla per le acque interne, branzino e orata per le acque marine e salmastre, vanno poi considerate quelle specie che pur non rappresentate sui mercati da tonnellaggi elevati, hanno un ruolo importante per la diversificazione delle produzioni e lo sfruttamento di condizioni ambientali peculiari (per esempio valli da pesca, stagni costieri, ripopolamento acque interne, laghetti di pesca sportiva ecc.). Queste ultime sono rappresentate prevalentemente da cefali, trota fario, pesci gatto, storioni, carpe, persico-spigola, ecc. Per quanto riguarda le tecnologie di produzione, allo stato attuale l'acquacoltura italiana ha raggiunto standard elevati negli impianti intensivi a terra, per la produzione di pesci d'acqua dolce e marina, e si rileva un forte sviluppo dell'allevamento in mare in gabbie galleggianti e sommerse. Gli allevamenti ittici in strutture galleggianti e sommerse si riferiscono essenzialmente alla produzione di spigola e orata. Essi si dividono in impianti collocati in aree costiere naturalmente protette dagli eventi meteo-marini (gabbie *in-shore*) e impianti posizionati in aree esposte, assimilabili al mare aperto (gabbie *off-shore*). Gli allevamenti *in-shore* in Italia, sono numericamente limitati dalla scarsità di aree naturalmente protette, le quali sono tra l'altro contese dal-





l'industria turistica e da altre attività imprenditoriali. Negli ultimi anni si è invece assistito ad uno sviluppo degli impianti *off-shore*, anche in ragione della scarsità di siti idonei e disponibili sulla terraferma, sebbene siano ancora gli impianti a terra quelli che garantiscono oltre l'80% dell'attuale produzione di spigola e orata. Infatti, mentre le tecniche di allevamento a terra sono consolidate, in mare aperto è necessario ancora un affinamento sia tecnologico che gestionale.

In ogni caso l'incremento della produzione nazionale, per queste specie, dovrà realizzarsi attraverso lo sviluppo di modelli compatibili con le esigenze ambientali. Peraltro, considerate le molteplici "vocazioni ambientali" di diverse aree italiane e l'elevata plasticità delle attività di acquacoltura in Italia, bisognerà in via prioritaria ricercare modelli produttivi appropriati alle diverse condizioni ambientali.

L'aumento delle produzioni, registratosi nell'ultimo quinquennio, soprattutto ad opera della piscicoltura in acque marine e salmastre, è stato raggiunto grazie all'incremento del livello tecnologico nei processi produttivi ed alle economie di scala che gli allevatori hanno dovuto realizzare per poter operare in un mercato che ha visto contrapporre al forte aumento della produzione (anche estera), un altrettanto deciso calo dei prezzi di vendita. Per quanto riguarda i consumi, recenti studi, alcuni dei quali realizzati per conto della UE, ipotizzano che la domanda di prodotti ittici nei prossimi anni non crescerà come negli anni '90, ma tenderà a stabilizzarsi, soprattutto per le specie già presenti sul mercato. Potranno aversi incrementi per quelle specie ancora poco conosciute, per le quali tuttavia si deve ancora arrivare ad una produzione su ampia scala. Da ciò nasce l'esigenza, soprattutto per l'acquacoltura italiana, di un forte impegno per il rafforzamento strutturale del comparto e delle imprese in esso operanti, allo scopo di renderlo sempre più competitivo, capace di adeguarsi rapidamente alle nuove esigenze di un consumatore sempre più attento alla qualità, alla provenienza del prodotto, alla sicurezza, elementi questi che potranno essere portati efficacemente a conoscenza del consumatore solo attraverso il principio della cosiddetta "tracciabilità" delle produzioni. A questo punto, per tracciare un quadro realistico del comparto e individuare i possibili sviluppi futuri, bisogna considerare sia i fattori limitanti che le prospettive di sviluppo. Tra i fattori limitanti possono essere ricordati:

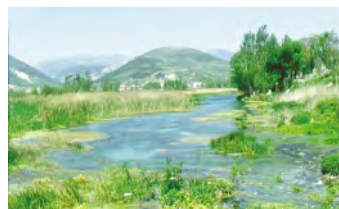
- i minori margini di redditività registrati negli ultimi anni;
- l'aggressività commerciale dei partner comunitari e non;
- le attuali congiunture economiche nazionali ed internazionali;
- i mutati modelli di consumo, che richiedono sempre più prodotti di facile preparazione.



Inoltre, bisogna considerare l'esigenza di un continuo adeguamento alle normative comunitarie che disciplinano l'acquacoltura e a quelle che riguardano le attività produttive in genere. Le prime spesso sono definite, a livello europeo, sulla base di modelli sostanzialmente diversi dalle tipologie di allevamento presenti nel nostro Paese. Pertanto, considerato che i margini di redditività dell'attività di acquacoltura risulteranno sempre più contenuti, sarà indispensabile promuovere un costante adeguamento tecnologico, finalizzato all'ottimizzazione dei sistemi di allevamento, con conseguente riduzione dei costi di produzione. In assenza di adeguate iniziative, gli elementi di crisi sopra evidenziati potrebbero determinare una ulteriore perdita di competitività del comparto, che già oggi mostra una situazione di fragilità strutturale. Attualmente la piscicoltura italiana mostra alcuni elementi di debolezza legati all'aumento dei costi di produzione, in ragione di:

- un aumento dei costi di alimentazione;
- un aumento dei costi energetici;
- un aumento dei costi gestionali;
- un aumento dei costi burocratici.

Conseguentemente anche i margini di profitto risultano ridotti. Inoltre, la mancanza di una interpretazione univoca, a livello nazionale e internazionale, della normativa che regola il comparto dell'acquacoltura, comporta un'ulteriore difficoltà operativa in un settore che risente di una forte concorrenzialità, soprattutto da parte dei paesi che si affacciano nel bacino mediterraneo, ma anche dal Nord Europa e da paesi terzi. Alcuni fattori di natura prevalentemente ambientale, ma anche sociale, rappresentano poi altri limiti allo sviluppo del comparto. Tra questi è opportuno ricordare:



Gran parte delle troticolture italiane derivano da acque sorgive di elevatissima qualità.

Foto di S. Cataudella.

- l'impatto negativo che può derivare sull'ambiente da strutture di allevamento mal progettate, ma soprattutto gestite con scarsa professionalità da operatori improvvisati;
- la predazione da parte di uccelli ittiofagi, responsabili anche della diffusione di patologie negli animali allevati;
- l'esistenza di preconcetti su questa attività da parte di alcuni settori dell'opinione pubblica che non conoscono la possibilità di un'acquacoltura eco-compatibile, dove l'allevatore costituisce un elemento attivo per il rispetto dell'ambiente in cui lavora.



1.3.2 Prospettive

A fronte di quelli che sono stati testè definiti fattori limitanti, esistono dei punti di forza che l'acquacoltura nazionale può sfruttare come potenzialità positive. In particolare è necessario considerare:

- la crisi del settore della pesca marittima che, oltre a manifestare una diminuzione generalizzata del pescato, non costituisce una valida concorrenza per quelle specie comunemente allevate (spigola e orata) che vengono catturate in quantità assai ridotte rispetto alla richiesta del mercato;
- il saldo negativo della bilancia commerciale, con una forte importazione di prodotti ittici;
- la possibilità dell'acquacoltura di soddisfare una domanda crescente, diversificando le taglie e in parte le specie prodotte;
- l'elevato standard qualitativo raggiunto per le specie allevate e la possibilità di controllo durante l'intero ciclo produttivo;
- l'ulteriore possibilità di espansione dell'allevamento, soprattutto di specie marine;
- il buon livello tecnologico raggiunto, e l'alta professionalità degli operatori del comparto;
- la capacità di fornire il prodotto durante tutto l'arco dell'anno evitando fluttuazioni legate alla stagionalità della pesca;
- la sicurezza sanitaria derivante dai costanti controlli effettuati durante tutto il ciclo produttivo (mediamente da 15 a 30 mesi), sia dagli stessi allevatori che dai Servizi Sanitari Nazionali (ASL, NAS, ecc.);
- la possibilità di offrire un prodotto con un marchio che ne certifichi la provenienza e il giorno in cui è stato pescato, l'introduzione di procedure di "tracciabilità".

Per mantenere ed incrementare la propria concorrenzialità settoriale, al fine di garantire una razionale crescita del comparto, l'acquacoltura nazionale deve aggiungere alcuni obiettivi fondamentali che schematicamente vengono riportati di seguito:

- incremento della redditività delle aziende mediante la riduzione dei costi di produzione, in rapporto al riconoscimento della qualità del prodotto da parte del mercato;
- miglioramento e ottimizzazione delle tecniche di allevamento anche adottando più elevati livelli tecnologici, atti nel contempo a ridurre e contenere l'impatto ambientale;
- integrazione delle fasi di trasformazione e commercializzazione riducendo il numero dei passaggi lungo la catena distributiva fino al consumatore;
- innovazione delle strategie commerciali e promozione di un prodotto che

può offrire una qualità elevata in termini assoluti e soprattutto garantire costanti standard qualitativi;

- semplificazione delle procedure burocratiche e amministrative per l'ottenimento di agevolazioni, che potranno essere mirate soprattutto all'ottimizzazione degli impianti esistenti e che dovranno offrire garanzie di successo per la realizzazione di nuove strutture produttive;
- applicazione delle leggi nazionali e comunitarie in modo univoco in tutto il paese, senza alcuna difformità interpretativa;
- superamento dell'attuale normativa veterinaria della UE che risulta inadatta alle peculiari situazioni e caratteristiche dell'acquacoltura italiana;
- incremento della competitività e produttività degli allevamenti attraverso l'adeguamento tecnologico;
- valorizzazione del ruolo dell'acquacoltura quale presidio di conservazione territoriale e quale attività eco-compatibile;
- tutela della produzione nazionale attraverso la certificazione di origine e qualità del prodotto;
- qualificazione della produzione attraverso la certificazione delle aziende e dei processi di produzione (per esempio certificazioni ISO).

Da quanto esposto, risulta evidente che il comparto della piscicoltura italiana, per i livelli produttivi e diversità delle specie allevate, rappresenta una realtà vitale dell'acquacoltura nazionale, dalle potenzialità ancora non del tutto espresse e che comunque si colloca ai vertici in ambito UE. Le potenzialità dell'acquacoltura italiana sono in parte ancora frenate da vincoli, lacci e laccioli della Pubblica Amministrazione, ma soprattutto da procedure burocratiche spesso immotivate, che hanno ostacolato lo sviluppo delle imprese aumentandone i costi gestionali, riducendone sensibilmente la competitività nei confronti dei partner comunitari, che possono invece contare su amministrazioni agili e capaci di dare risposte rapide alle necessità delle imprese.



Troticoltura.
Foto di S. Cataudella.





La Piscicoltura Italiana

dati riferiti all'anno 2000

Allevamenti	circa 1.000
Addetti al "Sistema acquacoltura" compreso l'indotto	15.000
Aree di produzione	
<i>Nord</i>	70%
<i>Centro</i>	20%
<i>Sud</i>	10%

P.L.V. > 500 miliardi di lire (ca. 258 milioni di euro).

Specie allevate

Branzino/Spigola	t 8.100	90% Az. associate API
Saraghi	t 400	90% Az. associate API
Olate	t 6.000	90% Az. associate API
Ictaluridi (pesceghatto europeo - americano)	t 550	60% Az. associate API
Ciprinidi (carpa, tinca, ecc.)	t 700	70% Az. associate API
Anguilla	t 2.700	80% Az. associate API
Salmonidi (trota iridea, fario, salmerino)	t 44.500	95% Az. associate API
Acipenseridi (storione)	t 550	90% Az. associate API
Altri (ombrina, cefalo, persico-spigola, luccio, ecc.)	t 2.100	

Fonte A.P.I. 2001

Bibliografia

- REDA (1990). *Acquacoltura: una prospettiva per l'Italia*.
- A.P.I. (1990). *Indagine sullo stato dell'acquacoltura in acque interne in Italia*.
- A.P.I. (1994). *Indagine sullo stato dell'acquacoltura in acque interne in Italia*.
- A.P.I. (1999). *Quadro generale dell'acquacoltura italiana*.
- A.P.I. (2000). *Studio sulle prospettive dell'acquacoltura nella Comunità europea*.
- A.P.I. (2000). *Quadro generale dell'acquacoltura italiana*. In: "Acquacoltura API Informa" n. 11 dicembre.





1.4 LA MOLLUSCHICOLTURA IN ITALIA

G. Prioli



Allevamento di cozze.
Foto di M. De Biasi.

La produzione da molluschicoltura, nel nostro paese, deriva dall'allevamento di due specie principali: il mitilo o cozza (*Mytilus galloprovincialis*) e la vongola verace filippina (*Tapes philippinarum*).

Ad esse si aggiungono quantitativi molto più modesti di vongola verace nostrana (*Tapes decussatus*) e ostrica concava (*Crassostrea gigas*).

Gli insediamenti produttivi, più o meno estesi, che si dedicano all'allevamento di queste specie sono oltre 500, raggruppati in alcune principali aree di produzione.

La presenza di poli produttivi, spesso differenziati anche per specie allevata, deriva da un insieme di fattori che coinvolgono aspetti legati alle caratteristiche morfologiche del territorio, all'ambiente e alle tradizioni storiche e culturali dell'area di insediamento. Le principali zone di produzione, in relazione alle specie, sono esposte nella Tab. I.

Tab. I - Specie allevate per aree di produzione.

Area di produzione	Regioni principali	Specie allevate
Lagune Alto Adriatico Emilia-Romagna	Friuli Venezia-Giulia; Veneto; vongole veraci nostrane	Mitili; vongole veraci filippine;
Fascia costiera Adriatica	Friuli Venezia-Giulia; Veneto; Emilia-Romagna; Marche; Puglia	Mitili; ostrica concava
Golfo di Taranto	Puglia	Mitili
Golfo di Napoli	Campania	Mitili
Golfo di La Spezia	Liguria	Mitili
Golfo di Gaeta	Lazio	Mitili
Lagune sarde	Sardegna	Mitili; vongole veraci nostrane
Golfo di Olbia	Sardegna	Mitili, vongole veraci nostrane

La stima dei quantitativi prodotti in questo settore è un compito arduo, in quanto non esistono statistiche ufficiali che offrano sufficienti garanzie di affidabilità. Questo fa sì che informazioni sulla produzione possono essere acquisite unicamente tramite stime che derivano dalla conoscenza delle differenti realtà produttive, e dall'utilizzo di indici di produttività basati



sulla conoscenza di alcuni parametri strutturali e dimensionali degli impianti di allevamento.

Una ulteriore difficoltà è legata ai flussi commerciali, in quanto, soprattutto in mitilicoltura, vige l'uso di trasferire prodotto, sia adulto che novellame, tra differenti impianti di allevamento e tra differenti zone di produzione, anche con più passaggi intermedi.

Nella Tab. II è esposto uno schema sintetico delle principali zone coinvolte nei flussi di mitili da allevamento.

Tab. II - Flussi di import-export di mitili per aree.

Regioni con export verso altri impianti	Regioni con import ed export	Regioni con import
Friuli Venezia-Giulia	Friuli Venezia-Giulia	Sardegna
Emilia-Romagna	Emilia-Romagna	Sicilia
Marche	Marche	Liguria
Puglia	Puglia	
Campania	Campania	

Questa situazione comporta il rischio reale di conteggiare più volte la medesima partita di molluschi che, inoltre, nel suo tragitto acquista peso dovuto al processo di accrescimento, alterando la valutazione statistica del dato di produzione, con una sovrastima equivalente ad almeno il 10% del valore complessivo.

Effetto contrario provoca la presenza di strutture di produzione interamente abusive e che sfuggono ad ogni tipo di controllo, per le quali è comunque in corso un processo di regolarizzazione, che porterà a breve ad una più affidabile conoscenza del settore.

Quanto esposto vale in qualche misura anche per la produzione da venericoltura (allevamento di vongole), dove in alcune aree è presente la raccolta indiscriminata di prodotto da zone situate al di fuori delle superfici deputate all'allevamento di queste specie. Tale fenomeno acquista una notevole rilevanza nella laguna di Venezia da cui, secondo studi recenti, proviene circa il 60% della produzione nazionale. Da una indagine condotta da Unimar sul settore della molluscoltura realizzata nel periodo 2000-2001, in cui sono stati censiti tutti gli impianti del settore dotati di regolare titolarità della superficie in uso, sono stati ottenuti dati relativi ad alcuni principali parametri strutturali e di produzione riferiti agli anni 1999-2000. Sulla base di queste informazioni, per quanto riguarda i mitili, è stato possibile formulare una stima di produzione, che consentisse di valutare anche quella parte di allevamenti che non hanno pienamente collaborato.



Per le altre specie, soprattutto per le vongole filippine, non è stato possibile applicare sistemi analoghi in quanto i parametri dimensionali degli impianti non consentono stime attendibili.

I dati relativi alla produzione di vongole filippine qui presentati, derivano da uno studio realizzato nel 1999 e sono il frutto di particolari indagini di campo realizzate incrociando informazioni derivanti dal settore della commercializzazione e della produzione, con una buona conoscenza delle zone di produzione. In questi ultimi dati è anche compresa quella parte di produzione di vongole veraci filippine derivante dalla raccolta libera, e spesso illegale, effettuata al di fuori di superfici deputate all'allevamento.

In conclusione, alla luce delle precedenti considerazioni, è possibile formulare una stima attendibile dei quantitativi prodotti in molluschicoltura nell'anno 1999, che è esposta nella Tab. III.

Tab. III - Produzioni stimate di molluschi.

Specie	Ton.
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	90.000
<i>Tapes philippinarum</i>	62.000
<i>Crassostrea gigas</i>	471
<i>Tapes decussatus</i>	135
<i>Ostrea edulis</i>	2
Totale molluschi	152.608

È il caso di evidenziare la necessità di continuare ad affinare tecniche di rilevazione che, anche tramite parametri indiretti e l'applicazione di relativi modelli statistici di elaborazione, consentano di giungere a definire valori di produzione che più si avvicinino alla realtà, superando le metodiche fino ad ora adottate, basate sulla conoscenza diretta di gruppi di esperti del settore.

Bibliografia

- Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Biologia (2000). *Elementi di valutazione ecologica, economica e sociale per fronteggiare la flessione produttiva di vongole filippine nell'Alto Adriatico*. Ministero delle Politiche Agricole - Ricerca 5C02.





Riferimenti al Codice di Condotta per la Pesca Responsabile (CCPR)

In calce ad alcuni paragrafi dei grandi capitoli di questo libro, sono riportati dei commenti riferiti al CCPR. Sono stati scritti per stimolare una lettura delle varie discipline che si occupano di acquacoltura “alla luce” dei principi, degli obiettivi, degli articoli del CCPR.

Si tratta di considerazioni non necessariamente condivisibili (dato che la materia ambientale si presta ad assunzioni di posizioni di parte), certamente insufficienti sul piano formale, che comunque possono stimolare il dibattito su come costruire l'acquacoltura di domani.

Nella consapevolezza di un loro contenuto molto generico, si può dire che sono stati scritti per rompere il ghiaccio che separa argomenti che difficilmente escono dal loro alveo disciplinare.

Ciò anche per rispondere alle istanze dei Consorzi unitari Unimar ed Uniprom promossi dalle Associazioni che rappresentano pescatori ed acquacoltori, promotori di questo libro. I due Consorzi (finalizzati il primo allo studio degli aspetti tecnico-scientifici di pesca ed acquacoltura ed il secondo alla promozione delle produzioni) vogliono localizzare i loro interventi nel contesto delle innovazioni, tecniche, scientifiche, economiche e giuridiche, che il CCPR richiede perché gli Stati, e tutti coloro che sono coinvolti, raggiungano gli obiettivi di una pesca ed una acquacoltura responsabili.

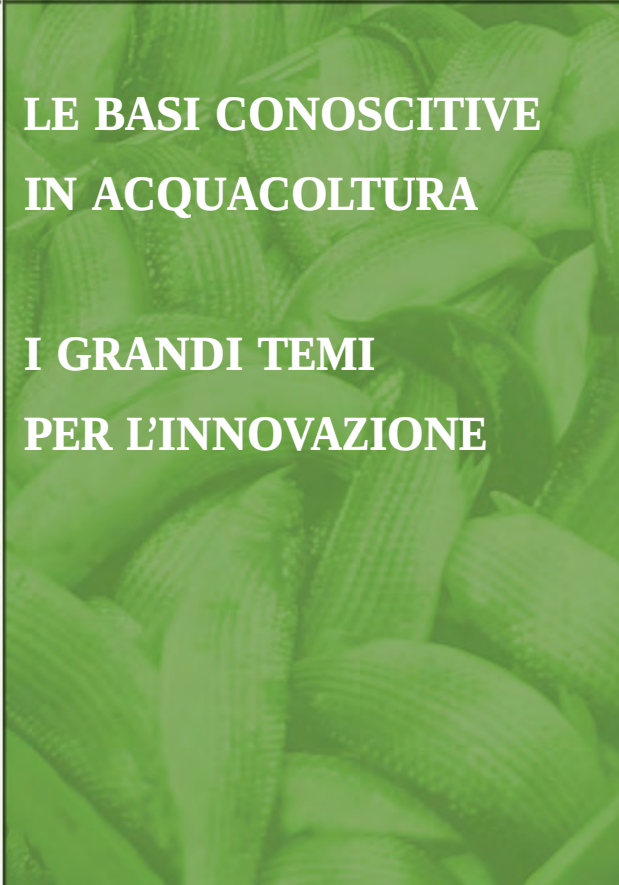
Il tutto nel tentativo di educare tutti noi ad una visione capace, nel rispetto delle specifiche competenze, di saper apprezzare il sistema cui ci riferiamo, nel complesso.

I riferimenti al CCPR qui riportati sono parziali, ed ogni lettore, secondo il tema da esaminare, utilizzando i contenuti del CCPR e le Linee Guida tecniche pubblicate dalla FAO potrà costruire i propri sistemi di riferimento appropriati ai contesti specifici. Nell'ambito del CGPM (Consiglio Generale della Pesca nel Mediterraneo), il Comitato Acquacoltura, ha organizzato una consultazione di esperti sulle potenziali applicazioni del CCPR all'acquacoltura mediterranea. È interessante osservare come in questa Regione in cui si affacciano culture ed economie diversificate il dibattito sul codice abbia portato ad identificare, certo in termini generali, le proprietà emergenti di questa attività.*

Infine va ricordato che i contenuti dei “Riferimenti al CCPR” sono indipendenti dai testi specialistici degli Autori.

Stefano Cataudella

* Consultation on the application of Article 9 of the FAO Code of Conduct for Responsible Fisheries in the Mediterranean Region: Synthesis of the National Reports (TEMP/RER/908/MUL).



**LE BASI CONOSCITIVE
IN ACQUACOLTURA**

**I GRANDI TEMI
PER L'INNOVAZIONE**



2.1 CENNI DI BIOLOGIA DEI PESCI

C. Boglione, E. Cataldi

2.1.1 Diversità dei pesci

Sono state descritte oltre 30.000 specie di pesci (il 60% di tutti i Vertebrati) che hanno colonizzato ogni tipo di habitat acquatico. Di conseguenza i pesci mostrano un'ampia gamma di modelli adattativi differenti. Discendendo da un antenato comune, tutti i pesci viventi, agnati, pesci cartilaginei e pesci ossei, mostrano però un piano strutturale comune: una notocorda di sostegno con elementi vertebrali intorno più o meno sviluppati, flessi da muscoli che si susseguono a blocchi, un cranio a protezione del cervello, branchie per gli scambi respiratori, cuore con una sola serie di concamerazioni, una serie di pinne pari e impari.

Poichè la maggior parte dei pesci che mangiamo, sia da pesca che d'allevamento, sono pesci ossei appartenenti ai gruppi più evoluti, gli aspetti morfologici esposti di seguito si riferiranno principalmente a questi ultimi.

2.1.2 Galleggiamento

I pesci sono costituiti complessivamente da tessuti che sono più densi sia dell'acqua marina che dolce, e quindi non potrebbero galleggiare se non attuassero delle strategie per ridurre la loro densità. L'opzione più economica la attuano i forti nuotatori adoperando le pinne come alettoni di un aliscafo. Molti pesci ossei pelagici lenti nuotatori possiedono, nella cavità addominale, la **vescica natatoria** (Fig. 14-15), ripiena di aria o di gas (composti meno densi dell'acqua) che li alleggerisce cambiando volume secondo la profondità a cui il pesce deve galleggiare.

Accumulo nei tessuti di lipidi a bassa densità, ossa poco ossificate e muscoli molto idratati sono altre soluzioni adottate che permettono il galleggiamento a quei pesci batipelagici per i quali produrre gas sarebbe molto dispendioso.

2.1.3 Locomozione e forma del corpo

Benchè la vita in acqua metta molte limitazioni alla forma che può avere il corpo di un pesce ad attivo movimento, tuttavia la colonizzazione di una grande varietà di habitat, adattamenti e comportamenti differenti si riflettono in una grande varietà di forme. Oltre ai pesci che hanno mantenuto la forma ancestrale, cioè un classico corpo fusiforme, leggermente depresso o



compresso, si possono ritrovare pesci che ne differiscono profondamente (es. l'anguilla, la sogliola, il rombo, la maggior parte dei pesci della barriera corallina), spesso anche a causa di forma, dimensioni e disposizioni delle pinne.

Forma del corpo e locomozione sono correlati. Sono legati a loro volta principalmente alle modalità di ricerca e presa dell'alimento, di cattura delle

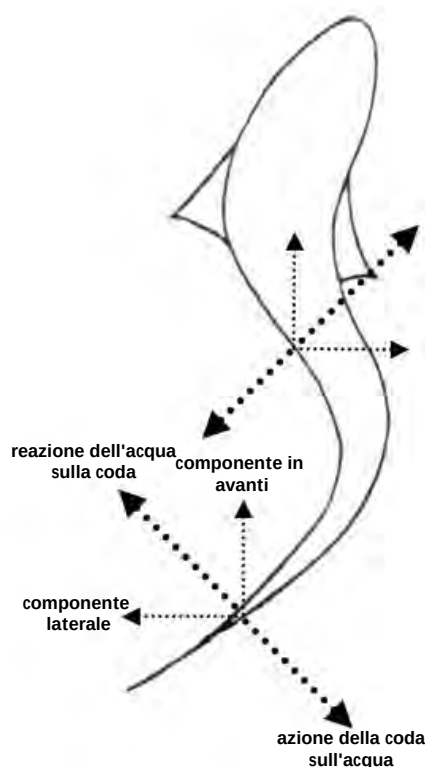
prede o alle capacità di fuga.

Il movimento generalmente è prodotto, nei pesci con corpo fusiforme (es. i predatori pelagici), dalla contrazione alternata di masse muscolari dei due lati del corpo che producono onde di contrazione sul piano orizzontale, le quali, spostandosi, raggiungono un effetto cumulativo nella coda, amplificato dalla forma di questa che è fissata ad un peduncolo caudale sottile. Questo movimento, spingendo indietro l'acqua, provoca il movimento in avanti dell'animale (Fig.1).

Le pinne in genere servono da stabilizzatori, e condizionano i movimenti.

Nei forti nuotatori si retraggono in un solco per offrire

Fig. 1 - Schema del nuoto per illustrare la spinta del corpo e della coda sull'acqua e la reazione uguale e contraria dell'acqua. La spinta dell'acqua si scompone in componenti laterali che si annullano, ed in componenti dirette in avanti che fanno procedere l'animale.



meno resistenza. Nei pesci che si discostano dalla forma classica invece, le pinne possono essere il primario organo propulsore.

È quasi impossibile descrivere le varietà di forma del corpo e delle pinne dei pesci ossei, perché questi possono essere straordinariamente modificati. Basti ricordare il caso della remora, in cui la pinna dorsale è trasformata in ventosa.



2.1.4 Lo scheletro

Lo scheletro dei Teleostei (Fig. 2-3) consiste nello scheletro assile (notocorda, colonna vertebrale e cranio), quello appendicolare (pinne) e nel dermascheletro (squame, elementi di copertura del cranio).

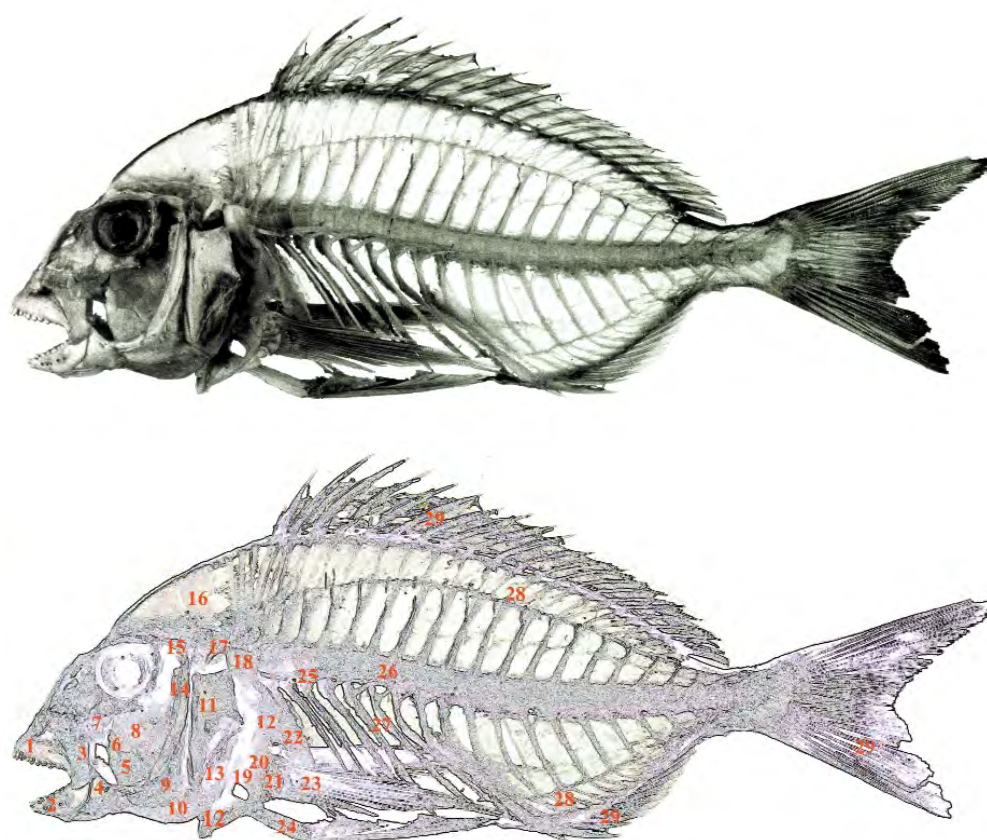


Fig. 2 - Scheletro di orata (*Sparus aurata*, Teleosteo).

1. premascellare	11. opercolare	21. basalia
2. dentale	12. cleitro	22. postcleitro
3. mascellare	13. subopercolare	23. pinna pettorale
4. articolare	14. iomandibolare	24. cinto pelvico e pinna
5. quadrato	15. pterotico	25. coste epipleurali
6. ectopterigoideo	16. scaglia sopraoccipitale	26. vertebre del tronco
7. preorbitale (lacrimale)	17. posttemporale	27. coste pleurali
8. metapterigoide	18. sopracleitro	28. pterigofori
9. preopercolare	19. ipocoracoide	29. raggi o lepidotrichi
10. interopercolare	20. sopracoracoide (scapola)	

(A. Rossi, E. Cataldi, S. Cataudella, archivio L.E.S.A.). Università Tor Vergata, Roma.



Fig. 3 - Scheletro di spigola (*Dicentrarchus labrax*, Teleosteo).

1. premaxillare	12. preopercolare	22. vertebre del tronco
2. maxillare	13. opercolare	23. supporti interni dei raggi o
3. dentale	14. interopercolare	pterigofori della pinna dorsale
4. articolare	15. raggi branchiostegi	24. archi emali
5. basiale	16. subopercolare	25. pterigofori della pinna anale
6. ipoiale	17. cinto pettorale e pinna	26. lepidotrichi della pinna anale
7. ceratoiale	18. cinto pelvico e pinna	27. lepidotrichi della pinna caudale
8. quadrato	19. coste	
9. parasfenoide	20. raggi o lepidotrichi della pinna	
10. metapterigoideo	dorsale	
11. iomandibolare	21. archi neurali	

(A. Rossi, E. Cataldi, S. Cataudella, archivio L.E.S.A.). Università Tor Vergata, Roma.

Il **cranio** è localizzato nella porzione terminale anteriore dello scheletro assile, ed è suddivisibile in neurocranio (regione dorsale) e splanchnocranio (ventrale). Il neurocranio protegge e supporta il cervello ed i maggiori organi di senso della testa. Da un punto di vista funzionale il neurocranio è suddivisibile in regione nasale o etmoidale, regione orbitale, regione otica e regione occipitale. Lo splanchnocranio è unito alle ossa del neurocranio ed è formato essenzialmente da una serie di arcate bilaterali, disposte simmetricamente ai lati della testa, e dalle ossa opercolari. La prima arcata è quella mandibolare formata dagli elementi ossei che sostengono la bocca e la cavità orale. La seconda arcata, ioidea, connette la mandibola con il tetto della bocca e la serie opercolare con il neurocranio. Nell'arcata mandibolare, il premaxillare ed il maxillare sono rilevanti da un punto di vista filogenetico, in quanto fermamente fusi con gli elementi craniali anteriori nei più primitivi Condrostei,



mentre nei Teleostei e nei Condrostei moderni (gli storioni, il *Polyodon* del Mississippi o il *Polypterus* africano) si articolano con l'etmoide ed il vomere. I denti nei Teleostei sono portati dal premaxillare, dal maxillare e dal dentale; solo alcune specie o stadi larvali presentano denti anche sul palatino. In letteratura molte ossa cefaliche vengono utilizzate da un punto di vista tassonomico per discriminare specie diverse.

In tutti i Teleostei, al momento della schiusa, la **notocorda** si presenta come un sottile tubo dritto che percorre l'asse mediano del corpo, dalla regione post-cefalica a quella caudale. È la prima struttura di sostegno del corpo, di origine mesodermica, che nel corso dello sviluppo verrà sostituita, nella sua funzione dalle vertebre, riducendosi ad occupare gli spazi intervertebrali a formare una struttura moniliforme. È composta da un tessuto elastico e resistente, mantenuto rigido dalla sua struttura intrinseca, costituita internamente da cellule vacuolari e da uno strato di connettivo denso esterno. Nel corso dello sviluppo larvale, l'estremità posteriore della notocorda si flette verso l'alto, con modalità e tempi specie-specifici, contribuendo all'asimmetria interna del complesso caudale, tipica della coda omocerca dei Teleostei (Tab. I).

Tab. I - Dati relativi al processo di flessione della notocorda esistenti in letteratura, relativi ad alcuni pesci appartenenti alla famiglia dei Perciformi.

Specie	Inizio (mm)	Termine (mm)	Condizione	Autore
<i>Archosargus rhomboidalis</i>	4,40	5,00	cattività	Houde <i>et al.</i> , 1976
<i>Dicentrarchus labrax</i>	6,30 LS	8,55LS	cattività	Marino <i>et al.</i> , 1993
<i>Gempylus serpens</i>	7,0 LS	9,9 LS	?	Potthoff <i>et al.</i> , 1986
<i>Istiophorus platypterus</i>	6,6 LS	11,7 LS	?	Potthoff <i>et al.</i> , 1986
<i>Lutjanus campechanus</i>	3,9 LN	4,8 LS	selvatici	Potthoff <i>et al.</i> , 1988
<i>Microspathodon chrysurus</i>	3,7 LS	4,00 LS	cattività e selvatici	Potthoff <i>et al.</i> , 1987
<i>Morone saxatilis</i>	7,00-8,00	8	cattività	Fritzsche <i>et al.</i> , 1980
<i>Pagellus erythrinus</i>	5,13 LS	6,00 LS	cattività	Boglione <i>et al.</i> , 2001
<i>Pagrus major</i>	5,00 LN	6,73 LT	cattività	Kohno <i>et al.</i> , 1983
<i>Pagrus major</i>	6,00 LT	?	cattività	Matsuoka, 1987
<i>Sarda sarda</i>	7,5 LS	8,5 LS	?	Potthoff <i>et al.</i> , 1986
<i>Scomber japonicus</i>	5,85 LS	9,10 LS	cattività	Kohno <i>et al.</i> , 1984
<i>Scombrobrax heterolepis</i>	4,5 LS	5,0LS	?	Potthoff <i>et al.</i> , 1986
<i>Seriola dumerili</i>	?	13,12 LT	cattività	Boglione <i>et al.</i> , 2001
<i>Sparus aurata</i>	7,0-7,5 LT	10,00 LT	cattività	Kiriakos <i>et al.</i> , 1994
<i>Sparus aurata</i>	7,0-7,5 LT	9,5-10 LT	cattività	Gagliardi, 1995
<i>Sparus aurata</i>	7,5-8,1 LT	9,5-10 LT	cattività	Koumoundouros <i>et al.</i> , 1997
<i>Thunnus atlanticus</i>	5,3 LS	6,5 LS	?	Potthoff <i>et al.</i> , 1986
<i>Xiphias gladius</i>	5,1 LS	5,6 LS	?	Potthoff <i>et al.</i> , 1986

LN: lunghezza della notocorda.

LS: lunghezza standard (dall'apice del muso al margine degli ipurali).

LT: lunghezza totale (dall'apice del muso al margine della pinna caudale).



L'inizio del processo può essere influenzato dalle condizioni ambientali e quindi risultare soggetto ad una certa variabilità anche all'interno della stessa specie. La flessione della notocorda è un evento fondamentale da un punto di vista della terminologia degli intervalli di sviluppo, poiché permette di suddividere parte dell'ontogenesi larvale in tre stadi: preflessione, flessione e postflessione. Dal punto di vista funzionale, la flessione della notocorda indica un'evoluzione nella modalità di locomozione delle larve.

Le **vertebre** sono elementi ossei che si articolano gli uni con gli altri, le cui arcate permettono l'inserzione dei muscoli e la protezione meccanica dei nervi e di alcuni principali vasi sanguigni. La struttura tipica di una vertebra è presentata in Fig. 4. A livello toracico sono presenti le coste (Fig. 2-3); sono formate da coppie di sottili ossa, incurvate, che si articolano con la loro estremità prossimale alle basapofisi delle vertebre del tronco e, nei Teleostei, terminano libere, all'estremità distale.

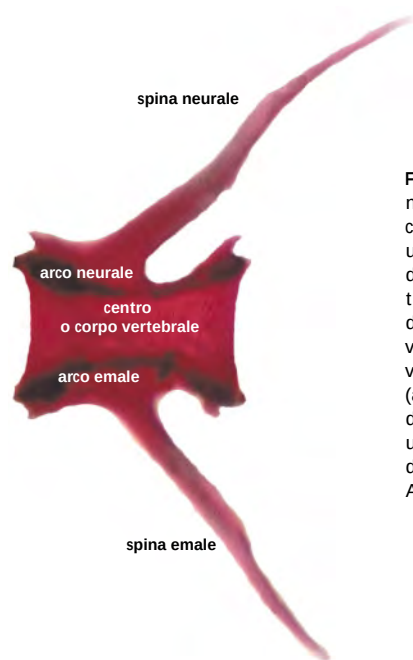


Fig. 4 - Tipica vertebra di Teleosteo (la regione anteriore del corpo, la testa, è a sinistra, la coda a destra). Strutturalmente è formata da un corpo cilindrico, detto centro, e da due paia di lamine ossee pari, dorsali e ventrali, le quali possono saldarsi distalmente dando luogo agli archi vertebrali ed ai relativi processi (spine neurali ed emali). I centri vertebrali sono concavi alle loro estremità (anficelici): tale forma permette che nei punti di giunzione tra due vertebre sia presente una cavità, dove alloggia il residuo vestigiale della notocorda (colorazione: rosso Alizarina).

Lo **scheletro appendicolare** (Fig. 2-3) è composto dal cinto pettorale, dal cinto pelvico, e dalle strutture di sostegno (interne alla massa muscolare, pterigofori, ed esterne, lepidotrichi) delle pinne impari, disposte sull'asse mediano del corpo, e delle pinne pari, simmetriche rispetto a tale asse.

Morfologicamente la pinna anale e quella dorsale si assomigliano molto; in alcune specie, entrambe presentano dei raggi duri, non segmentati, anteriori, seguiti da raggi morbidi, segmentati, posteriori. Il numero di pinne dorsali varia a seconda delle specie.



Il **complesso caudale** (Fig. 5) dei Teleostei rappresenta il principale organo di propulsione per la maggior parte delle specie allo stadio adulto, tranne per l'ordine dei Tetraodontiformi e dei Pomacentridi, per i quali tale compito è assolto dalle pinne pettorali. L'evoluzione del complesso caudale fornisce utili informazioni sistematiche ed evolutive. Nei Teleostei è comune la disposizione omocerca della coda, contraddistinta da una chiara simmetria esterna dei due lobi, che non corrisponde ad una simmetria scheletrica. La morfologia esterna simmetrica suggerisce una spinta idrodinamica alla quale concorrono in egual modo entrambi i lobi della coda: questo modello, proprio dei Pesci più moderni, si discosta da quello della coda eterocerca, propria dei pesci più primitivi, principalmente in grado di fornire una spinta idrodinamica verso il basso, in ragione della sua forte asimmetria.

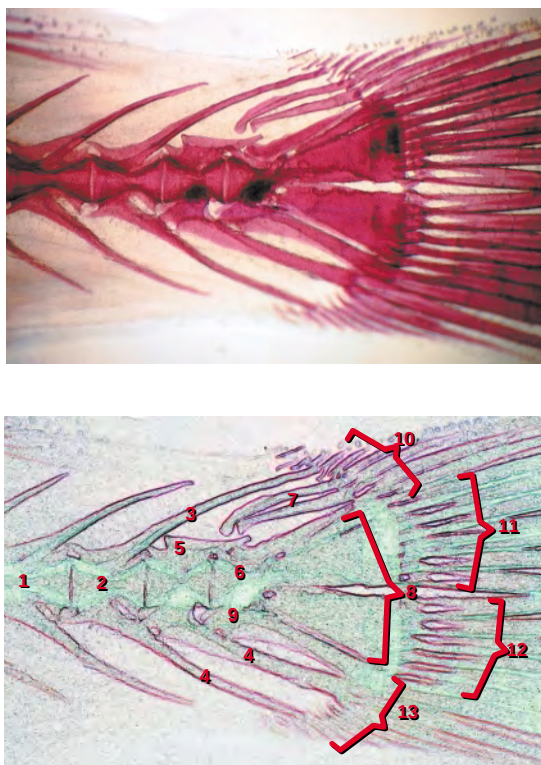


Fig. 5 - Scheletro della regione caudale (cefalo, *Mugil cephalus*, Mugilidae, Teleostei). 1: vertebra emale. La necessità di fornire un'ampia superficie di impianto ai muscoli caudali è alla base delle ampie espansioni laterali delle spine neurali (3) ed emali (4) delle ultime vertebre, le vertebre caudali (2). La penultima vertebra ha un arco neurale modificato, privo della neurospina (stegurale, 5). L'ultima vertebra (urostilo, 6) presenta il corpo modificato, testimonianza della flessione della notocorda: infatti il suo corpo vertebrale coniforme, più lungo del normale, piega verso l'alto nella sua porzione distale, formando un angolo di circa 45°. Il paraipurale (9) è l'ultimo arco emale della colonna vertebrale ed è chiuso da una lunga spina espansa lateralmente, che supporta alcuni raggi principali. In posizione dorsale al paraipurale sono situati gli ipurali (8), che si presentano come lamine ossee fortemente compresse. Nel cefalo, è il primo ipurale che sostiene i raggi del lobo inferiore della coda, mentre gli altri due sostengono quello superiore. Nella regione dorsale all'urostilo sono presenti gli epurali (7), elementi epiassiali con forma ellissoidale, che sostengono parte dei raggi secondari superiori (10). I raggi della pinna caudale sono distinti in principali o lepidotrichi (11 e 12), e secondari o dermatotrichi (10 e 13), superiori e inferiori.



2.1.5 Funzioni e struttura della pelle

La struttura della pelle che ricopre e protegge i pesci è mostrata nella Fig. 6. La pelle produce muco che dà parte dell'odore ai pesci e probabilmente costituisce la fonte della comunicazione chimica fra di essi, oltre a minimizzare l'attrito con l'acqua e a portar via, staccandosi, microrganismi o sostanze irritanti che vi si accumulerebbero. Ad eccezione di poche specie nude, la pelle dei pesci è coperta da scaglie ossee, inserite in sacche, uniformemente distribuite, o localizzate solo in alcune zone (es. nella carpa a specchi). Grandezza, colore e struttura variano nei vari gruppi sistematici. Nella maggior parte dei casi le scaglie sono embricate, sovrapponendosi le une alle altre, e solo in alcuni pesci sono a mosaico (es. nell'anguilla).

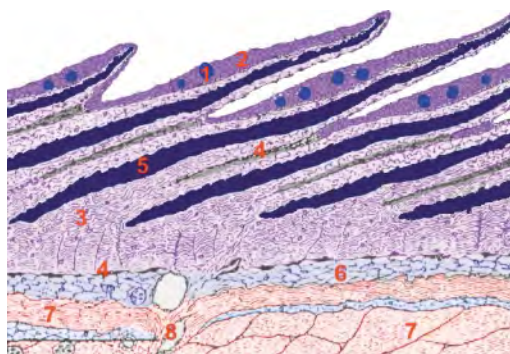


Fig. 6 - Schematizzazione della pelle di un pesce Teleosteo. 1: cellule mucipare; 2: strato epidermico; 3: strato dermico, che nella porzione basale è composto principalmente da tessuto connettivo fibroso; 4: cromatofori; 5: scaglie; 6: tessuto sottocutaneo; 7: tessuto muscolare; 8: miossetto.

2.1.6 Comunicazione e sistemi sensoriali

Poichè i pesci posseggono tutti i sistemi di recezione degli stimoli ambientali degli animali terrestri, noi possiamo grossolanamente comprendere gli stimoli che ricevono, anche se, per le specificità richieste dagli adattamenti ai vari ambienti acquatici, si possono riscontrare notevoli differenze interspecifiche negli organi di senso di questi vertebrati. I pesci però posseggono anche recettori di stimoli a noi sconosciuti (per es. quelli che captano cambiamenti di pressione dell'acqua prodotti dai movimenti del pesce stesso o da organismi vicini, prede e predatori, e forniscono come un senso di "tatto a distanza") o i recettori che captano stimoli elettrici.

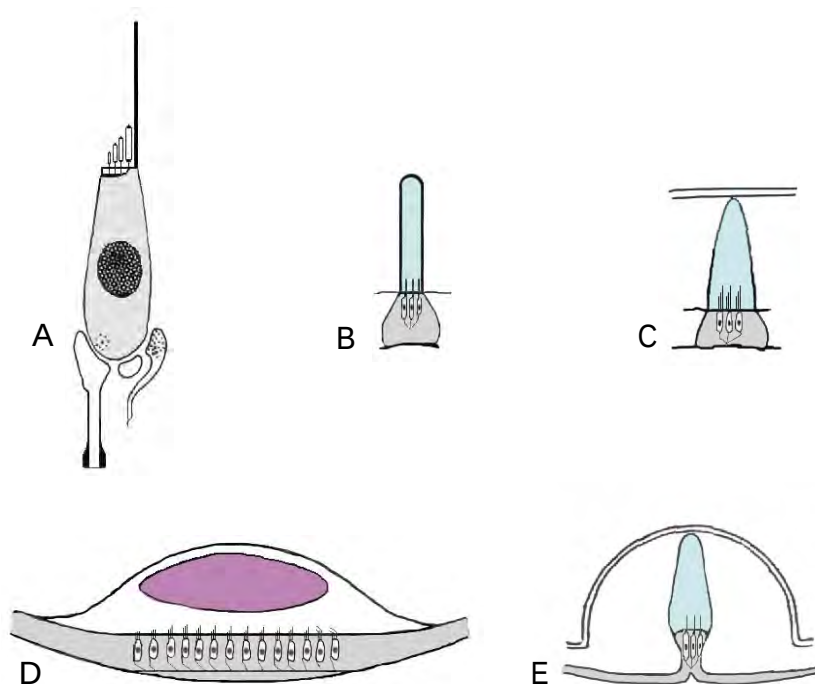


Fig. 7 - Meccanorecettori. A: Unità meccanorectrice di base, il neuromasto. Apicalmente sono presenti dei fasci di ciglia che si proiettano nella cupola gelatinosa (non mostrata in questa figura). Il più lungo di queste è il cnidociglio, le più corte sono stereociglia. B: Neuromasto libero. La cupola gelatinosa (in azzurro), che racchiude le stereociglia ed il cnidociglio, fuoriesce dalla superficie epiteliale. C: Neuromasto della linea laterale. I singoli neuromasti sono contenuti in canali disposti nelle ossa dermiche nella regione del capo ed in scaglie modificate nella regione del tronco. D: Schema di una macula sensoriale presente nell'utricolo, sacculo e lagena (organi otolitici) dell'orecchio interno. La cupola si specializza formando la membrana otolitica, la quale incapsula un otolite calcareo (in rosa). E: Schema di una cresta ampollare, presente in ognuno dei tre canali semicirculari nel tratto in cui si distaccano dall'utricolo, nell'orecchio interno. Queste aree sensoriali sono prive di concrezioni calcaree.

La cellula meccanosensoria, il **neuromasto**, la cui struttura è mostrata nella Fig. 7, è attivata dai movimenti della cupola gelatinosa, provocati dall'acqua, che stimolano le ciglia. Al neuromasto arriva una doppia innervazione: una innervazione porta le informazioni al cervello, l'altra è inibitoria, "spegne" le cellule. Alla superficie del corpo i neuromasti possono essere liberi o raggruppati in piccole aree dentro canali o fossette (vari canali nella testa, con connessioni tra i due lati, e uno ai lati del tronco) a formare nell'insieme la "linea laterale" (Fig. 8).



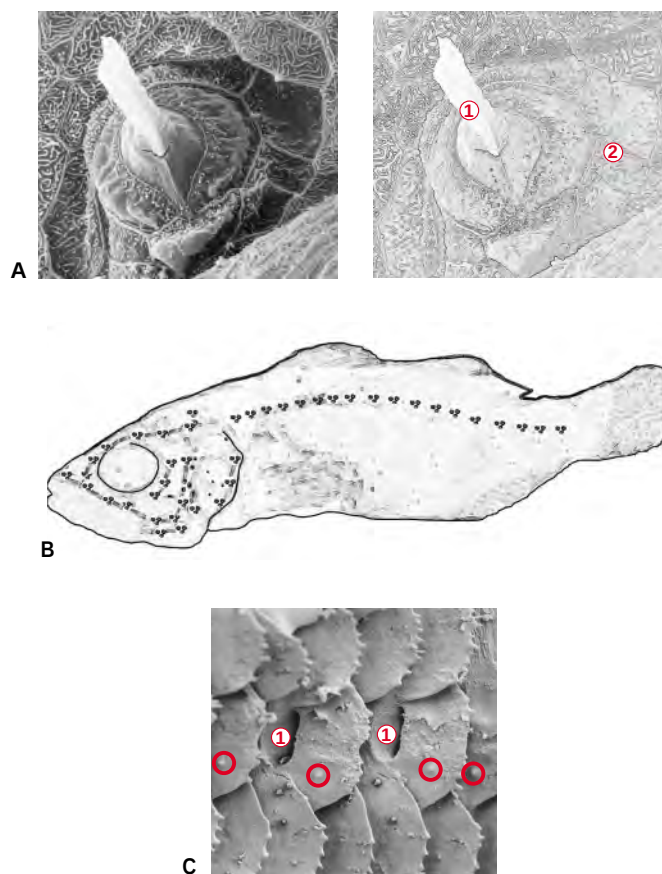


Fig. 8 - Sistema della linea laterale. A: Microfotografia al SEM di un neuromasto libero (Foto di G. Monaco). 1: Cupola mucopolisaccaridica che ricopre il cnidociglio e le stereociglia. 2: Cellule di sostegno. B: Esempio della disposizione dei canali della linea laterale cefalica e del tronco. C: Microfotografia al SEM delle scaglie forate (1) del canale della linea laterale del tronco (Foto di C. Boglione). Alcuni neuromasti liberi (cerchi) permangono esternamente sulle scaglie.

Neuromasti sono raggruppati anche in varie aree dell'orecchio interno (Fig. 7) a formare *cristae* nelle ampole dei canali semicircolari, e *maculae* nel sacco, utricolo e lagena. In questi ultimi sono sovrastati da otoliti, come in tutti i Vertebrati. Tuttavia nei pesci, a differenza degli altri Vertebrati, le aree dell'orecchio interno sembrano essere tutte multifunzionali, sensibili sia all'equilibrio spaziale che alle vibrazioni sonore. E vi sono evidenze che questo piano strutturale e funzionale generale possa presentare molte variazioni specifiche.

La sensibilità acustica è in molti pesci ampliata da variazioni di volume della vescica natatoria, il cui gas è comprimibile dalle onde sonore. La parete della vescica genera così delle vibrazioni che vengono trasmesse all'orecchio, con cui la vescica può essere a contatto direttamente o tramite una serie di 4 ossicini, gli ossicini di Weber. Organo multifunzionale, come molti organi dei



pesci, la vescica natatoria sembra essere anche produttrice di suoni.

Tutto questo insieme di meccanosensori costituisce il sistema acustico-laterale o, con termine scientifico più attuale, "ottavolaterale".

I sensori di stimoli elettrici si ritrovano solo in piccoli gruppi di animali acquatici, sia pesci che anfibi. Riguardo alla loro morfologia e fisiologia, le cellule sono simili ai neuromasti. Possono essere racchiuse in organi ampollari, specializzati per le basse frequenze e diffusi in tutte le specie di pesci elettrosensibili (agnati, pesci cartilaginei e ossei) o in organi tuberosi, per le alte frequenze, e presenti solo in Gimnotidi e Mormiridi, che possiedono anche organi che producono campi elettrici.

2.1.7 Coordinamento funzionale: sistemi nervoso ed endocrino

Il piano strutturale del **cervello** è simile in tutti i pesci, con regioni che hanno in genere un ben definito ruolo funzionale di ricezione, elaborazione e conduzione, legate ai vari organi di senso. Quindi vi sono differenze interspecifiche considerevoli nello sviluppo delle varie regioni, dovute al ruolo di particolari sensi in peculiari adattamenti (Fig. 9).

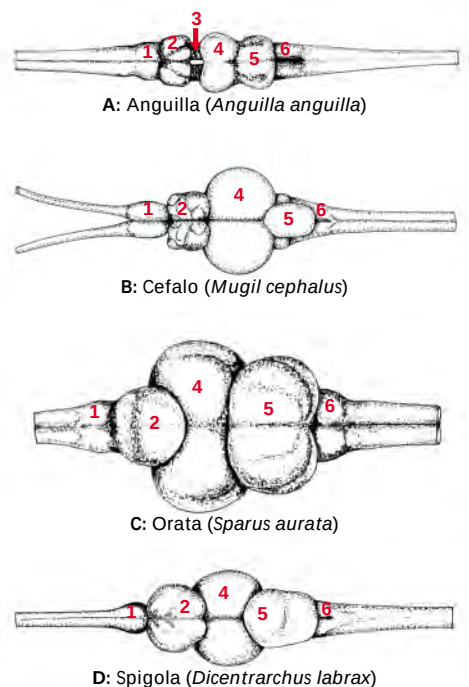


Fig. 9 - Encefalo (visione dorsale)

1. Tratto e bulbo olfattorio.	5. Metencefalo, area dell'equilibrio e del tono muscolare.
2. Telencefalo, area dell'olfatto.	6. Mielencefalo, area gustatoria e della linea laterale.
3. Diencefalo (visibile in visione dorsale solo in anguilla).	
4. Mesencefalo, area della vista.	



Tuttavia in tutti i pesci adulti il rapporto tra peso del cervello e peso totale è uguale ed è simile a quello degli Anfibi e Rettili. Solo rispetto ad Uccelli e Mammiferi, i Pesci (eccetto i pesci cartilaginei) hanno un cervello piccolo, cioè con meno neuroni e connessioni meno complesse. I nervi cranici sono solo 10 paia.

Il midollo spinale è caratterizzato dalla presenza di due neuroni giganti, le cellule di Mauthner, i cui grandi assoni scendono per l'intera lunghezza del midollo spinale. Queste cellule, presenti anche negli Anfibi Urodela, controllerebbero la locomozione di questi animali, i soli che si muovono ondulando il corpo.

Per il coordinamento dei processi fisiologici, anche nei pesci si è sviluppato ed evoluto un complesso **sistema endocrino**, complementare a quello nervoso. Inoltre, come negli altri Vertebrati, si vanno identificando un numero sempre crescente di molecole messaggere capaci di "coordinare" le singole funzioni in quell'unità di sistema che è la vita di un organismo. Il sistema endocrino dei pesci nella Fig. 10 è confrontato con quello umano. Il piano generale è simile ma bisogna tener conto che vi sono due fondamentali differenze: differenti funzione di alcuni ormoni (nonostante abbiano gli stessi nomi) e ormoni tipici dei pesci.

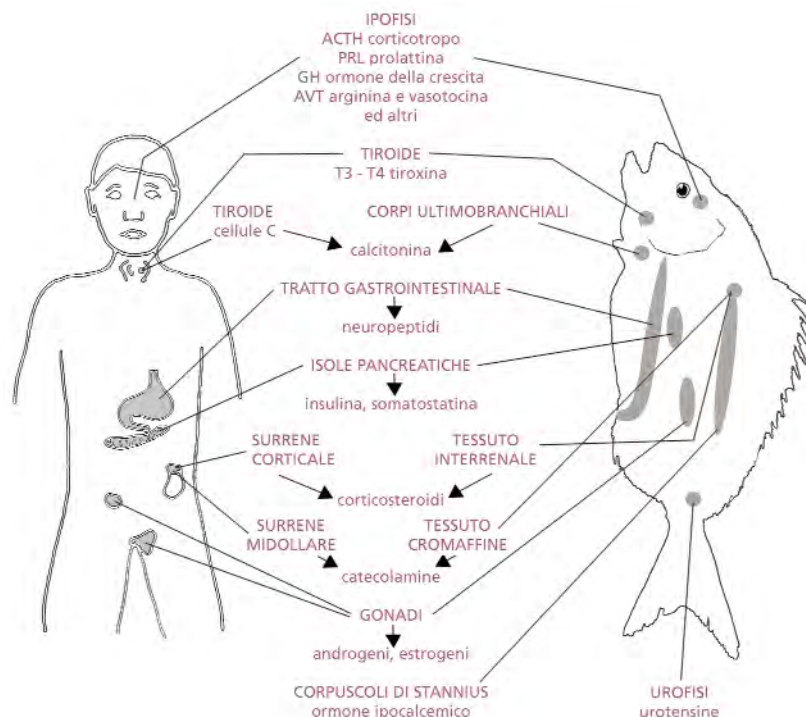


Fig. 10 - Le più importanti ghiandole endocrine ed i principali ormoni prodotti, in un uomo ed in un pesce.



Gli aspetti specifici di questo sistema sono legati alla stretta relazione che hanno i pesci con l'ambiente acquatico, specialmente nella regolazione idro-salina, come ad esempio la presenza di un sistema neurosecretorio caudale, l'urofisi, che secerne vari ormoni (urotensina I, II, III e IV) con effetto sull'osmoregolazione.

2.1.8 Scambi gassosi: branchie, sangue e circolazione

L'acqua contiene relativamente poco ossigeno, se confrontato con quello contenuto nell'aria. Poichè l'ossigeno attraversa le cellule solo per diffusione, le **branchie**, deputate ad assumere ossigeno, hanno una superficie di scambio molto estesa, che varia da 0,07 a 1,35 m/kg di peso, in genere anche in relazione al livello di attività della specie. Tuttavia anche le specie più attive, i tonni per esempio, che hanno la più ampia superficie branchiale (ben 6 milioni di lamelle) hanno sempre una superficie respiratoria inferiore ad un mammifero della stessa taglia. Un'ampia superficie permeabile è in conflitto con la necessità, in ambiente acquatico, di tenere costante e regolata la concentrazione idro-salina dei liquidi interni.

La struttura delle branchie di un pesce osseo è mostrata nella Fig. 11. Le 4 arcate branchiali sono protette da un opercolo, che in molte specie porta internamente una pseudobranchia, con probabile funzione secretoria.

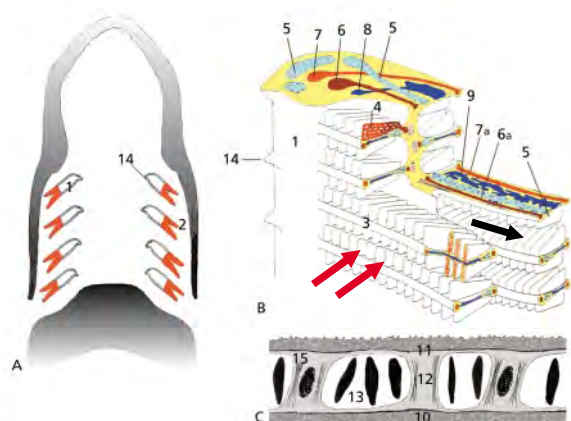


Fig. 11: Schema illustrante l'organizzazione delle branchie nei Teleostei. A) Sezione frontale del faringe: ciascuna arcata branchiale porta due emibranchie. B) Schema dell'organizzazione di un'arcata branchiale con la relativa circolazione sanguigna: le due emibranchie sono formate da una serie parallela di filamenti portanti ciascuno perpendicolarmente una serie di lamelle respiratorie. Le frecce rosse mostrano la direzione del flusso dell'acqua, quella nera la direzione del flusso del sangue. C) Sezione di lamella respiratoria.

1: arcata branchiale; 2: emibranchia; 3: filamento; 4: lamella e sua vascolarizzazione; 5: scheletro della branchia; 6: arteria afferente branchiale; 6a: arteria afferente del filamento; 7: arteria efferente branchiale; 7a: arteria efferente del filamento; 8: vena branchiale; 9: seno venoso; 10: epitelio; 11: membrana basale; 12: cellule pillari; 13: globuli rossi; 14: branchiospine; 15: filamenti di miosina.



Le unità base degli scambi gassosi sono le lamelle (Fig. 11-12), tra le quali il flusso dell'acqua è costretto a passare controcorrente rispetto al flusso del sangue. Il numero di queste, lo stretto spazio che le divide e la sottigliezza della barriera tra ossigeno disciolto in acqua e sangue determinano l'efficienza dello scambio.

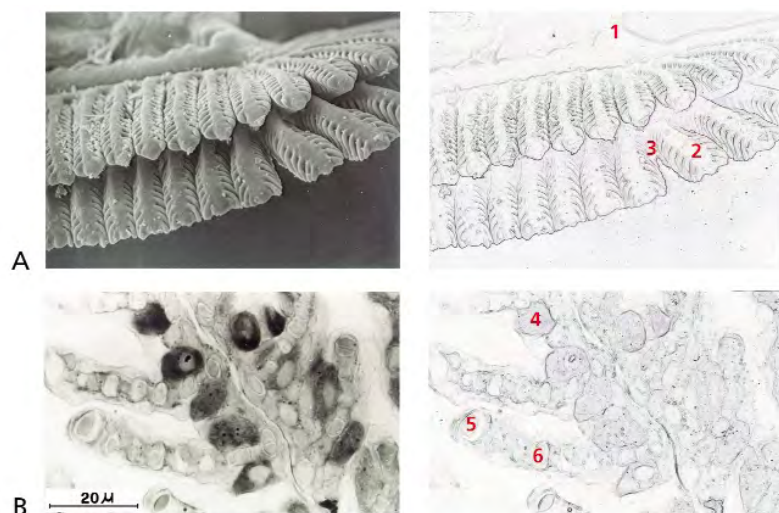


Fig. 12 - Ceca di *Anguilla anguilla*. A. Microfotografia al SEM di un'arcata branchiale. B. Sezione di un filamento e relative lamelle. 1: arcata branchiale; 2: filamento; 3: lamelle; 4: cellule a cloruri; 5: globuli rossi; 6: cellule pillari.

L'ossigeno deve attraversare lo strato epiteliale che ricopre la lamella, la membrana basale di questo e sottili flange delle cellule pillari. Questa barriera è più sottile nelle specie più attive e probabilmente regolabile da contrazioni di filamenti di miosina delle cellule pillari.

Sincrone espansioni e contrazioni della cavità boccale e dell'opercolo, contrazioni della muscolatura intrinseca degli archi branchiali, spesso insieme al nuoto a bocca aperta, determinano un flusso continuo dell'acqua attraverso le branchie, detto ventilazione. Se nell'acqua si determina un abbassamento della tensione di ossigeno, i pesci rispondono aumentando, entro certi limiti, la frequenza e l'ampiezza della ventilazione.

Anche le branchie sono un organo multifunzionale, oltre la respirazione effettuano altre due funzioni, escrezione ed osmoregolazione.

L'ossigeno è trasportato dal **sangue** ai tessuti, prevalentemente legato all'emoglobina e in minima quantità disciolto nel plasma, con differenti strategie interspecifiche e intraspecifiche attuate per ottimizzare il trasporto secondo le varie esigenze. Anche la CO₂, prodotta nei tessuti dal metabolismo aerobico, è trasportata dal sangue, in parte disciolta e in parte chimicamente legata nel plasma e nei globuli rossi, con un efficiente sistema,



complementare al trasporto di O_2 .

Il sangue, oltre ai gas, trasporta nel plasma e distribuisce ormoni, metaboliti, proteine, lipidi, elettroliti.

Come negli altri Vertebrati, la parte corpuscolata del sangue consiste in eritrociti (in genere ovali e nucleati) e globuli bianchi. Numero, grandezza, struttura e funzione di queste cellule può variare tra i vari gruppi di pesci.

Sia le concentrazioni dei componenti del plasma sia la parte corpuscolata sono soggette a variazioni strettamente legate allo stato fisiologico del pesce, e quindi i valori di molti parametri ematici sono adoperati, anche nei pesci, a fini diagnostici.

Il **sistema circolatorio** dei pesci è semplice (Fig.13) con circolazione respiratoria e sistemica messe in serie.

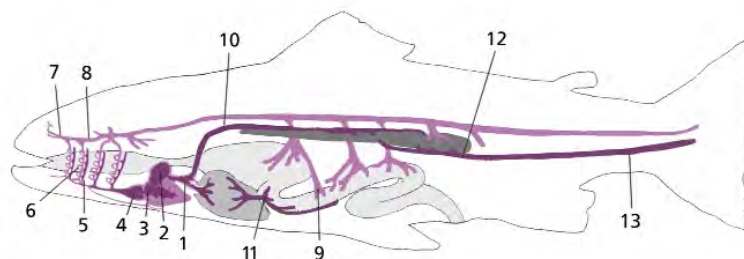


Fig. 13 - Cuore e vasi principali del sistema circolatorio. 1: seno venoso; 2: atrio; 3: ventricolo; 4: bulbo; 5: aorta ventrale; 6: afferenti ed efferenti branchiali; 7: carotidi; 8: aorta dorsale; 9: arterie mesenteriche; 10: vena cardinale posteriore; 11: vena porta epatica; 12: vene porta renali; 13: vena caudale. (Modificato da M. Jobling, 1995)

Il **cuore**, contenuto in un sacco pericardico, è formato, nei pesci ossei, da quattro concamerazioni anatomicamente distinte. Il seno venoso, a parete molto sottile, riceve il sangue venoso dagli organi anteriori tramite le vene giugulari, e da quelli posteriori tramite i dotti di Cuvier e la vena epatica; funzionalmente è importante perché dà inizio e regola il battito cardiaco. L'atrio ha una parete con sottili travature muscolari che, contraendosi, riempiono di sangue il ventricolo. Questo può avere forma, dimensione e muscolatura, a trabecole o compatta, differente nelle varie specie. Il bulbo infine, è una camera elastica che smorza la pressione del sangue dovuta alle pulsazioni ventricolari, e lo invia alle branchie con un flusso costante.

L'aorta ventrale, che parte dal cuore anteriormente, distribuisce il sangue venoso alle branchie. Dopo lo scambio gassoso a livello delle lamelle secondarie, il sangue arterioso viene distribuito ai tessuti, anteriormente tramite le carotidi e posteriormente con l'aorta dorsale.

Il sangue che irrori i segmenti anteriori del pesce torna direttamente al cuore, mentre dai muscoli e dai visceri posteriori passa prima rispettivamente attraverso il rene e il fegato.



2.1.9 Nutrizione e sistema digerente

I pesci possono alimentarsi con modalità di ricerca e presa del cibo molto diverse. Vi sono pesci predatori, succhiatori, raschiatori, filtratori. La maggior parte dei pesci sono carnivori, poche specie erbivore, altri onnivori. Alcune specie sono monofaghe o stenofaghe cioè si alimentano con una sola o poche categorie alimentari, ma la maggior parte dei pesci è eurifaga. Questa versatilità è necessaria dato il verificarsi di naturali fluttuazioni, sia quantitative che qualitative, del cibo di cui dispongono.

Il **tratto digerente** dei pesci (Fig.14-15), strutturato sul piano generale proprio dei Vertebrati, presenta molti adattamenti differenti (anche intraspecifici, per esempio vi possono essere differenze tra giovanili ed adulti), correlabili alle differenti abitudini alimentari e alla forma del corpo. Questa alta variabilità spiega in parte il successo evolutivo dei pesci.

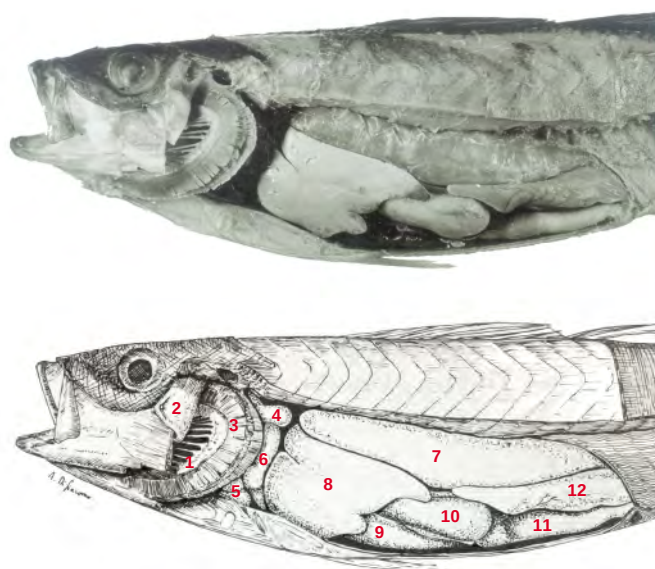


Fig. 14 - Apparato digerente di spigola (*Dicentrarchus labrax*), una specie predatrice carnivora. 1: branchiospine; 2: pseudobranchia; 3: branchia; 4: rene cefalico; 5: cuore; 6: vene cardinali; 7: vescica natatoria; 8: fegato; 9: intestino intermedio; 10: stomaco; 11: intestino posteriore; 12: gonade. (A. Rossi, E. Cataldi, S. Cataudella, archivio L.E.S.A.). Università Tor Vergata, Roma.

Posizione, grandezza, struttura della bocca e struttura del faringe variano, strettamente legate alle modalità di presa del cibo, al tipo e alla grandezza di questo. Labbra e lingua nei pesci sono solo pieghe cutanee che ricoprono elementi ossei, non è mai presente tessuto muscolare. I predatori hanno grosse mascelle portanti denti ben sviluppati per afferrare e tenere o per trinciare. I pesci che si nutrono di crostacei o comunque di organismi duri da frantumare hanno denti modificati in vere e proprie piastre trituratrici (es. nell'orata). Tutti gli elementi ossei che formano bocca e faringe possono portare denti, la cui disposizione è caratteristica della specie. I pesci filtratori



invece possiedono adattamenti del faringe (Fig. 15) che possono riguardare sia la volta che il pavimento. Il pavimento è formato dalle arcate branchiali portanti dentelli o spine ossee più o meno sviluppate che, intrecciandosi, formano un retino filtrante.

La funzione digestiva nella maggior parte dei pesci inizia nello stomaco. Stomaco ed intestino possono variare anatomicamente in relazione al tipo di dieta o alla quantità relativa dei vari componenti della dieta. Lo stomaco è presente in genere, ma non sempre, nelle forme carnivore. Nei predatori, in particolare, è ben sviluppato ed estensibile. La lunghezza dell'intestino è altamente variabile, in genere è più corto nei carnivori che negli onnivori, ed in questi è più corto che negli erbivori che devono ingerire una più gran quantità di cibo per ottenere i nutrienti loro necessari. Per aumentare la superficie intestinale son state attuate anche altre strategie, quali la presenza di appendici piloriche per l'intestino anteriore (per es. nei cefali) e della valvola a spirale per quello posteriore (per es. nei salmoni).

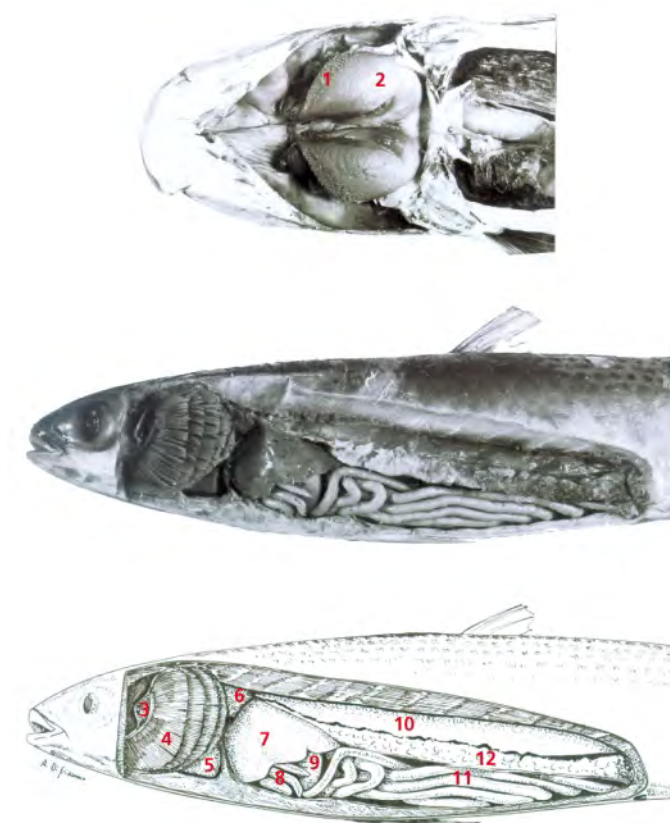


Fig. 15: Organo palatino della volta del faringe (fotografia in alto) ed apparato digerente di cefalo (*Mugil cephalus*), una specie filtratrice detritivora. 1: area denticolata; 2: area gustatoria; 3: pseudobranchie; 4: branchie; 5: cuore; 6: rene cefalico; 7: fegato; 8: appendici piloriche; 9: stomaco muscolare; 10: vescica natatoria; 11: anse intestinali; 12: grasso.

(A. Rossi, E. Cataldi, S. Cataudella, archivio L.E.S.A.). Università Tor Vergata, Roma.



A questa diversificazione anatomica non corrisponde, a livello delle mucose, una pari diversificazione istologica, sebbene presenza e quantità degli enzimi prodotti sembrano correlate con la dieta. Le ghiandole gastriche sono formate da un solo tipo di cellule che secernono sia pepsina che acido cloridrico. La mucosa intestinale e dei cecchi è un semplice epitelio colonnare di cellule assorbenti a microvilli e cellule mucipare. In nessun pesce è stata descritta la presenza di ghiandole unicellulari o pluricellulari. È stata invece spesso descritta una digestione endocellulare, caratteristica degli Invertebrati piuttosto che dei Vertebrati.

Il fegato è presente anteriormente nella cavità addominale, con un numero variabile di lobi, la cui forma ed estensione non sono rigidamente prestabilite. La bile, che ha la stessa composizione di quella dei mammiferi, si concentra nella vescichetta biliare.

Il pancreas, che produce tripsina, carboidrasi e lipasi, è presente in masserelle lungo i vasi e nel fegato.

2.1.10 Escrezione: branchie e rene

Nei pesci l'ammoniaca è il maggior prodotto della degradazione delle proteine assunte con la dieta o, durante il digiuno, delle proteine strutturali. Tutti i pesci producono anche urea, la cui sintesi, essendo costosa, viene effettuata prevalentemente in condizioni in cui è difficile l'escrezione di ammoniaca.

C'è ancora molto da studiare su quali siano i siti e i meccanismi di eliminazione dell'ammoniaca, che viene prodotta prevalentemente nel fegato. Senz'altro le branchie hanno un ruolo predominante, ma nei pesci marini sembra che anche la pelle abbia un ruolo importante, mentre nei pesci d'acqua dolce è maggiore quello del rene. Non è ancora certo se dalle branchie diffonde come ammoniaca (NH_3) o con scambio elettroneutrale, come NH_4^+ , con H^+ o Na^+ . L'ammoniaca dell'acqua produce effetti tossici sui pesci più che la forma ionizzata. La quantità dell'ammoniaca escreta è senz'altro in relazione con l'acidità o alcalinità dell'ambiente e con la concentrazione stessa di ammoniaca dell'ambiente e questo è di grande importanza pratica quando si tratta di pesci confinati in un ristretto volume d'acqua.

Anche sui siti di escrezione dell'urea i dubbi sono tanti. L'urea nell'urina è in maggior quantità che l'ammoniaca, tuttavia in molti pesci l'escrezione dalle branchie è sempre predominante su quella dal rene, specialmente per le specie marine, in cui è in discussione anche un ruolo della pelle.

Quindi, contrariamente a quanto siamo abituati a pensare, il rene nei pesci



è solo secondariamente un organo escretore, mentre è principalmente, come si vedrà appresso, un organo osmoregolatore. Anatomicamente il **rene** è costituito da due lunghe masse scure che decorrono longitudinalmente incassate ai lati della colonna vertebrale, al di fuori della cavità peritoneale. La parte cefalica, pronefro, spesso separata più o meno nettamente dalla parte posteriore, è funzionante nell'embrione e nella larva, mentre nell'adulto è formata di tessuto emopoietico e tessuto ghiandolare di due tipi, cellule interrenali e cromaffini. La parte caudale, opistonefro, presenta una gran variabilità di forme e grandezze tra le varie specie. Vi sono due dotti escretori che, in molte specie, prima di sboccare all'esterno, posteriormente all'apertura anale, si uniscono a dare una vescica.

L'unità funzionale è comunque sempre un nefrone sul modello generale dei Vertebrati (Fig.16), ma con differenze morfofunzionali legate alla funzione osmoregolatrice, quindi alla salinità ambientale.

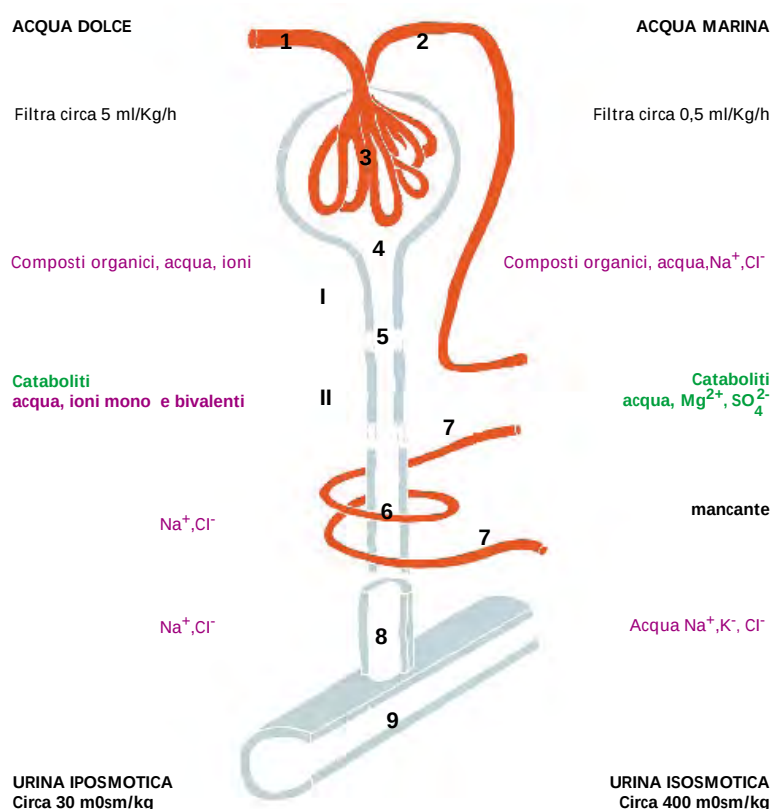


Fig. 16 - Modello di un nefrone di Teleosteo e principali funzioni dei vari segmenti in acqua dolce e marina. Il colore viola dei caratteri indica il riassorbimento dal filtrato, mentre il colore verde la secrezione. 1: arteriola afferente; 2: arteriola efferente; 3: glomerulo; 4: capsula di Bowman; 5: tubuli prossimali (I e II); 6: tubulo distale; 7: arteriole afferente ed efferente della porta renale; 8: tubulo collettore; 9: dotto collettore. (Modificato da M. Jobling, 1995)



2.1.11 Regolazione idrosalina

In tutti i pesci, come anche nei Vertebrati terrestri, acqua e sali dei liquidi interni (plasma e liquidi interstiziali) sono determinanti per la maggior parte dei processi biochimici dell'organismo. Devono quindi essere mantenuti ad una concentrazione specifica ottimale sempre costante, in opposizione alle variazioni che i cambiamenti ambientali possono indurre attraverso le superfici permeabili.

Le differenti specie di pesci attuali vivono in acque la cui salinità può variare enormemente. La maggior parte dei pesci di mare o d'acqua dolce sono stenotalini, tollerano cioè solo minime variazioni di salinità ambientale. Vi sono poi dei pesci (1%) eurialini, che sono capaci di vivere in acque a differente salinità, con un notevole vantaggio dal punto di vista ecologico poiché possono sfruttare, per alimentarsi, la grande produttività delle acque a salinità intermedia, come le lagune salmastre e le foci dei fiumi. Gran parte dei pesci dei nostri mercati, come spigole, cefali, orate, saraghi, anguille e salmoni, sono forme eurialine.

I pesci, sia in habitat marini che d'acqua dolce, hanno una concentrazione salina del plasma che varia tra 300 e 400 mOsm/l, molto più bassa dell'acqua di mare e molto più alta dell'acqua dolce.

Sebbene la pelle sia impermeabile all'acqua ed ai sali, vi sono vaste aree permeabili, come le branchie e le mucose della bocca e del digerente. I pesci devono mantenere un gradiente osmotico attraverso queste superfici, controbilanciando, in mare, l'assunzione di sali e le perdite d'acqua, ed in acqua dolce l'assunzione d'acqua e le perdite di sali. Ed i pesci eurialini devono poter alternare i due opposti meccanismi.

Il mantenimento dell'equilibrio idrosalino è dovuto alla funzione integrata di tre organi (branchie, rene, digerente) sotto il controllo di vari ormoni.

Un pesce marino (Fig. 17) reintegra l'acqua, bevendo acqua salata. L'acqua, a livello di aree specializzate della mucosa esofagea (aree di epitelio monostratificato a microvilli), viene dissalata e resa isoosmotica, e quindi viene assorbita quando transita nell'intestino, con un meccanismo di osmosi comune a tutti i Vertebrati. Il carico eccedente di sali, quelli assorbiti direttamente dall'ambiente e quelli dall'acqua bevuta, viene riequilibrato dall'attività delle "cellule a cloruri", o "cellule ricche di mitocondri" dell'epitelio del filamento branchiale. Queste cellule hanno una morfologia particolare e sono ricche dell'enzima chiave di questi processi, la $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-ATPasi}$, una pompa ionica che trasporta gli ioni contro gradiente. Il rene dei pesci marini deve perdere poca acqua ma eliminare sali.

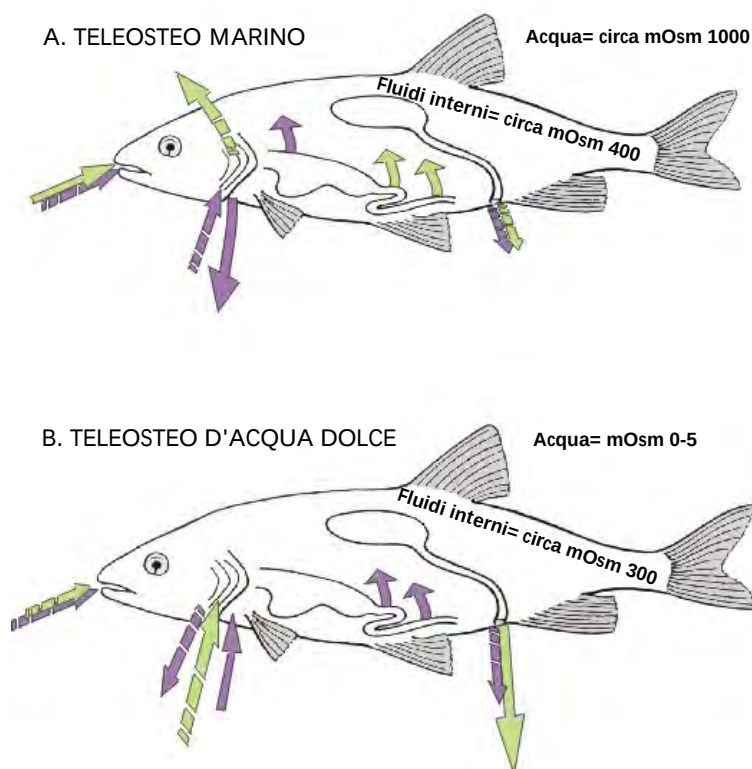


Fig. 17 - Regolazione idro-salina nei Teleostei. Le frecce tratteggiate indicano gli scambi passivi di acqua (in verde) e sali (in viola), le intere quelli regolati. Per scambi passivi si intendono perdite o assunzioni per diffusione o per meccanismi fisiologici non controllabili, per scambi regolati, il trasporto attivo attuato da pompe ioniche o funzioni fisiologiche messe in atto per riequilibrare gli scambi passivi.

I nefroni sono in numero inferiore che in acqua dolce, e mancano del segmento distale. I glomeruli sono ridotti.

In acqua dolce invece, l'eccesso d'acqua viene escreta sotto forma di abbondante urina. I sali vengono introdotti col cibo e dalle branchie con un meccanismo ancora non chiarito.

I pesci eurialini sono in grado di adattarsi alle differenti salinità modificando rapidamente sia struttura che biochimica di questi organi secondo i modelli sopra descritti.

2.1.12 Adattamento e stress

I pesci reagiscono ad ogni cambiamento endogeno e/o esogeno con grandi capacità di adattamento a livello comportamentale, fisiologico e biochimico. Tuttavia quando i cambiamenti sono al di fuori di un range che possiamo definire "normale", il sistema fisiologico del pesce viene "stressato" con



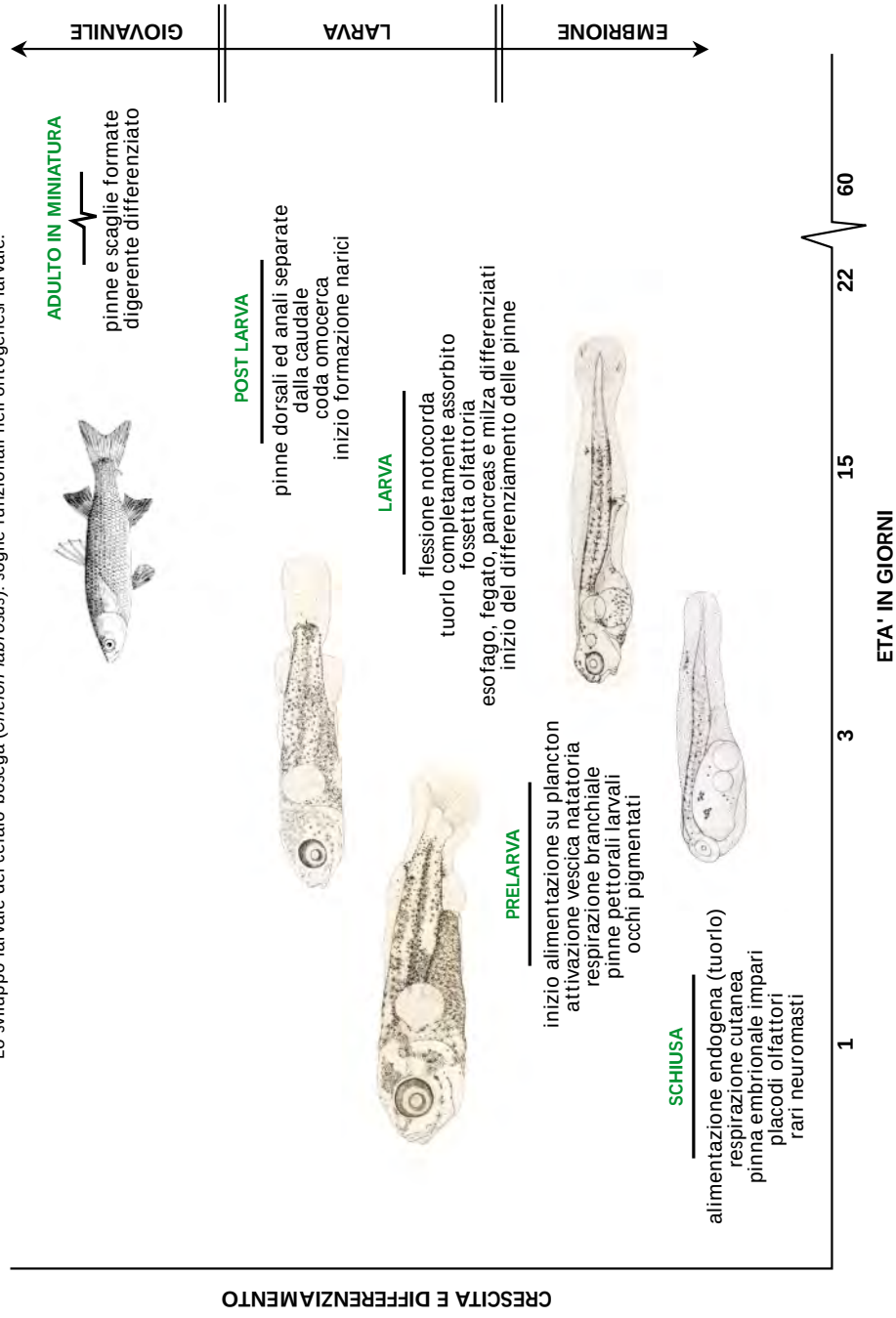
effetti che possono essere drammatici, fino alla morte. Anche uno stato di stress non letale, tuttavia, induce una serie di risposte che alterano e danneggiano la normale fisiologia dei pesci con ripercussioni negative a tutti i livelli di organizzazione: individuale, di popolazione o di comunità.

È facilmente intuibile che in situazioni di allevamento possano verificarsi condizioni stressanti, dovute alle condizioni ambientali e alle attività umane, e le conseguenze che possono avere particolare rilevanza sono: immunodepressione, alterazione del metabolismo e del successo riproduttivo. Il poter riconoscere uno stato di stress subletale, così come il poter gestire la salute dei pesci sono determinanti per il successo di operazioni d'acquacoltura. Tuttavia anche le popolazioni naturali sono soggette a situazioni ambientali sempre più alterate che le mettono a rischio.

Gli stimoli "avversi", ricevuti dagli organi di senso, attivano il sistema nervoso simpatico che innesca immediatamente una catena di cambiamenti endocrini. A questa prima risposta endocrina allo stress seguono le risposte secondarie e terziarie, ancora a livello endocrino, e poi a livello del metabolismo, della regolazione idro-salina, ecc. Tuttavia non vi è un modello fisso di risposta allo stress, infatti questo è in relazione oltre che all'intensità dello stressore o alla durata dell'esposizione, anche ad altri fattori ambientali o genetici o a fattori endogeni, come lo stesso ritmo endocrino diurno o stagionale. I meccanismi con cui lo stress influenza la normale fisiologia dei pesci sono ancora ampiamente sconosciuti, nonostante siano oggetto di studio da quasi trenta anni. Sono stati descritti anche casi di "addomesticamento" in condizioni di allevamento, per cui i pesci diventerebbero meno sensibili agli stress da cattività e si sta studiando la convenienza e la possibilità di selezionare per l'acquacoltura ceppi con una soglia più alta di risposta agli stress.

ESEMPIO DI SVILUPPO LARVALE NEI TELEOSTEI

Lo sviluppo larvale del cefalo bosega (*Chelon labrosus*): soglie funzionali nell'ontogenesi larvale.





Bibliografia

- A.A. (1993). *The physiology of fishes*. Ed. D.H.Evans, CRC Press.
- A.A. (1997). *Fish stress and health in aquaculture*. Eds. G. K. Iwama, A. D. Pickering, J. P. Sumpter, C. B. Schreck, Cambridge University Press.
- Boglione C., Monaco G., Russiello M., Ciccotti E., Ferreri F., Cataudella S., Bertolini B. (1991). *Development of the chemical and lateral line sense organs in Barbus barbus*. LARVI '91, Symposium on Fish and Crustacean Larviculture, Gent, Belgium, 27-30 agosto 1991. Pubbl. su P.Lavens, P.Sorgeloos, E. Jasper and F.Ollevier (Eds), European Aquaculture Society, Special Publication, Gent, Belgium (1991) No. 15: 237-241.
- Boglione C., Bertolini B., Russiello M., Cataudella S. (1992). *Embryonic and larval development of the thick lipped mullet (Chelon labrosus) under controlled reproduction conditions*. *Aquaculture* (1992), vol. 101: 349-359 pp.
- Boglione C., Selmo C., Contegiacomo M., Spedicato M.T., Cataudella S. (1998). *Larval development of the dusky grouper Epinephelus marginatus (Lowe, 1834) with particular regard to chemical and lateral line sense organs*. Mémoires de l'Institut océanographique Paul Ricard: Symposium International sur les Mérous de Méditerranée. 5-7 novembre 1998, Ile des Embiez, Var. Organised by GEM and by Institut Oceanographie P. Ricard: 15-24.
- Boglione C., Bronzi P., Cataldi E., Serra S., Dini L., Cataudella S. (1999). *Early development of Adriatic Sturgeon Acipenser naccarii: preliminary results*. *J. Applied Ichthyol.*, 15: 207-213.
- Boglione C., Cataudella S., Massa F., Scorsini D., Monaco G., Bertolini B. (1988). *Development of sea bass (Dicentrarchus labrax L.), with particular regard of the chemical and lateral line sense organs*. *Journal of Aquatic Products*, Vol. 2,2 - pp.163-174.
- Boglione C., Gagliardi F., Scardi M., Cataudella S. (2001). *Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and post-larvae of wild and reared gilthead Sea Bream (Sparus aurata, L. 1758)*. *Aquaculture*, 192:1-22.
- Bone Q., Marshall N. B., Blaxter J. H. S. (1982). *Biology of fishes*. Chapman & Hall Ed.
- Cataldi E., Crosetti D., Conte G., D'Ovidio D., Cataudella S. (1988). *Morphological changes in the oesophageal epithelium during adaptation to salinities in Oreochromis mossambicus, O. niloticus and their hybrid*. *J. Fish Biol.*, 32:191-196.
- Cataldi E., Ciccotti E., Boglione C., Macchi E., Di Pol F., Cataudella S. (1990). *Contributi morfologici alla comprensione dei meccanismi*



- dell'osmoregolazione in ceche di Anguilla anguilla. Workshop del Comitato Acquacoltura della SIBM (Società Italiana Biologia Marina) Nicotera (Cosenza), 19-21 settembre 1990. Oebalia, vol XVII (2 suppl.): 157-161.
- Cataldi E., Garibaldi L., Crosetti D., Leoni C., Cataudella S. (1991). *Variations in renal morphology during adaptation to salinities in tilapias*. Environm. Biol. Fishes, 31:101-106.
 - Cataldi E., De Merich D., Pesce M., Cioni C. (1993). *Ultrastructural Study of the Esophagus of Seawater- and Freshwater-Acclimated Mugil cephalus (Perciformes, Mugilidae), Euryhaline Marine Fish*. Journ. Morphol., 217: 337-345.
 - Cataldi E., Ciccotti E., Di Marco P., Di Santo O., Bronzi P., Cataudella S. (1995). *Acclimation trials of juvenile Italian sturgeon to different salinities: morpho-physiological descriptors*. Fish Biol., 47: 609-618.
 - Cataldi E., Venturini G., Boglione C., Di Marco P., Pucci P., Cataudella S. (1998). *Il tratto digerente della trota iridea Oncorhynchus mykiss: aspetti morfologici ed attività della Na⁺-K⁺ ATPasi in relazione all'osmoregolazione in acqua marina*. Rivista Italiana di Acquacoltura, 33: 83-98.
 - Cataldi E., Di Marco P., Mandich A., Cataudella S. (1998). *Serum parameters of Adriatic sturgeon Acipenser naccarii (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress*. Compar. Biochem. Physiol., Part A, 121: 351-354.
 - Cataldi E., Barzaghi C., Di Marco P., Boglione C., Dini L., McKenzie D.J., Bronzi P., Cataudella S. (1999). *Some aspects of osmotic and ionic regulation in Adriatic Sturgeon, Acipenser naccarii. I: Ontogenesis of salinity tolerance*. J. Applied Ichthyol., 15: 57-60.
 - Cataudella S., Boglione C., Crosetti D., Massa F., Rampacci M., Russiello M., Bertolini B. (1989). *Breeding technology and larval development of thick lipped mullet (Chelon labrosus)*. Journal of Aquatic Products Vol. 3, 1-2, pp. 5-16.
 - Ferreri F., Nicolais C., Boglione C., Bertolini B. (2000). *Skeletal characterisation of wild and reared zebrafish: anomalies and meristic characters*. Journal of Fish Biology, vol.56, n° 5, pp: 1115-1128.
 - Koumoundouros G., Gagliardi F., Divanach P., Boglione C., Cataudella S., Kentouri M. (1996). *Normal and abnormal osteological development of caudal fin in Sparus aurata L. fry*. Aquaculture 149: 215-226.
 - Harder H. (1975). *Anatomy of fishes*. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.
 - Jobling M. (1995). *Environmental biology of fishes*. Chapman & Hall.
 - Lagler K. F., Bardach J. E., Miller R. R., May Passino D. R. (1977). *Ichthyology*. John Wiley & Sons Eds.



- Loy A., Boglione C., Gagliardi F., Ferrucci L., Cataudella S. (2000). *Geometric morphometrics and internal anatomy in sea bass shape analysis (Dicentrarchus labrax L., Moronidae)*. *Acquaculture*, 186: 33-44.
- Loy A., Boglione C., Cataudella S. (1999). *Geometric morphometrics and morpho-anatomy: a combined tool in the study of sea bream (Sparus aurata) shape*. *J. Applied Ichthyol.*, 14: 104-110.
- Marino G., Boglione C., Bertolini B., Rossi A., Ferreri F., Cataudella S. (1993). *Observations on development and anomalies in the appendicular skeleton of sea bass (Dicentrarchus labrax, L. 1758) larvae and juveniles*. *Aquacult. Fish. Manag.*, 24: 445-456.
- Moyle P. B. (1982). *Fishes - an introduction to ichthyology*. Prentice-Hall, INC.
- Venturini G., Cataldi E., Marino G., Pucci P., Garibaldi L., Bronzi P., Cataudella S. (1992). *Serum ions concentration and ATPase activity in gills, kidney and oesophagus of european sea bass (Dicentrarchus labrax, Pisces, Perciformes) during acclimation trials to fresh water*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 103A, 3:451-454.

2.2 CENNI DI BIOLOGIA DEI MOLLUSCHI BIVALVI

A. Fianchini, M. F. Gravina



Fig. 1 - Molluschi Bivalvi: cozza, ostrica, vongola verace.
Disegno di A. Fianchini.

I Bivalvi sono invertebrati il cui corpo è racchiuso in una conchiglia costituita da due valve. Essi appartengono al *phylum* dei Molluschi, dei quali, con le loro 20.000 specie circa, costituiscono poco più di un sesto delle specie. La maggior parte di essi vivono sui fondali marini, ma varie specie hanno colonizzato gli ambienti salmastri e delle acque dolci. Comprendono forme non particolarmente diversificate (rispetto ad altre classi di Molluschi come i Gasteropodi), che si discostano maggiormente dal piano organizzativo tipico dei Molluschi e presentano particolari adattamenti alla vita sedentaria (Fig. 2).



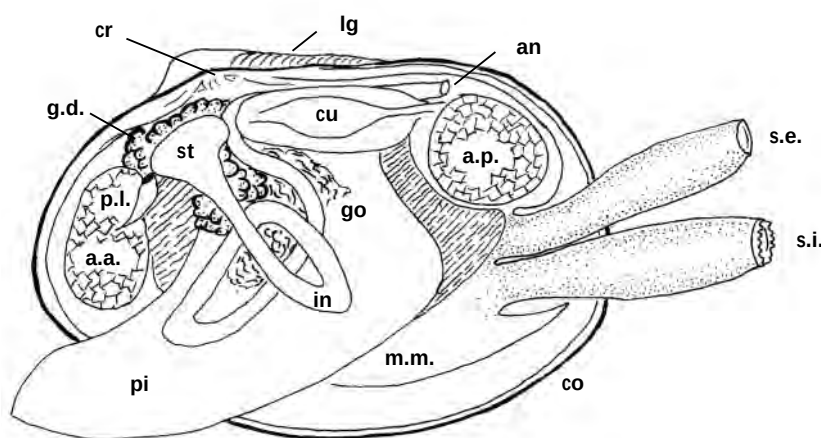


Fig. 2 - Schema dell'organizzazione degli organi interni di un Mollusco Bivale (vongola): co conchiglia; s.e. sifone esalante; s.i. sifone inalante; a.p. muscolo adduttore posteriore; a.a. muscolo adduttore anteriore; an ano; cu cuore; lg legamento; g.d. ghiandola digestiva; st stomaco; p.l. palpo labiale; in intestino; pi piede; m.m. margine del mantello.

Essi infatti, non essendo dotati di movimenti attivi, hanno perso completamente il capo e pertanto vengono anche detti Acefali. Alcuni da adulti vivono perennemente ancorati al substrato, mentre altri vivono affossati nei più diversi substrati, dal soffice fango alla roccia compatta, dal legno alla sabbia. Per affossarsi nel sedimento si servono del piede, una massa muscolosa a forma di scure, da cui il nome di Pelecipodi dato anche ai Bivalvi. Il loro piano organizzativo è condizionato dallo sviluppo, particolarmente accentuato rispetto agli altri Molluschi, della cavità del mantello, che tipicamente ospita una coppia di branchie, per cui questi Molluschi sono anche chiamati Lamellibranchi.

2.2.1 Morfologia esterna

La **conchiglia**, tipicamente formata da due valve, è costituita da tre strati: uno esterno organico detto periostraco, formato da una sostanza proteica detta conchiolina, e due mineralizzati; nel primo (strato priamatico) i cristalli di carbonato di calcio sono depositati all'interno della matrice proteica perpendicolarmente alla superficie della conchiglia; nel secondo (strato lamellare o madreperlaceo) i cristalli di carbonato di calcio sono disposti in lamine parallele. La porzione organica della conchiglia viene secreta dal margine esterno del mantello e la mineralizzazione avviene nel sottile spazio, ripieno di liquido, compreso tra il mantello e la superficie interna della conchiglia, detto cavità extrapalleale (Fig. 3).

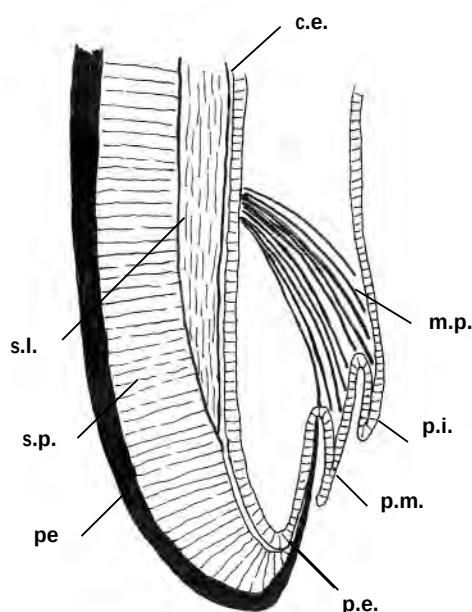


Fig. 3 - Sezione trasversale della conchiglia e del margine del mantello: pe periostraco; s.p. strato prismatico; s.l. strato lamellare o madreperlaceo; p.e. plica esterna del mantello; p.m. plica interna del mantello; p.i. plica interna del mantello; m.p. muscolo palleale; c.e. cavità extrapalleale.

L'apporto di calcio viene fornito in parte dal cibo, in parte dal calcio presente nell'acqua. Le valve sono generalmente simmetriche, articolate da una cerniera formata da fossette e dentelli incastrati tra loro, e vengono tenute insieme dai muscoli adduttori e dal legamento. Quest'ultimo è una connessione elastica di conchiolina non calcificata. I muscoli adduttori sono normalmente in numero di due: uno anteriore ed uno posteriore (fanno eccezioni le specie sessili che presentano una riduzione dell'adduttore anteriore). Vicino ai muscoli adduttori sono inseriti quelli retrattori del piede che, mediante contrazioni ritmiche, permette l'affossamento del bivalve nel sedimento. Il **piede**, grazie all'afflusso di sangue dall'emocele e all'astensione dei muscoli, si espande verso il basso, quindi si allarga nella sua porzione distale fungendo da ancora; i sifoni vengono chiusi, le valve ravvicinate in modo che l'acqua contenuta nella cavità del mantello è costretta ad uscire dal margine del mantello. L'espulsione dell'acqua ha l'importante funzione di ammorbidire la sabbia compatta, in modo da favorire la penetrazione della conchiglia. A questo punto, infatti, i muscoli retrattori del piede si contraggono trascinando verso il basso la conchiglia (Fig. 4).

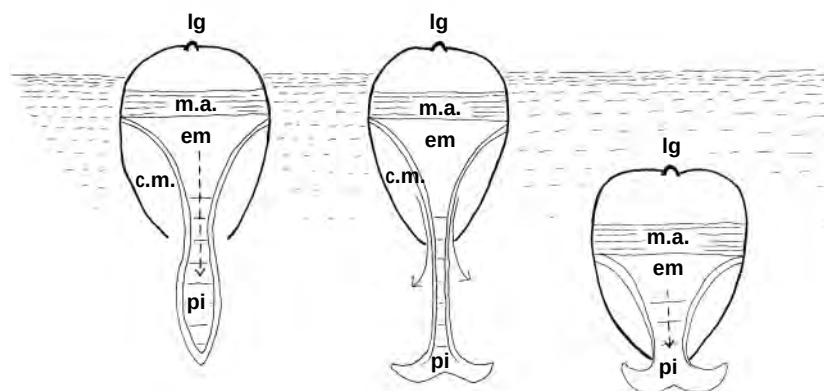


Fig. 4 - Meccanismo di affossamento dei Bivalvi nel sedimento. Le frecce continue indicano la direzione della corrente d'acqua e quelle tratteggiate la direzione del sangue; m.a. muscolo adduttore; em emorcele; c.m. cavità del mantello; pi piede; lg legamento.

Il **mantello**, o pallio, delimita la cosiddetta cavità palleale, che circonda il corpo dell'animale. Il margine del mantello rappresenta la zona di contatto con il mondo esterno ed, in seguito alla riduzione del capo, il suo lobo intermedio è la sede degli organi di senso. Nelle forme fossorie gli scambi con lo strato d'acqua sovrastante sono consentiti dall'espansione del margine del mantello che dà origine a **sifoni** tubolari, la cui lunghezza è proporzionale alla capacità fossoria della singola specie. Così nelle telline, mactre e molti Veneridi, che vivono negli strati profondi del sedimento, i sifoni sono lunghi e possiedono organi di senso, quali papille tattili e macchie sensibili alla luce. I sifoni aderiscono, mediante speciali muscoli retrattori longitudinali e radiali, alla superficie interna della conchiglia, in corrispondenza della quale la linea di attacco del margine del mantello forma un seno (seno palleale), la cui profondità è proporzionale alla lunghezza dei sifoni. Altri Veneridi (vongole, tartufi...) e Cardiidi, che vivono negli strati più superficiali del sedimento, hanno sifoni più corti (Fig. 5).

Non tutti i Bivalvi, però, si affossano nel sedimento: alcuni, come mitili, anemie, ostriche, conducono da adulti una vita sessile, vivendo attaccati permanentemente al fondo. Nei mitili, ad esempio, un'apposita ghiandola vicino al piede secerne dei filamenti di una sostanza proteica che si solidifica a contatto con l'acqua, il **bisso**, con il quale il mitilo si ancora alla roccia.

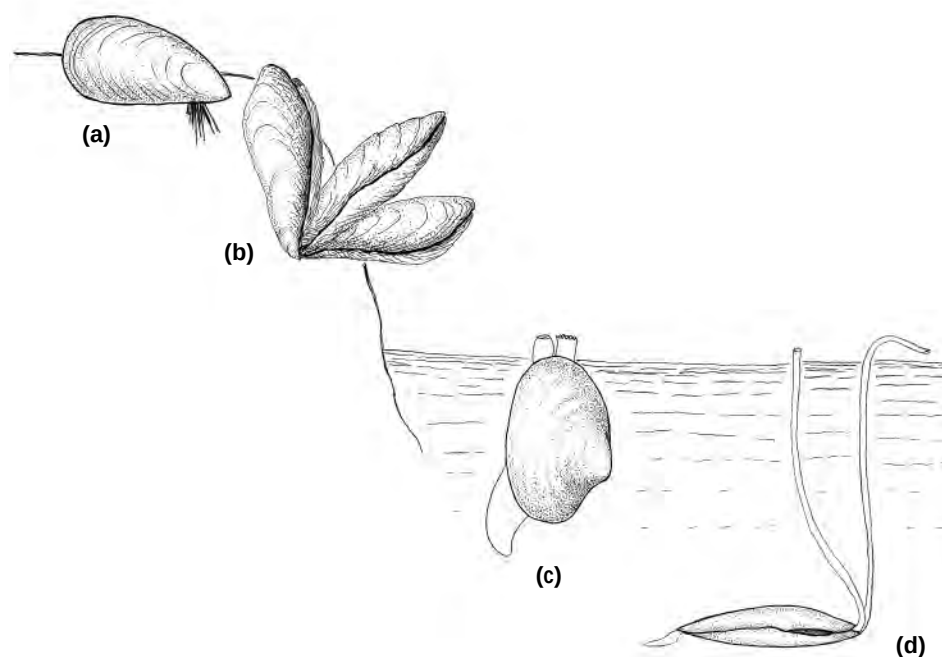


Fig. 5 - Bivalvi sessili: (a) mitilo e (b) ostriche (*Crassostrea*) attaccati alla roccia rispettivamente con il bisso e con le valve. Bivalvi affossati nel sedimento: (c) vongola (*Paphia*), (d) tellina.

Il piede, assai ridotto, e il bisso sono localizzati all'estremità anteriore, ridotta anch'essa ed appuntita, determinando la diminuzione delle dimensioni del muscolo adduttore anteriore. Al contrario, la parte posteriore del mantello e della conchiglia è ampia, arrotondata ed ospita un grande muscolo adduttore posteriore (condizione anisomiaria). I livelli più spinti di specializzazione si possono osservare tra le anomalie: i filamenti di bisso si uniscono in un unico peduncolo calcificato che fuoriesce, bucandola, dalla valva inferiore (la destra) e cementa l'animale alla roccia; la valva superiore, l'unica funzionale, è irregolarmente convessa e aderisce al substrato grazie ai muscoli retrattori del bisso, che agiscono come quelli di una patella. Le ostriche sono, invece, cementate al substrato mediante l'intera valva destra, ma esse perdono il bisso durante le prime fasi dello sviluppo ed anche il piede, caso quasi unico tra i Bivalvi, è completamente assente. La condizione sessile e la riduzione del piede e degli adduttori determina notevoli modificazioni della cavità del mantello e della circolazione dell'acqua. Il margine del mantello è fuso solo in minima parte e mancano i sifoni, così l'acqua può entrare attraverso l'estesa apertura semicircolare del mantello (Fig.6).

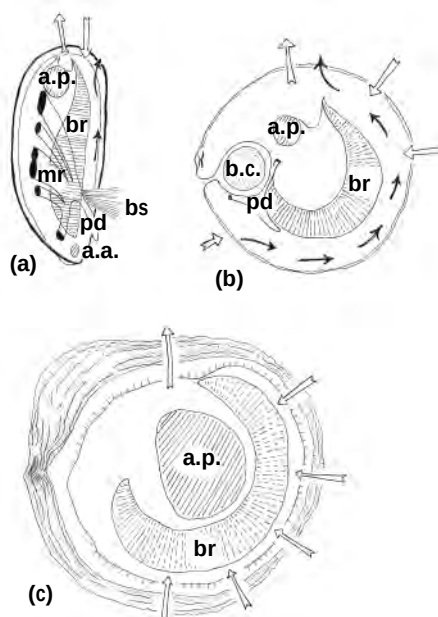


Fig. 6 - Schema di alcuni Bivalvi sessili che mostra la progressiva riduzione del muscolo adduttore anteriore: (a) *Mytilus*; (b) *Anomia*; (c) *Ostrea*. a.p. muscolo adduttore posteriore; br branchia; mr muscolo retrattore del piede; bs bisso; pd piede; a.a. muscolo adduttore anteriore; b.c. bisso calcificato. Le frecce spesse indicano le correnti di entrata e di uscita dell'acqua dalla cavità del mantello e le frecce sottili le correnti interne alla cavità del mantello.

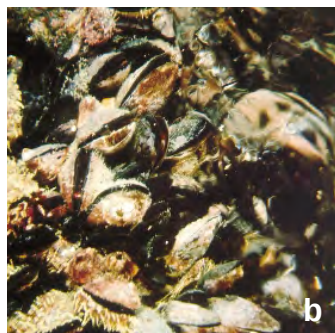
L'ampiezza della cavità del mantello favorisce il particolare sviluppo delle branchie (filibranchie nella maggior parte delle specie e pseudolamellibranchie nelle ostriche), che le rende particolarmente efficienti nella filtrazione (Tav. I).

Essendo animali sedentari o sessili, i Bivalvi non possono muoversi alla ricerca del cibo, ma devono prendere quello che viene trasportato loro dai movimenti della massa d'acqua. Tale meccanismo di presa del cibo viene efficientemente compiuto dalla filtrazione. Gli organi filtranti sono le **branchie** e la filtrazione avviene nella cavità del mantello. Il mantello è costituito da due lembi simmetrici di tessuto che avvolgono il corpo dell'animale e la cavità che esso delimita è sede dei rapporti con il mondo esterno. Essa protegge le branchie ed orienta le correnti d'acqua entrante ed uscente: l'acqua che entra non porta solo cibo, ma anche particelle di sedimento, sostanze chimiche e spermi; mentre la corrente esalante trasporta feci, gameti, prodotti di secrezione (muco). I materiali presenti nell'acqua, come alghe unicellulari (fitoplancton), piccoli animali planctonici (zooplancton) e particelle di sostanza organica, vengono opportunamente filtrati e trasportati alla bocca. Il meccanismo della filtrazione è particolarmente efficiente sia dal punto di vista volumetrico che dimensionale.

Tav. I - Diversità morfologica delle conchiglie di alcuni Molluschi Bivalvi.

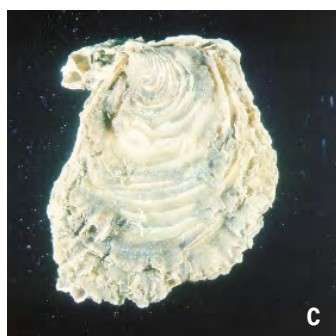


a

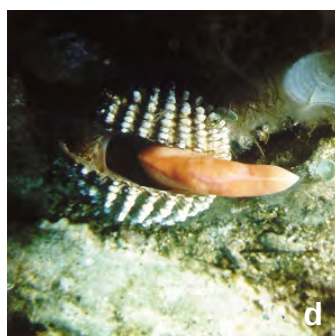


b

Mytilus galloprovincialis
(cozza):
(a) isolato con bisso
(b) in banco



c



d

Ostrea edulis
(c) (ostrica)
Acanthocardia echinata
(d) (cuore)
con piede estroflesso



e



f

Tapes decussatus
(vongola verace):
(e) nella sabbia
(f) isolata con sifoni estroflessi



g



h

Venus verrucosa
(g) (tartufo di mare)
Chamelea gallina
(h) (vongola)

Foto tratte dall'archivio "Piero Solaini" per gentile concessione del Prof. E. Fresi (Università di Roma "Tor Vergata").





Un bivalve può, infatti, filtrare un volume d'acqua da 30 a 60 volte il volume del suo corpo in un'ora e può discernere particelle più piccole di $1\ \mu$ e quindi nutrirsi anche di ultraplankton (organismi planctonici, come cianobatteri e fitoflagellati, con dimensioni comprese tra 0,5 e $5\ \mu$). Come già detto, la filtrazione viene operata dalle branchie, che sono tipicamente formate da due serie di filamenti a forma di W e sono inserite nella cavità del mantello a ciascun lato del piede. I margini interno ed esterno dei filamenti branchiali si uniscono rispettivamente al piede e al mantello, così le branchie separano una camera inalante inferiore ed una esalante superiore. Le correnti d'acqua sono create dal battito delle ciglia disposte sui filamenti branchiali e sull'epitelio palleale; tali movimenti servono anche a convogliare le particelle alimentari verso la bocca e quelle di rifiuto dalla camera esalante verso l'esterno. Nei vari gruppi di Bivalvi le branchie presentano diversi gradi di specializzazione: nella condizione "filibranchia", tipica ad esempio dei generi *Arca*, *Mytilus*, *Anomia*, le branchie sono costituite da singoli filamenti, a forma di W, che aderiscono gli uni agli altri mediante ciuffi di ciglia che si intersecano tra loro; inoltre connessioni di tessuto tengono insieme tra loro i rami discendente ed ascendente di ogni emibranchia. Ostriche, pterie e pettini, invece, presentano delle cosiddette pseudolamellibranchie, nelle quali un maggior grado di coesione è raggiunto mediante la connessione tra i filamenti branchiali con il mantello da una parte e con il piede dall'altra. Il livello di specializzazione più spinto si osserva tra gli eulamellibranchi, i cui filamenti branchiali sono collegati tra loro da ponti di tessuto vascolarizzato, che conferiscono ai lembi delle branchie un aspetto a lamelle attraversate da aperture dette ostii. Soprattutto nelle acque torbide, il filtraggio da parte delle branchie deve essere continuo e le abbondanti particelle di rifiuto, agglutinate dal muco, formano le cosiddette pseudofeci, che vengono espulse all'esterno attraverso l'apertura del mantello (solco pedale) o il sifone inalante.

2.2.2 Alimentazione e digestione

I Bivalvi sono quasi tutti filtratori, nutrendosi del plancton e delle particelle organiche presenti nella massa d'acqua, anche se non mancano i detritivori (ad esempio le telline) e i carnivori (Settibranchi). Le particelle alimentari, convogliate e selezionate dai movimenti delle ciglia presenti sulle branchie e sul mantello, sono trasportate alla bocca dove vengono raccolte da piccoli tentacoli, detti palpi labiali. Una volta che le particelle alimentari sono entrate nella bocca, passano, attraverso il corto esofago, nello stomaco.



Quest'organo è dotato di una struttura peculiare dei Molluschi: lo **stilo cristallino** (Fig. 7).

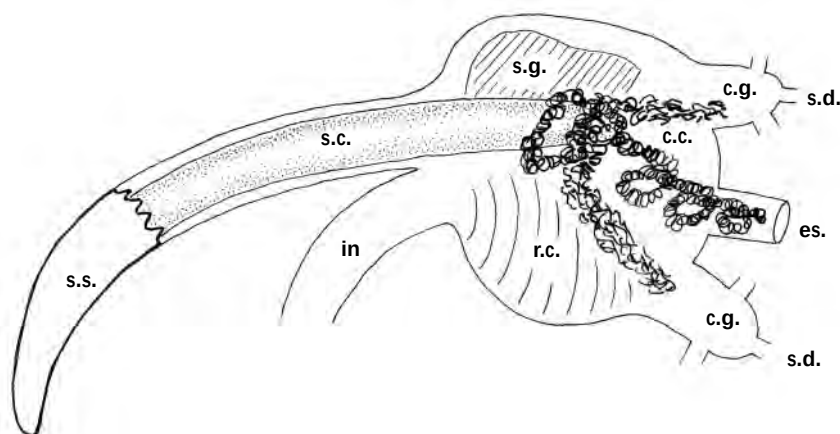


Fig. 7 - Schema dello stomaco dei Bivalvi: s.s. sacco dello stilo; s.c. stilo cristallino; s.g. scudo gastrico; r.c. regione di cernita; es. esofago; c.g. cecchi gastrici; s.d. sbocchi della ghiandola digestiva; c.c. cordone di cibo; in intestino.

Si tratta di un bastoncino mucoso, ricco di enzimi digestivi e contenuto in un apposito canale: il sacco dello stilo. Lo stilo sporge nello stomaco ed è fatto roteare dal movimento delle ciglia presenti nel sacco dello stilo; la sua estremità si strofina contro la parete gastrica, protetta da un rivestimento cuticolare detto scudo gastrico, consumandosi. Il cordone di cibo che proviene dall'esofago viene avvolto intorno allo stilo cristallino, con il quale si amalgama. A questo livello inizia la digestione extracellulare operata dagli enzimi liberati dallo stilo. La condizione di acidità dello stomaco rende fluido il cordone di cibo. Le particelle più piccole vengono convogliate verso i diverticoli digestivi, nei quali sboccano i dotti della ghiandola digestiva, e all'interno dei quali le particelle alimentari vengono fagocitate e digerite intracellularmente. Una porzione della parete dello stomaco è attraversata da creste e solchi ciliati ed è detta **regione di cernita**. In corrispondenza di questa, infatti, vengono selezionate le particelle: quelle più piccole sono mantenute in sospensione e condotte nei cecchi digestivi. Dall'estremità opposta dello stilo cristallino, in corrispondenza dell'intestino, si staccano piccole masse di particelle di rifiuto dette pallottole fecali (*fecal pellets*), che sono convogliate nell'intestino. Questo, dopo varie anse, termina con l'ano che si apre sopra al muscolo adduttore posteriore vicino al sifone esalante.



2.2.3 Circolazione ed escrezione

I Bivalvi, come gli altri Molluschi eccetto il Cefalopodi, non possiedono un sistema circolatorio chiuso. Il sangue circola in alcuni vasi principali (vene e arterie) e poi va a riempire tutte le cavità del corpo, salvo il pericardio e la cavità delle gonadi (residui del celoma). Il sangue pertanto, oltre alla sua funzione di trasporto di ossigeno e sostanze nutritive, funge anche da scheletro idraulico. La contrazione dei muscoli costringe il sangue ad affluire in determinate lacune del tessuto connettivo (**lacune ematiche**), modificando la forma di alcune parti del corpo: ne sono un esempio l'estensione e la retrazione dei sifoni e il meccanismo di affossamento del piede (già descritto in precedenza).

Il **sangue** dei Bivalvi, salvo rare eccezioni, non possiede pigmenti respiratori responsabili del trasporto dell'ossigeno. In effetti la concentrazione di ossigeno nel sangue è uguale a quella dell'acqua circostante e l'apporto di tale gas, consentito dalle ampie superfici di scambio a livello delle branchie e del mantello, è sufficiente per animali sedentari quali i Bivalvi. Nel sangue sono contenute delle cellule ameboidi di forma stellata, in grado di uscire dalle lacune ematiche attraversando liberamente il tessuto connettivo. Esse svolgono un'importante funzione sia di escrezione, fagocitando particelle di rifiuto per trasportarle al pericardio e all'organo renale, sia di digestione a livello dello stomaco ingerendo particelle di cibo che digeriscono intracellolarmente.

L'escrezione è svolta dalla parete del pericardio, che ha funzione ghiandolare, e dai celomodotti, che da esso si dipartono dando origine al **rene**, che ha forma di $\cap$. Il sangue nel cuore ha un'alta pressione idrostatica e quindi nel pericardio viene filtrato con liquido isotonic, ma privo delle sostanze organiche. Passando attraverso il pericardio ed i tubuli renali si carica dei prodotti di rifiuto azotati (prevalentemente ammoniaca nei molluschi acquatici), che vengono quindi eliminati attraverso l'apertura della cavità del mantello. A livello renale esiste anche un limitato recupero di alcuni ioni, ma in generale i molluschi marini hanno una bassa capacità di regolazione osmotica. Tuttavia alcune specie di Bivalvi, come ostriche e mitili, sfruttando tale capacità di regolazione, riescono ad adattarsi alle acque salmastre.



2.2.4 Apparato genitale e determinazione del sesso

L'apparato genitale dei Bivalvi si presenta assai semplificato, rispetto a quello di altri Molluschi come i Gasteropodi e i Cefalopodi. Le gonadi, in numero di due o fuse tra loro, si aprono nei dotti renali o mediante propri pori genitali nella cavità del mantello. La fecondazione è tipicamente esterna e mancano pertanto organi copulatori, ma in molti casi avviene nella cavità del mantello.

Assai complessa tra i Bivalvi è la determinazione del sesso. Molti di essi, come le vongole, sono gonocorici, cioè a sessi separati. Esistono, però, anche specie ermafrodite che producono uova e spermatozoi in regioni diverse della stessa gonade o in ovari e testicoli distinti. Certe specie, come le ostriche, sulle quali sono stati compiuti molti studi, cambiano sesso nell'arco della vita. Alcune di esse, come *Ostrea edulis*, sono tipicamente proterandre, cioè all'inizio della maturità sessuale la gonade si sviluppa in testicolo, ma in una parte della gonade rimangono cellule femminili, che maturano nella fase successiva e l'animale si comporta da femmina. Tuttavia il cambiamento del sesso non è definitivo, ma nell'arco del suo ciclo vitale l'animale cambia sesso più volte (ermafroditismo ritmico). Queste ostriche sono larvipare, cioè le uova sono fecondate all'interno della cavità del mantello, dove avviene lo sviluppo fino allo stadio di larva natante. Tale larva viene rilasciata all'esterno e dopo una breve vita pelagica si fissa sul fondo. Altre ostriche, come quelle del genere *Crassostrea*, sono, invece, ovipare: emettono uova e spermatozoi all'esterno dove avviene la fecondazione. Anch'esse sono ermafrodite proterandre, ma la determinazione del sesso è notevolmente influenzata dalle condizioni ambientali, come la temperatura dell'acqua e le risorse trofiche.



2.2.5 Ciclo vitale

Dall'uovo fecondato si sviluppa una larva, il **veliger** (Fig. 8), caratterizzata da una piastra di matrice proteica e da un ampio lobo ciliato detto *velum*.

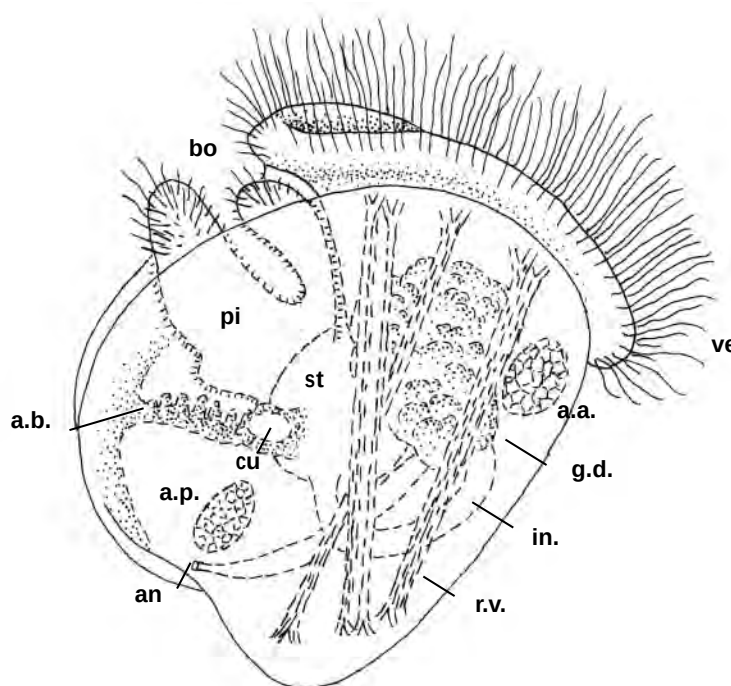


Fig. 8 - Larva veliger di un'ostrica. bo bocca; pi piede; st stomaco; cu cuore; a.b. abbozzo branchiale; a.p. muscolo adduttore posteriore; an ano; a.a. muscolo adduttore anteriore; ve velum; g.d. ghiandola digestiva; in intestino; r.v. muscoli retrattori del *velum*.

La piastra si piega lungo la linea mediana e si calcifica su entrambi i lati, dando origine alle due valve della conchiglia larvale. Il *velum* permette alla larva di galleggiare e, mediante le sue ciglia, di filtrare le particelle, presenti nella massa d'acqua, delle quali la larva si nutre.

La maggior parte dei Bivalvi, infatti, ha larve **planctotrofiche** che, cioè, si nutrono di plancton e che pertanto possono vivere a lungo (fino a 2-3 mesi), in fase planctonica, nella massa d'acqua. Al contrario, pochi Bivalvi primitivi presentano larve **lecitotrofiche** che, cioè, non si alimentano, ma consumano le riserve trofiche del tuorlo, ereditate dall'uovo; esse possono vivere nella massa d'acqua solo per un periodo breve (da qualche ora a pochi giorni), poi devono scendere sul fondo e metamorfosarsi. Durante la fase di vita pelagica la gran parte delle larve, prive di difesa, viene consumata dagli animali che si nutrono di plancton, ma la sopravvivenza della specie viene assicurata dal numero straordinariamente grande di uova emesse che si sviluppano in larve

(un mitilo può emettere 12 milioni di uova in quindici minuti, mentre una *Crassostrea virginica* emette più di un milione di piccolissime uova ad ogni deposizione). Trasportate dalle correnti, le larve possono compiere spostamenti molto ampi, altrimenti impossibili per gli adulti, ed assicurano in tal modo la dispersione della specie.

Verso la fine della vita larvale, esse devono scendere sul fondo dove compiranno la metamorfosi. È questo uno dei momenti più critici della vita dell'animale perché le larve devono trovare il substrato adatto sul quale trasformarsi in adulto. In tale scelta, ad esempio, le ostriche vengono attratte dalla presenza sul fondo di adulti della stessa specie. Per il suo insediamento, il veliger del mitilo ha bisogno della presenza di un substrato filamentoso, rappresentato da Diatomee o colonie di Idroidi. Attaccato ai filamenti, il veliger si trasforma in uno stadio più avanzato, il **pediveliger**, che è dotato di un piede attivo, con il quale si sposta fino a raggiungere il fondo roccioso; qui si fissa con il bisso e compie la metamorfosi.





Bibliografia

- AA.VV, (1990). *Tapes philippinarum: Biologia e Sperimentazione*. Regione Veneto, Ente di Sviluppo Agricolo: 299 pp.
- Bayne B.L. (Ed.) (1976). *Marine Mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Goslin E. (Ed.) (1992). *The Mussel Mytilus: ecology, physiology, genetics and culture*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- Grassé P.P. (Ed.) (1957). *Mollusques, Aplacophores. Polyplacophores. Monoplacophores. Lamellibranches*. Traité de Zoologie, VII, fasc.1. Masson, Paris.
- Morton J.E. (1966). *Molluscs*. Hutchinson University Library, London.

2.3 CENNI DI BIOLOGIA DEI CROSTACEI DECAPODI

A. Fianchini, M. F. Gravina

I Decapodi, con circa 10.000 specie, rappresentano l'ordine più ampio dei Crostacei di cui, approssimativamente, costituiscono un quarto delle specie note. La maggior parte dei Decapodi sono marini, ma alcuni gamberi, gamberetti e granchi hanno invaso le acque dolci. Esistono anche poche specie quasi completamente terrestri. A seconda delle modalità di spostamento e della struttura dell'addome si riconoscono i Decapodi Macruri, distinti in Natanti e Reptanti, Anomuri e Brachiuri (Tav. I). Gli Anomuri, che comprendono i paguri, sono caratterizzati dall'addome molle e asimmetrico; mentre nei Brachiuri (granchi), l'addome è ripiegato sotto il torace. Entrambi questi gruppi si spostano camminando sul fondo. Ai Macruri, che comprendono gamberetti e gamberi, appartengono le specie interessanti per l'acquacoltura; pertanto in questa trattazione sono esposti gli aspetti principali di questo gruppo di Crostacei Decapodi. I Natanti hanno il corpo compresso lateralmente, l'addome ben sviluppato e le appendici addominali modificate per il nuoto. Sfruttano il nuoto per i grandi spostamenti e per la fuga mentre per la ricerca di cibo e per i piccoli spostamenti utilizzano le zampe anteriori che muovono lentamente. I Reptanti hanno invece il corpo schiacciato dorso-ventralmente con le zampe anteriori molto sviluppate e robuste. Si muovono sui substrati grazie alla flessione ed all'estensione degli arti usati per tirare o spingere l'animale in avanti.

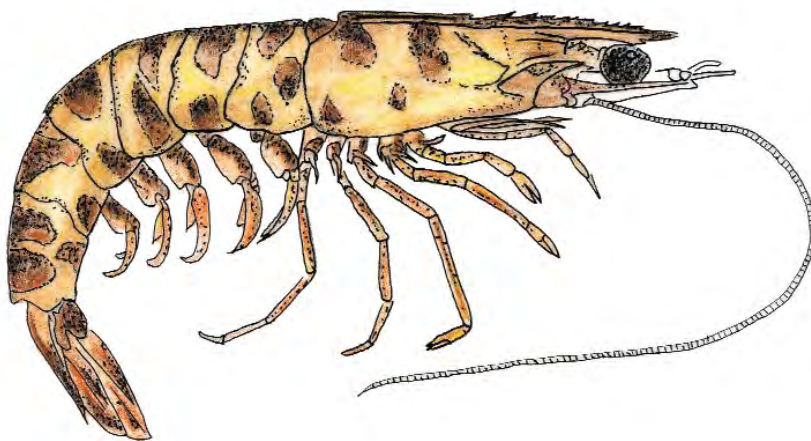
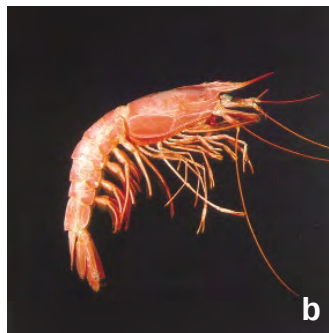


Fig. 1 - Gambero Peneide. Disegno di A. Fianchini.

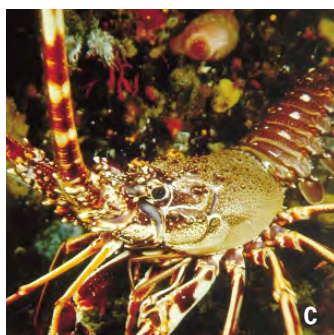




Tav. I - Esempi dei principali schemi corporei dei Crostacei Decapodi.



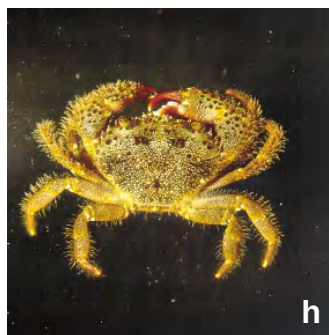
Decapodi Natanti
(a) gamberetto aragostino
(*Palaemon serratus*)
(b) gambero rosso
(*Aristeomorpha foliacea*)



Decapodi Reptanti
(c) aragosta (*Palinurus elephas*)
(d) astice (*Homarus gammarus*)



Decapodi Anomuri
Paguro (*Dardanus arrosor*)
(e) dentro la conchiglia
(f) senza conchiglia



Decapodi Brachiuri
(g) granceola (*Maja squinado*)
(h) favollo (*Eriphia verrucosa*)

Foto tratte dall'archivio "Piero Solaini" per gentile concessione del Prof. E. Fresi (Università di Roma "Tor Vergata").



2.3.1 Morfologia esterna

Come tutti i Crostacei, i Decapodi sono dotati di un esoscheletro secreto dalla sottostante epidermide. Si tratta di una **cuticola** chitinosa fatta di proteine e cere, esternamente, e impregnata di sali di calcio, internamente. A livello delle articolazioni e fra i segmenti essa si assottiglia per permettere il movimento. Oltre a proteggere l'animale dagli agenti esterni, la cuticola si introflette internamente in sporgenze (apodemi), sulle quali si inseriscono i muscoli. A causa dell'inestensibilità della cuticola, l'animale per accrescersi deve abbandonare l'esoscheletro vecchio, divenuto piccolo, e costruirne uno più grande. Questo processo è detto **muta** o ecdisi. La prima parte del processo di ecdisi è rappresentata da un assottigliamento del vecchio esoscheletro, dopo di che l'animale inghiotte acqua, che assorbe attraverso l'intestino ed il volume del sangue aumenta enormemente. La pressione interna produce la fessura della cuticola e l'animale, con movimenti rapidi di flessione e distensione, riesce ad estrarre il torace, e subito dopo l'addome, dalla vecchia cuticola (*exuvia*). Seguono poi la distensione della nuova cuticola ancora molle, la rideposizione dei sali inorganici recuperati e quindi la sclerotizzazione della nuova cuticola. Immediatamente dopo la muta, il crostaceo è estremamente vulnerabile, molle ed ha un limitato uso e mobilità delle appendici di difesa; prima della muta, quindi, cercherà rifugio. Quando il crostaceo è giovane, le ecdisi devono avvenire di frequente per consentire la crescita ed il ciclo di muta è relativamente breve.

Quando l'animale raggiunge la maturità, i periodi di intermuta diventano progressivamente più lunghi ed alcune specie cessano completamente di mutare. La muta è controllata da fattori endogeni, quali lo stadio di sviluppo e gli ormoni, ma spesso è indotta da uno stimolo ambientale, come: la temperatura, il fotoperiodo, la disponibilità di cibo e di spazio.

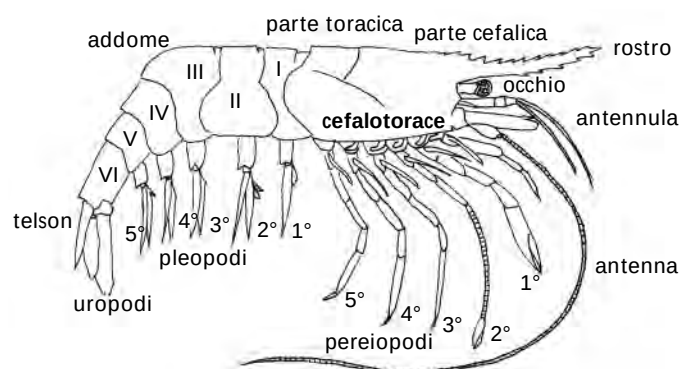


Fig. 2 - Schema della morfologia esterna di un gambero.



Il corpo dei Decapodi (Fig. 2) è diviso in due regioni: il **cefalotorace**, che comprende il capo e il torace (*pereiion*) e l'**addome** (*pleon*) a cui segue il **telson** non segmentato. Ognuna di queste parti è composta da un numero fisso di segmenti: cinque cefalici, otto toracici e sei addominali. Ad ognuno di questi segmenti corrisponde un paio di appendici che tipicamente sono formate da una base, dalla quale si dipartono due rami: uno interno, endopodite, ed uno esterno, esopodite (Fig. 3).

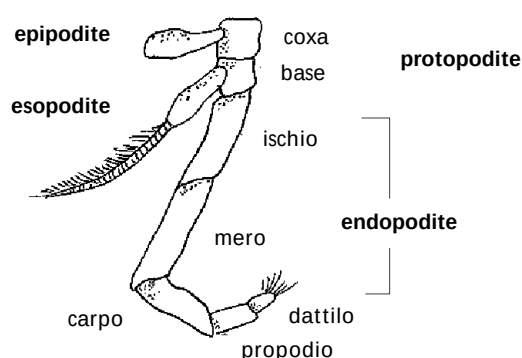


Fig. 3 - Schema delle varie parti che compongono l'arto di un Crostaceo Decapode.

Le appendici locomotorie sono costituite dal solo endopodite. In funzione dell'uso a cui sono preposte, le varie appendici assumono aspetti molto diversi.

Il cefalotorace è protetto sul dorso e sui fianchi dal **carapace** fuso con tutti i segmenti sottostanti e terminante in avanti in un rostro più o meno sporgente, dentato e affilato. Il cefalotorace porta gli occhi, due paia di antenne, le mandibole, due paia di mascelle e otto paia di appendici toraciche, delle quali le prime tre costituiscono i massilipedi, che servono per la presa del cibo, e le altre cinque hanno funzione locomotoria (da cui il nome Decapodi) (Fig. 4). Gli **occhi** sono pedunculati, composti e mobili e permettono ai Decapodi di distinguere forma, dimensione e, talvolta, il colore degli oggetti. Sulle **antennule** (o prime antenne) in molte specie è alloggiato l'organo dell'equilibrio o statocisti.

Le **antenne** (o seconde antenne) sono caratterizzate da un esopodite laminare, detto scafocerite (che manca solo nei Brachiuri). Antenne e antennule hanno funzione tattile e olfattiva.

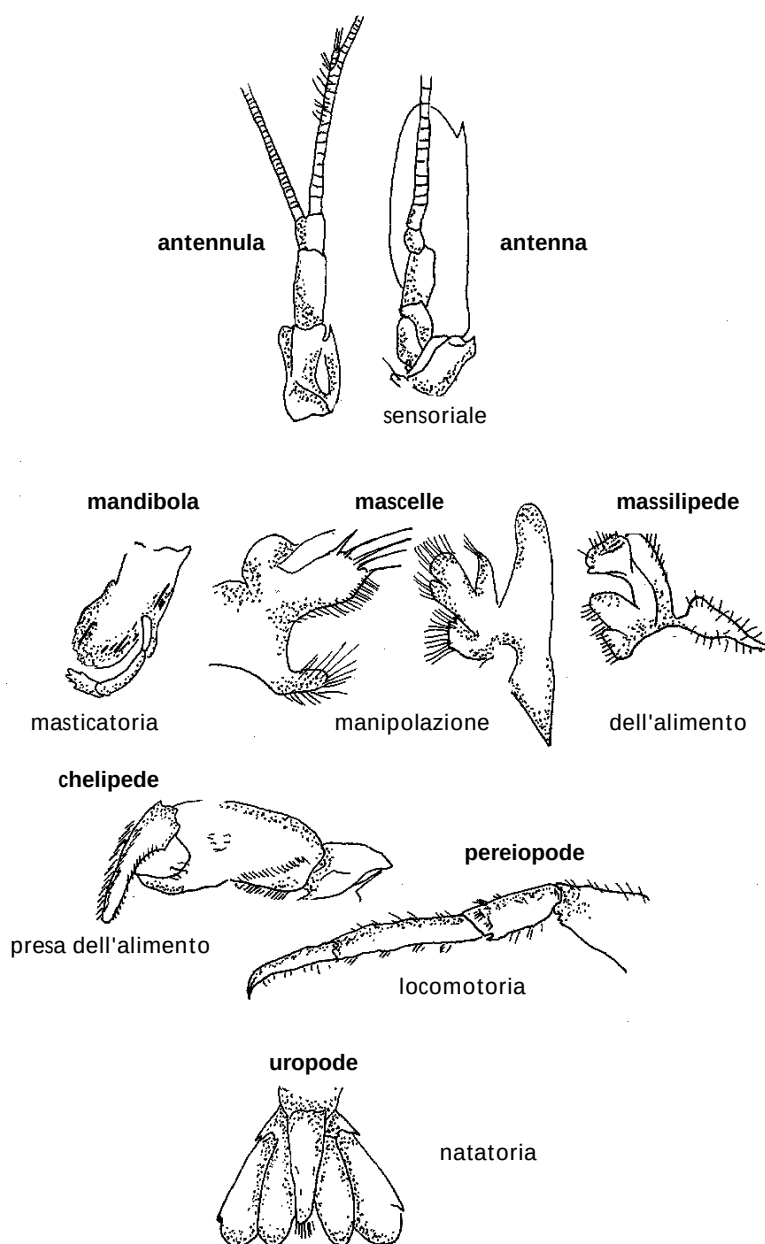


Fig. 4 - Differenziamento strutturale delle appendici di un gambero.

Le **mandibole** hanno la funzione di tritare le parti più grossolane e dure di cibo. Le prime e le seconde **mascelle** hanno il compito di spingere il cibo verso le mandibole oppure, nei mangiatori di detrito, di filtrare le particelle



alimentari. Le seconde mascelle sono provviste di un ampio esopodite, scafognatide, che si estende nella camera branchiale e favorisce l'ossigenazione delle branchie.

I **massilipedi** prendono il cibo, lo sminuzzano e lo passano alla bocca. Le altre appendici toraciche, pereiopodi, sono adattate alla deambulazione e, in alcuni casi, anche al nuoto. In genere, almeno il primo paio di tali appendici termina a chela ed è detto chelipede. Nei Peneidi le primi tre paia di **pereiopodi** sono modificate in chelipedi.

L'addome (o *pleon*) è costituito da sei segmenti seguiti da una piastra o lobo postsegmentale, il *telson*. Le appendici addominali, dette **pleopodi**, nei Natanti sono appendici biramose con funzione prevalentemente natatoria. Nei maschi le prime due paia di pleopodi sono modificati in organo copulatore.

Il *telson*, insieme agli **uropodi**, appendici del sesto segmento addominale, forma una potente pinna natatoria o ventaglio caudale.

2.3.2 Anatomia interna

L'anatomia interna di un Crostaceo Decapode è schematizzata in Fig. 5.

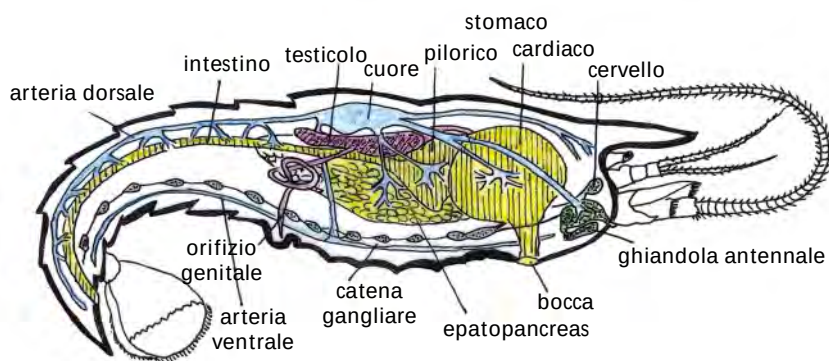


Fig. 5 - Schema degli organi interni di un Decapode Macrurus.

Apparato respiratorio

L'assunzione di ossigeno disciolto nell'acqua avviene per mezzo delle branchie, che si trovano nelle camere branchiali laterali delimitate dal carapace. Le **branchie** sono costituite da un calamo centrale lungo il quale si allineano varie serie di filamenti. Nei Peneidi, su entrambi i lati dell'asse centrale sono disposte serie di filamenti ramificati (dendrobranchie); presso altri Decapodi, come l'astice, dall'asse centrale si diparte, su ciascun lato, un gran

numero di filamenti singoli o (tricobranchie); mentre, nella maggior parte di granchi e paguri, i filamenti branchiali sono fusi a formare lamelle che sono inserite, appaiate, lungo l'asse centrale delle branchie (fillobranchie).

Il movimento dello scafognatide delle due mascelle, combinato con quello delle zampe e delle branchie, favorisce l'entrata nelle camere branchiali dell'acqua che scorre in senso postero anteriore ed esce da due fori posti vicino alla bocca. I Peneidi, che hanno abitudini fossorie, per evitare l'intasamento delle branchie, filtrano la corrente inalante per mezzo di ciuffi di setole poste alla base delle zampe.

Apparato circolatorio

L'apparato circolatorio nei Decapodi è di tipo aperto (Fig. 5). Il corto **cuore** muscoloso è situato nel torace, all'interno del seno pericardio e da esso si diparte una serie complessa di vasi che terminano in lacune ematiche. Il sangue contenuto nel seno entra nel cuore attraverso tre paia di valvole (ostii) e viene pompato nelle arterie principali, che ramificandosi irrorano tutte le parti del corpo. Dalle arterie più sottili, il sangue fluisce nelle lacune fra gli organi, da cui si raccoglie in un grande seno ventrale nel pavimento del torace. Percorrendo canali afferenti, passa alle branchie dove viene ossigenato e quindi, attraverso canali efferenti, ritorna al seno pericardico. Il **sangue** contiene cellule del tipo leucociti e, come pigmento respiratorio, l'emocianina, che nella forma ossigenata assume colore azzurro.

Apparato digerente

Il cibo subisce una prima ed efficace masticazione ad opera delle appendici boccali. Attraverso l'**esofago**, è convogliato nello **stomaco**, provvisto di sporgenze calcificate (stomaco cardiaco o masticatore) e fitte pieghe provviste di numerose setole (stomaco pilorico). Nel primo il cibo viene soprattutto frantumato; nel secondo le particelle di cibo vengono filtrate e parzialmente digerite dagli enzimi. Il cibo passa quindi nella ghiandola digestiva (**epatopancreas**) dove viene ultimata la digestione. L'ano si apre nella parte ventrale del telson (Fig. 5).

I Decapodi presentano abitudini alimentari che vanno dal consumo di resti organici animali, e in certi casi vegetali, alla predazione. I Peneidi, in particolare, sono soprattutto carnivori.





Sistema escretore

Il sistema escretore dei Decapodi è composto da due paia di ghiandole: una si apre alla base delle seconde antenne (**ghiandola antennale**) e l'altra alla base delle seconde mascelle (**ghiandola mascellare**), dette anche ghiandole verdi. Le ghiandole antennali sono anche in grado di regolare la concentrazione osmotica e la loro funzione è particolarmente importante nelle specie adattate alle acque salmastre.

Sistema nervoso ed organi di senso

Il sistema nervoso dei Decapodi è ben sviluppato in relazione alla complessità dei loro comportamenti e delle loro attività. Esso consta tipicamente di un cervello e di un cordone nervoso gangliare ventrale (Fig. 5). Da ogni ganglio si originano i nervi diretti nelle varie parti del corpo. Nei gamberi il cordone nervoso è facilmente visibile per trasparenza in corrispondenza della superficie ventrale. Nei Decapodi sono presenti fibre nervose giganti, che conducono gli impulsi rapidamente rendendo possibili i rapidi riflessi di fuga tipici dei gamberi.

I Decapodi possiedono una gran varietà di recettori sensoriali che trasmettono informazioni al sistema nervoso centrale. Le setole o i **sensilli**, distribuite in varie parti del corpo e sulle appendici, intervengono nella percezione tattile; gli **estetaschi**, file di processi cuticolari aculeiformi situati sulle antenne, funzionano da recettori olfattivi; i **propriocettori**, situati all'interno dei muscoli, danno informazioni sulla posizione delle appendici e delle varie parti del corpo. Il senso dell'equilibrio e dell'orientamento, rispetto alla verticale, risiede nelle **statocisti**, collocate nell'articolo basale delle antenne.

Nei Decapodi esistono due tipi di **occhi**: quelli semplici e quelli composti. L'occhio semplice è detto anche occhio naupliare, poiché compare solamente durante lo stadio di larva nauplio, esso rivela semplicemente la direzione e l'intensità della luce. Gli occhi composti sono costituiti da molte unità fotorecetttrici chiamate **ommatidi**. Ciascun ommatidio funziona come un piccolo occhio ed è costituito da diversi tipi di cellule disposte in modo colonnare. Tra gli ommatidi adiacenti si trovano cellule provviste di melanina. Il movimento del pigmento consente all'animale di adattarsi a diverse intensità luminose. In condizioni di luce intensa, attorno all'ommatidio, si forma un manicotto completo di pigmento. In questa condizione solo i raggi che colpiscono direttamente la cornea fanno reagire le cellule fotorecetttrici dal momento che ciascun ommatidio è schermato dagli altri. Ciascun ommatidio vedrà, perciò, soltanto un'area limitata del campo visivo (immagine per



apposizione). In condizione di poca luce i pigmenti si ritirano e i raggi luminosi si diffondono negli ommatidi adiacenti formando un'immagine per sovrapposizione.

Sistema endocrino

Anche il sistema endocrino nei Decapodi è notevolmente complesso. Le principali ghiandole sono: l'**organo X**, l'**organo Y**, la **ghiandola del seno** e le **ghiandole androgene**.

L'organo X, sito nel peduncolo oculare produce ormoni che vengono accumulati nelle ghiandole del seno, localizzate, anch'esse, nello stesso peduncolo e che controllano: 1) la dispersione dei pigmenti all'interno dei cromatofori, e quindi la variazione nell'intensità del colore dell'esoscheletro, 2) lo sviluppo, la produzione e il movimento dei pigmenti retinici, la cui funzione è l'adattamento dell'occhio alle diverse intensità luminose, 3) la secrezione da parte dell'organo Y, localizzato nel capo, che produce un ormone stimolante la muta.

Le ghiandole androgene, situate all'estremità dei vasi deferenti, liberano ormoni che influenzano lo sviluppo dei testicoli e dei caratteri sessuali secondari maschili. Sebbene le femmine non posseggano ormoni simili alle ghiandole androgene, i loro ovarii producono ormoni che influenzano i caratteri sessuali secondari.

Apparato riproduttore

I Decapodi sono a sessi separati con dimorfismo sessuale più o meno accentuato. Le gonadi maschili e femminili sono simili, in numero di un paio e a volte fuse medialmente. L'apparato maschile è costituito da un paio di testicoli contenuti nel torace, tra il pericardio e l'intestino, che possono estendersi anche all'indietro, nella parte anteriore dell'addome. I dotti eiaculatori si aprono sulla faccia interna delle coxe del V paio di pereopodi. Gli spermatozoi sono privi di coda ed hanno forma stellare.

Gli ovarii hanno struttura e posizione simile ai testicoli. Gli ovidotti sono piuttosto corti e semplici, si allungano nella loro parte terminale per servire una vagina e presentano, nella regione intermedia una o più dilatazioni sacciformi che funzionano da ricettacolo seminale. Racchiudono inoltre, nelle loro pareti, le ghiandole del cemento. Gli orifizi genitali si trovano sulla faccia interna della coxa del terzo paio di zampe. Nei Peneidi il dimorfismo sessuale è particolarmente evidente: nel maschio gli endopodi del primo paio di



pleopodi sono uniti a formare un organo copulatore detto **petasma**, per mezzo del quale il maschio trasferisce alla femmina le **spermatofores** (ammassi compatti di spermi). La parte intermedia del dotto spermatico è ghiandola e ed è modificata per formare le spermatofores. Nei Peneidi la femmina possiede fra le basi del quarto e quinto paio di zampe toraciche, un ricettacolo o *thelycum*, al quale le spermatofores rimangono attaccate fino al momento dell'emissione delle uova.

2.3.3 Riproduzione e ciclo vitale

In quasi tutte le forme di Decapodi l'accoppiamento avviene nel periodo successivo alla muta della femmina, quando cioè l'esoscheletro è ancora molle. Esso è preceduto da una serie di preliminari, atti a facilitare la localizzazione ed il riconoscimento del partner, e di forme di corteggiamento, che variano da specie a specie. Gli individui sembrano ritrovarsi grazie alla chemiorecezione a distanza o alle migrazioni sincronizzate associate alle fasi lunari. La copula è stata osservata solo in numero limitato di specie. Nei Peneidi il maschio si insinua con la testa sotto la femmina finché non si oppongono ventre a ventre e si attaccano con le zampe (Fig.6).

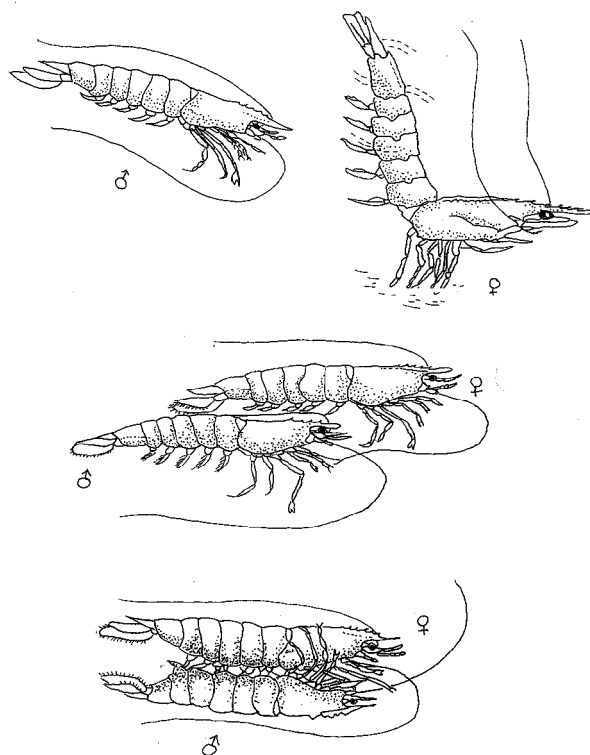


Fig. 6 - Fasi di corteggiamento e accoppiamento di gamberi Peneidi (da Falciai, Minervini, modificato).



Nella maggior parte dei Decapodi le uova sono fecondate al momento della deposizione; nelle forme provviste di ricettacolo seminale, la deposizione può avvenire dopo qualche tempo. I Peneidi liberano le uova direttamente nell'acqua marina, altri Decapodi (Caridei e Reptanti) attaccano le uova ai pleopodi con materiale cementante. Il numero di uova prodotte varia considerevolmente (da 10 a qualche milione). Dall'uovo fecondato si sviluppa un primo stadio larvale detto **nauplius**, seguito da stadi successivi **metanauplius**, **protozoa**, **zoea** e **mysis**. A queste fasi larvali planctoniche, seguono gli stati postlarvali, che hanno forma e comportamento simili a quelli dell'adulto, ma si differenziano da quest'ultimo perché il rostro non è completamente sviluppato. Quando è completata la formazione del rostro, l'animale è considerato "giovane" in quanto gli organi sessuali esterni (petasma e *thelycum*) non sono ancora differenziati. Quando la loro formazione è terminata l'animale ha raggiunto lo stadio "subadulto" e diventa adulto quando è in grado di riprodursi.

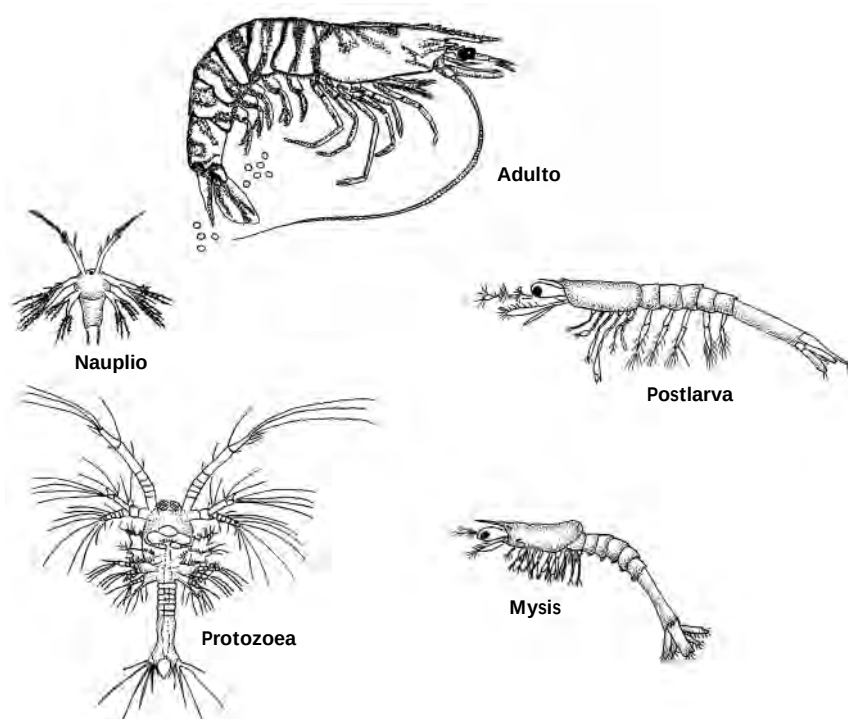


Fig. 7 - Principali stadi larvali dei gamberi Peneidi.

Lo sviluppo larvale dei peneidi (Fig.7) comprende 11 stadi: 5 di *nauplius*, 3 di *protozoa* e di 3 di *mysis*; il passaggio dall'uno all'altro avviene attraverso una muta. L'ultimo stadio di *mysis*, dopo la muta, si sviluppa in una postlarva che misura alcuni millimetri di lunghezza. Quest'ultima passa attraverso



parecchi stadi successivi di crescita, ciascuno caratterizzato da una particolare conformazione del rostro. I primi stadi postlarvali sono ancora planctonici, ma gli ultimi diventano semibentonici come gli adulti.

La riproduzione dei Peneidi avviene in mare dove si sviluppano i vari stadi larvali planctonici. Allo stadio di postlarva molti Peneidi penetrano nelle acque salmastre dove si accrescono per poi ritornare al mare allo stadio adulto. Negli altri Decapodi, le prime fasi larvali si compiono all'interno delle uova che rimangono attaccate ai pleopodi materni. Quando l'uovo si schiude il materiale cementante si disgrega e le larve abbandonano il corpo materno diventando planctoniche. Le uova dell'astice si schiudono liberando larve allo stadio di *mysis*, a questo seguono gli stadi postlarvali che, dopo qualche muta, assumono l'aspetto adulto. Le femmine dei gamberi di acqua dolce portano un numero limitato di grosse uova (circa 200) dalle quali nascono larve ad uno stadio di sviluppo avanzato che, con i loro pereopodi, rimangono attaccate ai pleopodi materni, dai quali si distaccano solo quando hanno completato il loro sviluppo e iniziano a condurre vita bentonica.

Bibliografia

- Cottiglia M. (1983). *Crostacei Decapodi Lagunari*. Guida per il riconoscimento delle specie animali delle acque lagunari e costiere Italiane, 10, AQ/1/225. C.N.R. Roma: 148 pp.
- Falciai L., Minervini R. (1992). *Guida dei Crostacei Decapodi d'Europa*. Franco Muzzio Editore, Padova: 282 pp.
- Garcia S., Le Reste L. (1981). *Life cycles, dynamics, exploitation and management of coastal penaeid shrimp stocks*. FAO Fisheries Technical Paper n. 203: 215 pp.
- Grassé P.P. (1994). *Crustacés. Morphologie, Physiologie, Reproduction, Systematique*. Traité de Zoologie, VII Fasc. I. Masson, Paris: 917 pp.
- Scovacicchi T. (1994). *Crostacei Penaeidi. Riproduzione controllata e allevamento larvale*. Manuale di divulgazione. Serie Acquacoltura, 2. ESAV: 131 pp.





Riferimenti al CCPR

Il CCPR non approfondisce in generale, nell'art. 9, dedicato all'acquacoltura, il tema della ricerca, raccomandando specificatamente, al 9.3.5, ricerche per la conservazione delle specie a rischio. L'art. 12, è dedicato alla ricerca in pesca, e al 12.1 si raccomanda agli Stati di riconoscere la necessità di una ricerca appropriata per assistere il processo decisionale. Comunque, nei venti punti che lo compongono, l'articolo 12 è dedicato alla ricerca in pesca, intesa esclusivamente come attività di cattura. Nello stesso articolo non si rinvencono raccomandazioni per lo studio delle interazioni tra pesca ed acquacoltura, anche se queste possono avere notevole rilevanza nel futuro del settore produttivo ittico, inteso come sistema (aspetto per altro superato nelle raccomandazioni COFI del 2001).

Nell'art. 9 sono espresse una serie di azioni che dovrebbero essere condotte per praticare un'acquacoltura responsabile. Gli Stati dovrebbero, ad esempio, mantenere l'integrità delle comunità acquatiche, promuovere procedure appropriate per la selezione dei riproduttori, per la produzione di uova ed avannotti, ecc.

Tutto ciò richiede uno sforzo di ricerca molto consistente. È infatti necessario ricordare che l'acquacoltura moderna è un'attività molto giovane, e che gran parte delle specie oggi allevate fino a venti anni fa comparivano esclusivamente nelle liste dei prodotti pescati.

Il mondo dei Pesci Ossei, ad esempio, presenta una grande diversità in specie, indice di dinamiche evolutive molto attive. Il numero di adattamenti è sorprendente, da quelli alla vita nelle sorgenti di alta montagna, a quelli necessari per svolgere il ciclo vitale negli spazi pelagici e negli abissi.

Un'acquacoltura responsabile deve usare al meglio tanta diversità, che deve essere conosciuta per essere gestita.

Se da un lato è possibile raggiungere risultati soddisfacenti, grazie all'esperienza acquisita in tempi molto lunghi, attraverso un processo per prove ed errori (la piscicoltura cinese o la nostra vallicoltura ne sono, se pur a scale dimensionali differenti, un esempio), dall'altro l'applicazione di un corretto metodo scientifico per accelerare realmente il progresso dovrebbe evitare "forzature" dei processi naturali. Dunque per ogni specie allevata dovremmo disporre di un minimo di basi conoscitive affidabili. I vari livelli di organizzazione biologica, che sono alla base della biodiversità, dalle cellule agli organismi, dalle comunità agli ecosistemi, debbono essere conosciuti, con i metodi di studio appropriati.

I valori e gli usi delle stesse diversità biologiche vanno considerati dalle scienze



economiche e sociali e dagli studi giuridici. Certo la realtà ci insegna che molta parte del recente processo di sviluppo è avvenuto, specialmente nelle produzioni animali e vegetali, considerando come scatole nere, da non aprire, molti capitoli delle conoscenze fondamentali. Questo approccio pragmatico può dare buoni risultati produttivi, ma non consente un inserimento corretto e sostenibile dell'attività produttiva nel mondo che la circonda, con gravi rischi ambientali per le imprese e per i consumatori. Ciò non significa che un piscicoltore, che unisce maschi e femmine per produrre uova fecondate e larve, debba conoscere la biologia riproduttiva su base scientifica, ma certamente in uno Stato deve esistere un patrimonio di conoscenze per misurare gli effetti che l'attività di acquacoltura può avere sulle risorse, anche al fine di rendere più competitive le imprese, garantendo crescita ed opportunità occupazionali. Dunque il CCPR, che si rivolge principalmente agli Stati, certamente sottintende l'esistenza e la necessità di una ricerca scientifica per poter misurare, e soprattutto prevenire, gli impatti negativi che, anche in totale buona fede, possono essere generati dall'ignoranza.

Una buona ricerca scientifica, socio-economica e giuridica garantisce le imprese dall'applicazione di norme precauzionali spesso sommarie, apre la strada all'innovazione tecnologica, e offre agli Stati strumenti per definire meglio le regole. Queste considerazioni pongono degli interrogativi quando si considera che molte aree del globo hanno una ricerca scientifica debole, priva di mezzi. E ciò in un mercato che impone il confronto globale, in cui è possibile trarre vantaggi se si è capaci di misurare, valutare e certificare.

Nell'art. 6, principi generali, al 6.4, il CCPR fa riferimento alla necessità di prendere decisioni, per la gestione e la conservazione, alla luce delle migliori evidenze scientifiche, valorizzando specialmente le conoscenze tradizionali.

Anche in questo caso emergono due tipi di considerazioni:

- in acquacoltura spesso non esistono evidenze scientifiche perchè ci si trova di fronte a problemi nuovi, mai affrontati;
- spesso mancano gli strumenti per valorizzare le conoscenze profonde degli operatori, dei pescatori e degli allevatori, per una difficoltà di comunicazione tra mondo della ricerca scientifica, per lo più pubblica, le imprese e il mondo del lavoro.

Per queste considerazioni, si è pensato di raccogliere alcuni contributi da varie discipline, nello stesso grande capitolo. Questo, che ha il CCPR come sfondo, forma le fondamenta su cui costruire una moderna acquacoltura che sia, appunto, responsabile.



2.4 GENETICA IN ACQUACOLTURA

D. Crosetti, L. Sola, G. Allegrucci, A. Libertini

L'applicazione della genetica all'acquacoltura è relativamente recente. Infatti, sebbene si stiano sviluppando programmi di miglioramento genetico sulle più importanti specie acquatiche oggetto di allevamento, il settore dell'acquacoltura è certamente molto indietro rispetto all'agricoltura ed alla zootecnia terrestre, nelle quali sono stati oramai raggiunti livelli di selezione assai elevati. Ad eccezione di poche specie ittiche, in particolare carpe, trota iridea, e alcune specie di pesci tropicali, non esistono stock "domestici" di specie acquatiche.

Questo ritardo è dovuto innanzitutto allo sviluppo relativamente recente dell'acquacoltura intensiva, in risposta alla necessità di produrre in ambiente acquatico proteine pregiate, dato il crescente fabbisogno di prodotti per il consumo umano diretto, non più soddisfatto pienamente dalla pesca. Considerando le nostre latitudini, ad esempio, la trotaicoltura può infatti vantare appena 50 anni di esperienza a livello produttivo, mentre lo sviluppo dell'allevamento intensivo delle specie ittiche marine nel Mediterraneo si è svolto negli ultimi trenta anni. Un secondo fattore è rappresentato dall'elevata diversità delle specie acquatiche (le sole specie ittiche viventi sono stimate intorno a 25.000), proprietà che determina quindi un'ampia gamma di possibili candidati per allevamento, per condizioni molto diversificate, senza ricorrere a strategie selettive peculiari. Questa diversità non esiste a livello della zootecnia terrestre, ed è comunque limitata ad un numero molto ristretto di specie di origine, dalle quali sono state selezionate molte varietà e razze. Le specie acquatiche attualmente allevate nel mondo sono circa 250. Per le specie marine va ricordato che l'allevamento riguarda essenzialmente soggetti prodotti da stock selvatici. In passato veniva avviato all'ingrasso seme (novellame e giovanili) di origine naturale, catturato da pescatori specializzati e trasferito negli ambienti di allevamento, e questo è ancora vero per alcune specie (es. anguille, Mugilidi). Oggi in realtà, grazie alla messa a punto delle tecniche di riproduzione controllata, c'è ampia disponibilità di giovanili. Comunque nei centri di riproduzione vengono impiegati riproduttori di origine selvatica o provenienti da popolazioni mantenute in cattività da poche generazioni, i cui esemplari più vecchi vengono periodicamente sostituiti da riproduttori pescati in natura.

Finora in acquacoltura il maggiore impegno è stato diretto principalmente



verso il miglioramento delle diete alimentari, la gestione della salute e la qualità delle acque di allevamento, mentre di minore entità è stata l'applicazione delle tecniche legate alle conoscenze genetiche delle specie oggetto di allevamento. Appare invece importante, in questo stadio di sviluppo dell'acquacoltura, incorporare i concetti della genetica di base ed i programmi di miglioramento genetico nella gestione delle avannotterie, per massimizzare il potenziale biologico delle specie in allevamento e perseguire l'ottimizzazione dei sistemi produttivi secondo specifici obiettivi. Infatti, fino ad oggi, i programmi di selezione hanno avuto un impatto minimo nell'aumentare la capacità produttiva in acquacoltura, con l'eccezione dell'allevamento dei pesci ornamentali. Accrescimento più rapido, migliore conversione dell'alimento, resistenza alle patologie, sono solo alcuni esempi di caratteri che possono avere base genetica, il cui controllo può rendere un allevamento più produttivo.

Allo stato attuale, programmi di miglioramento genetico, a breve o a lungo termine, sono stati applicati principalmente su specie ittiche dulcaquicole e anadrome (Salmonidi) e in misura notevolmente minore su specie marine, attraverso gli interventi descritti brevemente nei paragrafi seguenti. Va anche segnalato che, con lo sviluppo del settore, è andata accrescendosi la sensibilità verso i rischi connessi alle pratiche di allevamento, che, se condotte in modo irresponsabile, possono avere gravi conseguenze sull'ambiente acquatico e sulla biodiversità. Deriva genetica, ibridazione, introgressione di geni, competizione con specie locali, predazione delle specie locali, trasmissione di patologie, sono i principali effetti dell'introduzione di specie alloctone ai fini di allevamento, delle fughe di animali allevati, dei ripopolamenti praticati senza prendere in considerazione la conservazione delle comunità e delle popolazioni locali.

2.4.1 Programmi di selezione

Un programma di selezione viene realizzato per cambiare le frequenze alleliche ed i fenotipi in modo rapido ed efficace, eliminando quei caratteri indesiderati e fissando quelle varianti che massimizzano la produttività o che aumentano il valore commerciale del prodotto finito.

I programmi di selezione vengono effettuati sul fenotipo, in quanto espressione dei geni. I diversi fenotipi sono analizzati o studiati, e viene misurata la variabilità esistente per ogni fenotipo cui ci si riferisce.

Esistono due tipi di variabilità fenotipica: quella associata a caratteri qualitativi e quella associata a caratteri quantitativi.



- i caratteri qualitativi possono essere ascritti ad alcune categorie discrete, e non esiste una gradazione continua tra un fenotipo e un altro. Alcuni esempi sono: pesci albini e pigmentati normalmente, la distribuzione delle squame nella carpa comune, ecc.

- i caratteri quantitativi sono quelli che possono essere misurati, come il peso, la lunghezza, la percentuale di carcassa, ecc.

Sebbene entrambe le variabilità, quantitativa e qualitativa, siano dipendenti da geni, ognuna viene analizzata e sfruttata attraverso approcci differenti.

Selezione per caratteri qualitativi

Questi caratteri assumono una notevole importanza nell'allevamento delle specie ornamentali, in quanto un determinato fenotipo può avere un valore commerciale elevato. Selezionare un carattere fenotipico qualitativo può comportare un diverso livello di difficoltà dipendente dal meccanismo di azione dei geni, e gli interventi di selezione possono essere condotti su un numero variabile di generazioni.

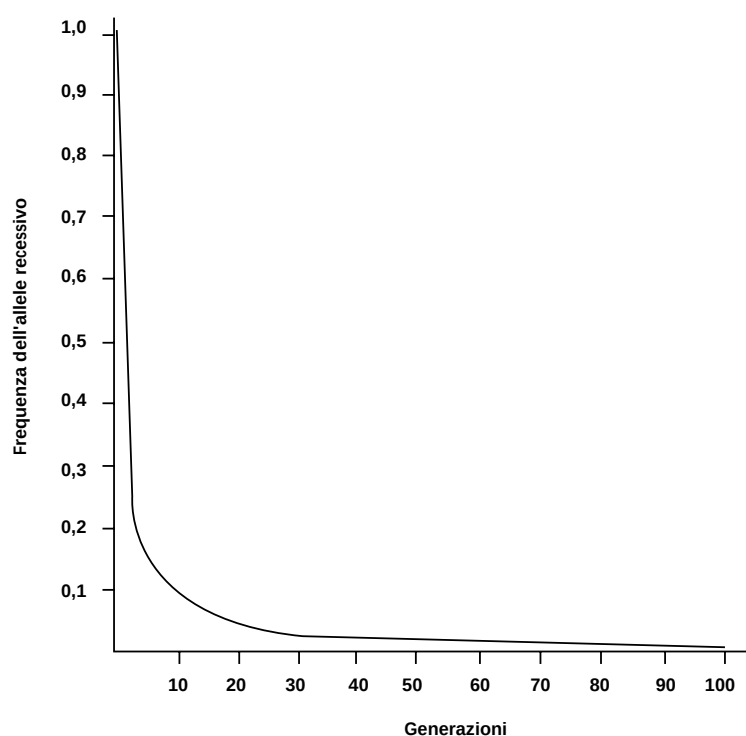


Fig. 1 - Frequenza di un allele recessivo durante un programma di selezione contro un fenotipo recessivo ($f_0 = 0.9$).



Infatti, nel caso di selezione a favore di un fenotipo recessivo, si riesce ad eliminare il fenotipo dominante indesiderato e a fissare il fenotipo recessivo, in una sola generazione.

Nel caso di selezione a favore di un fenotipo dominante, invece, la selezione non riesce a fissare un fenotipo dominante ed eliminare completamente il fenotipo recessivo. Infatti nel caso di geni con azione dominante completa, omozigote ed eterozigote presentano lo stesso fenotipo dominante, ed è dunque impossibile separarli; l'allele recessivo rimane presente nell'eterozigote, e non può essere eliminato per selezione.

Esistono delle formule matematiche per stabilire il numero di generazioni necessarie per tentare di eliminare un allele recessivo, o quantomeno di ridurre la sua frequenza ad un livello accettabile (Fig. 1).

Selezione per caratteri quantitativi

A differenza dei pesci ornamentali, nei programmi di selezione in acquacoltura vengono considerati i caratteri quantitativi. È infatti importante in acquacoltura operare con quei caratteri quantitativi che influiscono sulla produttività: peso, percentuale di carcassa, lunghezza, contenuto in grassi, fecondità, ecc. Al contrario dei caratteri fenotipici qualitativi, un fenotipo quantitativo può essere controllato da un gran numero di geni. I caratteri quantitativi mostrano una distribuzione continua in una popolazione.

Un programma di selezione direzionale è un programma di miglioramento genetico nel quale alcuni individui o famiglie sono scelti come riproduttori al fine di variare per un determinato carattere la media della popolazione nella generazione successiva. La selezione viene condotta sui livelli minimi (massimi) stabiliti: gli individui sopra (sotto) i livelli minimi (massimi) sono selezionati e usati come riproduttori, quelli che presentano valori inferiori (superiori) vengono eliminati. La selezione viene usata con l'obiettivo che gli individui selezionati producano una progenie con una media (e relativa deviazione) simile a quella dei riproduttori selezionati invece di quella della popolazione iniziale. I progressi ottenuti con la selezione artificiale non si ripetono all'infinito. Ogni popolazione, infatti, raggiunge alla fine un limite selettivo, oltre il quale non è più in grado di rispondere alla selezione.

Questo accade quando tutti gli alleli coinvolti nella determinazione del carattere selezionato sono stati fissati, persi o sono per qualche ragione non più utilizzabili dalla selezione.

Anche in assenza di programmi di selezione, viene spesso operata una selezione non intenzionale. In molti casi, infatti gli acquacoltori operano incon-



sciamente una selezione ogni qual volta manipolano i loro pesci, ad esempio scegliendo pesci di taglia maggiore, quelli più facilmente catturabili, o femmine pronte per la deposizione ad una certa data. Esiste inoltre una selezione ad opera dell'ambiente di allevamento: in cattività, ad esempio, saranno selezionati positivamente quegli individui che hanno una migliore performance in vasca o che depongono in condizioni di cattività.

2.4.2 Ibridazione e inincrocio

Esistono altre tecniche di miglioramento genetico, come l'ibridazione e l'inincrocio.

La pratica dell'ibridazione consiste nel fare accoppiare individui con genotipo differente. A livello intraspecifico, l'ibridazione permette di aumentare la variabilità genetica, ottenendo nella progenie un elevato tasso di eterozigosi. A livello interspecifico, l'ibridazione viene utilizzata per produrre ibridi sterili (è il caso del "persico-spigola", *Morone saxatilis* x *M. chrysops*), o progenie monossuata, con l'incrocio di due specie a eterogamia rispettivamente maschile e femminile (come in alcune specie di tilapia).

L'inincrocio è l'incrocio tra individui imparentati tra loro e crea omozigosi. Sebbene una popolazione con un livello elevato di omozigosi possa mostrare bassa sopravvivenza, basso accrescimento e ridotta fertilità, in alcuni casi l'inincrocio viene praticato per migliorare una popolazione in allevamento. Ad esempio, un maschio con alcune caratteristiche particolarmente interessanti viene fatto riprodurre con un suo discendente, aumentando in tal modo il numero dei suoi alleli nella popolazione totale. Un altro caso è la creazione di linee pure che saranno ibridate per produrre ibridi F1 da allevare.

2.4.3 Manipolazione del corredo cromosomico

La manipolazione del corredo cromosomico (MCC) è un'applicazione biotecnologica mirata ad alterare il "normale" meccanismo con cui i caratteri dei genitori sono trasmessi alla progenie nella riproduzione sessuata. Con opportune tecniche manipolative si possono produrre: a) organismi poliploidi, che hanno un numero di cromosomi superiore al normale diploide ($2n$), ma pur sempre multiplo di " n " (triploide = $3n$; tetraploide = $4n$; ecc.); b) organismi diploidi che hanno ereditato il genoma da uno solo dei genitori, dalla madre (diploidi ginogenoti) o dal padre (diploidi androgenoti).

Tra gli animali allevabili, i pesci teleostei e i molluschi sono quelli che meglio si prestano alla MCC grazie ad alcuni tratti distintivi della loro biologia quali: l'elevata fertilità, la modalità esterna di fecondazione, che semplifica la raccolta



manuale dei gameti e gli interventi su di essi, e la buona tolleranza alla poliploidia. In acquacoltura la poliploidizzazione è stata sperimentata anche su alcune specie di Crostacei Decapodi.

Dal punto di vista operativo, la MCC sfrutta il diverso meccanismo della gametogenesi nei due sessi. Per semplificarne la comprensione si tratterà la situazione nei pesci. Alla fecondazione, si ha l'incontro tra uno spermatozoo, con corredo aploide di cromosomi monocromatidici, ed un uovo bloccato alla metafase della seconda divisione meiotica (ovocita secondario), recante un corredo aploide di cromosomi dicromatidici. Con l'ingresso del nucleo spermatico nell'ovocita, si ha la ripresa della meiosi ovocitaria, con disgiunzione dei cromatidi fratelli, e la segregazione dei cromosomi monocromatidici nel pronucleo della cellula uovo e nel secondo globulo polare. Dopo l'espulsione di quest'ultimo, avviene la fusione tra i pronuclei femminile e maschile con formazione dello zigote diploide, dotato di un doppio corredo di cromosomi monocromatidici. Prende, quindi, l'avvio la prima segmentazione che, come una normale mitosi, segrega un'identica copia del corredo cromosomico dello zigote nei due primi blastomeri i quali, a loro volta, si moltiplicheranno per dar origine al futuro individuo.

La MCC prevede di impedire uno dei processi cariocinetici che seguono la fecondazione, provocando o la mancata espulsione del globulo polare, con conseguente inglobazione nel nucleo di un numero aploide di cromosomi, oppure impedire nello zigote la prima segmentazione, provocando il raddoppiamento del numero di cromosomi. Il blocco di questi eventi è attuato tramite l'applicazione di shock chimici o fisici. L'esito della manipolazione è estremamente variabile e dipende largamente dal tipo di trattamento utilizzato e dalle condizioni sperimentali. Nel caso si impieghino nella fecondazione normali gameti maturi (Fig. 2A), la mancata espulsione del globulo polare provoca la generazione di individui triploidi, mentre bloccando la prima segmentazione si ottengono dei tetraploidi. Se nel medesimo schema operativo uno dei due gameti è stato geneticamente inattivato, tramite radiazioni ultraviolette o gamma, si potranno ottenere diploidi ginogenoti (Fig. 2B) o androgenoti (Fig 2C), che avranno ereditato, rispettivamente, o il solo genoma materno o quello paterno. I diploidi ginogenoti possono originare dal blocco della meiosi ovocitaria (meioginogenoti) o della prima mitosi (mitoginogenoti). I primi sono caratterizzati da una non completa omozigosi, a causa del *crossing-over* intercorso tra cromosomi omologhi durante la prima divisione meiotica, mentre i secondi sono omozigoti per tutti i loci genici. Gli androgenoti sono totalmente omozigoti potendo originare esclusivamente dal blocco mitotico (mitoandrogenoti).

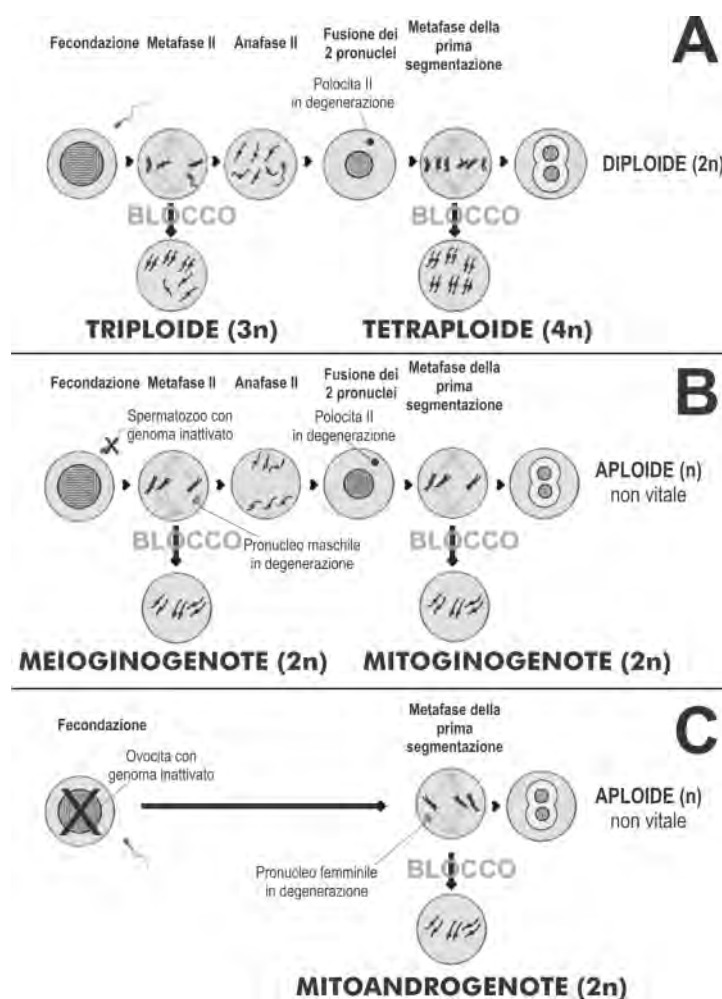


Fig. 2 - Schema operativo della manipolazione del corredo cromosomico nei pesci Teleostei. A: Poliploidizzazione. B: Ginogenesi. C: Androgenesi. La sequenza degli eventi in orizzontale indica il destino dello zigote senza alcun intervento sui processi divisionali. Le deviazioni in verticale indicano i possibili eventi manipolativi.

La triploidizzazione è stata applicata con successo in Pesci, Molluschi e Crostacei. Il vero vantaggio dei triploidi risiede maggiormente nella loro sterilità. Per esempio, le ostriche triploidi non producono gonadi e risultano commerciabili durante tutto l'anno, a differenza delle diploidi che nel periodo di maturità sessuale non possono essere commercializzate. Analogamente, nelle femmine dei pesci triploidi non si verifica l'impoverimento della qualità delle carni che generalmente accompagna la riproduzione. Diversamente da quanto atteso, non per tutte le specie l'induzione della triploidia ha comportato un aumento del tasso di crescita, almeno nel periodo pre-puberale. La triploidia può essere indotta in stock migliorati geneticamente (OGM e inincrociati) perchè la conseguente sterilità ne impedisce



l'accidentale incrocio con individui selvatici, limitando l'impatto sulla biodiversità genetica dei popolamenti ittici.

L'induzione della tetraploidia ha raramente superato la fase sperimentale a causa della scarsa vitalità che spesso si accompagna a tale condizione. L'incrocio di tetraploidi fertili con normali diploidi consentirebbe di ottenere il 100% di progenie triploide senza alcuna manipolazione: a livello produttivo questo è stato messo in pratica in USA e Canada per alcune ostriche.

La ginogenesi e l'adrogenesi costituiscono una valida alternativa o uno strumento complementare all'inincrocio nei programmi di miglioramento genetico dei riproduttori. Per la totale o parziale omozigosi che esse comportano, esse consentono di eliminare rapidamente il carico genetico (eugenesi) o di isolare varianti alleliche rare. Con la mitoginogenesi e l'androgenesi, in una sola generazione, si possono generare progenitori di linee pure con i quali, tramite ulteriore ginogenesi o androgenesi, creare lotti di riproduttori geneticamente identici al progenitore (clonazione). In quelle specie in cui la determinazione del sesso ha una preponderante componente genetica, i ginogenoti e gli androgenoti fenotipicamente risultano, rispettivamente, tutte femmine o tutti maschi. Per i Salmonidi hanno maggior pregio le femmine mentre per le tilapie i maschi; per questi pesci sono attualmente disponibili sul mercato lotti monosessuati di avannotti altamente produttivi i cui genitori sono originati, rispettivamente, da ginogenesi o androgenesi, associata ad inversione del sesso con trattamenti ormonali.

2.4.4 Caratterizzazione genetica

Le pratiche genetiche fin qui descritte si sono originariamente sviluppate su basi empiriche. Come precedentemente menzionato, negli anni più recenti si è sviluppata la consapevolezza che le attività di acquacoltura vanno svolte nel rispetto della biodiversità e dell'integrità genetica delle specie oggetto di allevamento. Ad esempio, inincrocio involontario e deriva genetica si manifestano spesso nelle avannotterie perché le popolazioni (e i parchi riproduttori) sono di dimensioni ridotte e chiuse. È pertanto importante stabilire la dimensione effettiva della popolazione, N_e , necessaria per il mantenimento della diversità genetica a breve o a lungo termine. Questo è ancora più importante qualora si operi con specie oggetto di programmi di ripopolamento in ambienti naturali. Parallelamente vi è quindi stato un incremento degli studi di caratterizzazione genetica non solo rivolti alla conoscenza della variabilità e della struttura genetica delle specie ma anche ad ottenere marcatori genetici stock-specifici.



L'identificazione genetica degli stock di organismi acquatici allevati viene infatti considerato oggi un requisito fondamentale in qualsiasi programma di riproduzione controllata, sia a fini commerciali che di ripopolamento di ambienti naturali. A livello commerciale, la conoscenza del grado di similarità o di diversità all'interno del parco riproduttori permette agli allevatori di incrociare individui geneticamente diversi e quindi di minimizzare gli effetti deleteri dell'inincrocio. Nel caso di programmi di ripopolamento di zone naturali in cui le popolazioni native sono poco rappresentate oppure si sono estinte, è necessario identificare ceppi genetici quanto più affini possibili a quelli autoctoni e che siano in grado di sopravvivere e di riprodursi in quelle particolari condizioni ambientali.

Approccio di elezione nell'analisi genetica dei parchi riproduttori di organismi allevati è stato ed è tuttora lo studio degli allozimi. Questo è un metodo molto affidabile e comunque ripetibile, in grado di evidenziare eventuali varianti genetiche. Uno dei principali svantaggi è che riesce ad evidenziare soltanto una piccola porzione della variazione genetica totale del genoma. Tale svantaggio può essere ignorato se i campioni sotto studio presentano un certo grado di variabilità, ma diventa una difficoltà insormontabile se non si riesce a leggere variazione. Ed è proprio il basso grado di polimorfismo rivelato in alcune specie ittiche che limita l'applicazione di questo approccio in programmi di acquacoltura. Negli ultimi quindici anni, molta enfasi è stata posta nell'analisi diretta del DNA. Lo sviluppo di tecnologie sempre più sofisticate e, nello stesso tempo, facili da usare, ha permesso di studiare la variazione genetica direttamente a livello del DNA.

Inizialmente si è molto diffuso lo studio dei polimorfismi di lunghezza attraverso gli enzimi di restrizione (RFLP), soprattutto a livello del DNA mitocondriale. Questo approccio ha avuto molto successo rivelando una percentuale di variazione genetica molto più elevata rispetto agli allozimi. L'avvento, però, della PCR (reazione a catena della polimerasi) ha provocato l'abbandono di questa tecnica che risulta essere molto lunga e costosa. Attraverso la PCR è possibile amplificare determinate sequenze del DNA, anche di geni specifici, a partire da quantità minime di DNA sorgente. Tali geni possono poi essere sequenziati e la variabilità può essere letta direttamente a livello nucleotidico. Senza arrivare al sequenziamento, è possibile utilizzare la PCR per studiare i polimorfismi in tutto il genoma attraverso per esempio i marcatori RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*). Tale tecnica permette, con poco sforzo, di studiare moltissimi *loci* e di rilevare una percentuale di polimorfismo molto elevata. Principale limite è che i marcatori RAPD sono dominanti. Questa caratteristica li rende poco informativi sia in studi applicati



all'acquacoltura, dove potrebbe essere necessaria la ricostruzione di un *pedigree*, sia nello studio di popolazioni naturali, dove non sarebbe possibile l'analisi della struttura genetica delle popolazioni.

Una particolare classe di marcatori del DNA nucleare è rappresentata dai *loci* VNTR (*Variable Numbers of Tandem Repeats*), fra cui sono compresi i *loci* microsatellite. Tali *loci*, rappresentati da filamenti di DNA piuttosto corti (da un minimo di 10 ad un massimo di 200-300 coppie di basi), sono costituiti da gruppi di nucleotidi ripetuti due, tre o quattro volte e disposti uno dietro l'altro. Sono molto abbondanti nei genomi eucarioti ed ognuno di essi è fiancheggiato da sequenze uniche. Conoscendo tali sequenze è possibile sintetizzare dei *primers* ad esse complementari in modo tale che il *locus* microsatellite ivi compreso, possa essere amplificato attraverso PCR. I *loci* microsatellite presentano un alto tasso di mutazione ed elevati livelli di eterozigosi. Si rivelano perciò molto utili in studi genetici applicati all'acquacoltura in cui potrebbe essere necessario identificare il contributo dei genitori alla progenie. In questo caso, a differenza dei marcatori RAPD, una accurata ricostruzione di *pedigree*, essenziale per identificare gli individui fondatori, sarebbe possibile ed eviterebbe gli effetti deleteri dell'inincrocio, in quanto si potrebbero far riprodurre individui geneticamente diversi. Questa procedura aiuterebbe a mantenere un certo livello di variabilità negli stock allevati.

L'orata: aspetti genetici

Appartenente alla numerosa famiglia degli Sparidae (circa 120 specie), l'orata, *Sparus aurata*, è una specie marina costiera con caratteristiche eurialine, a diffusione subtropicale lungo tutte le coste del Mediterraneo e dell'Atlantico centro-orientale. L'orata è una specie ermafrodita proterandria, a rapido accrescimento, la cui inversione sessuale si compie solitamente entro il secondo anno di età. Durante il periodo primaverile ed estivo compie frequentemente delle migrazioni trofiche in ambienti lagunari ed estuari, dove, in autunno, in coincidenza col periodo riproduttivo, viene catturata ai lavorieri, durante la ridiscesa a mare.

A partire dagli anni '90 sono stati intrapresi alcuni programmi di selezione genetica (individuale e familiare) sulle orate di allevamento, volti ad ottenere un miglioramento nei caratteri quantitativi (ad esempio il tasso di crescita) o a incrementare la presenza di alcune caratteristiche altamente desiderabili dagli allevatori (come la resistenza allo stress). Parallelamente sono stati con-



dotti alcuni schemi di incrocio intraspecifico tra popolazioni di diversa origine geografica e/o tra diversi ceppi di allevamento, che però hanno dato origine ad una progenie caratterizzata da solo una leggera eterosi. Anche per quanto riguarda l'ibridazione interspecifica si sono avuti buoni risultati con l'incrocio *Pagrus major* x *Sparus aurata* (e reciproco), tuttavia questi ibridi non rappresentano attualmente una realtà commerciale.

Nella prospettiva di applicazioni nel settore dell'acquacoltura, ma ancora a livello sperimentale, sono state condotte con successo anche alcune manipolazioni cromosomiche, essenzialmente l'induzione della triploidia. Recentemente si sta anche studiando l'applicabilità sulla specie di alcune tecniche di ingegneria genetica, come la produzione di cellule staminali indifferenziate (ES) e la produzione di individui transgenici per il gene dell'ormone della crescita (GH).

Studi sulla diversità genetica in popolazioni selvatiche di orata hanno rivelato un discreto polimorfismo, ma non si hanno ancora informazioni definitive sul flusso genico all'interno del Mediterraneo. L'identificazione di numerosi marcatori genetici molecolari per questa specie, sia di tipo allozimico che di sequenze di DNA mitocondriale e nucleare, ha aperto la strada a numerose applicazioni nel campo dell'aquacoltura. Attualmente sono infatti in corso programmi di ricerca che prevedono l'utilizzo di tali marcatori, soprattutto microsatelliti, per monitorare la diversità genetica nelle popolazioni d'allevamento, per valutare il successo del ripopolamento attivo in ambienti lagunari, e per identificare la parentela in un programma di selezione genetica che prevede l'allevamento in vasca comune.

La spigola: aspetti genetici

La spigola o branzino, *Dicentrarchus labrax*, è una specie ittica eurialina ed euriterma molto comune in Europa, diffusa nell'Oceano Atlantico nord-orientale e nel Mediterraneo.

Lo studio della diversità genetica in popolazioni allevate e selvatiche ha rivelato un notevole grado di polimorfismo, raramente osservato in una specie ittica. Tale diversità, studiata a diversi livelli del genoma, ha messo in luce l'esistenza di marcatori sia neutrali che sotto selezione. I primi, in grado di tracciare la storia filogenetica della specie, hanno evidenziato una distribuzione delle varianti genetiche secondo un gradiente geografico nord-occidentale - sud-orientale. I marcatori sotto selezione, invece, hanno messo in luce notevoli differenze genetiche fra le popolazioni raccolte in laguna e quelle raccolte in mare, indipendentemente dalla loro distanza geografica, indicando

perciò che alcuni loci, con uno specifico significato adattativo, sono in grado di discriminare le popolazioni sulla base delle loro caratteristiche ecologiche. Infine l'analisi genetica di campioni provenienti da popolazioni selvatiche lagunari, raccolti a diversi stadi di sviluppo e in periodi di migrazione differenti, ha rivelato che l'eterogeneità genetica osservata in questa specie può essere considerata un polimorfismo adattativo: è, cioè, plausibile pensare che genotipi diversi abbiano fitness diverse nei due habitat. Infatti, le *post larvae*, catturate all'ingresso dei laghi costieri, sono costituite da genotipi di tipo lagunare, anche se in bassissima frequenza sono stati osservati genotipi di tipo marino. Questi ultimi, però, non sono mai stati ritrovati nelle classi di età adolescenti e adulti, indicando che in laguna esiste una selezione contro di loro e che quindi, soltanto i genotipi di tipo lagunare compiono lo sviluppo in laguna. Questo processo sembra ripetersi ad ogni generazione nonostante l'alto costo genetico.

I Mugilidi: aspetti genetici

I Mugilidi, o cefali, costituiscono una famiglia di pesci Perciformi euriei, ampiamente distribuiti in tutte le acque del globo. Vengono riconosciute 64 specie, suddivise in 14 generi: esistono tuttavia discrepanze tra diversi autori sulla classificazione all'interno della famiglia, dovuta all'elevata conservatività morfologica all'interno della stessa. Studi di caratterizzazione genetica condotti su varie specie di Mugilidi hanno permesso di accumulare conoscenze sulla loro variabilità inter ed intraspecifica: questi dati sono stati utilizzati in seguito in chiave applicativa.

Fra i Mugilidi, la volpina, *Mugil cephalus*, è sicuramente la specie più conosciuta, da una lato per la distribuzione cosmopolita, e dall'altro per l'interesse che questa specie riveste nelle pratiche di allevamento delle regioni lagunari e costiere in molte regioni del globo. L'interesse commerciale della volpina è soprattutto legata alla produzione della bottarga, ovari salati e seccati, che costituisce una prelibatezza alimentare.

La volpina è una delle poche specie marine costiere a distribuzione cosmopolita ed è pertanto apparso interessante studiarla da un punto di vista genetico. Tecniche di caratterizzazione genetica avrebbero potuto evidenziare una diversità fra le popolazioni geograficamente disgiunte non apparsa con l'analisi dei caratteri morfologici. Studi sui sistemi gene-enzima e sul DNA mitocondriale e l'analisi citogenetica di 9 popolazioni campionate nell'areale di distribuzione della specie hanno confermato la validità della stessa: le prime due tecniche hanno tuttavia evidenziato una netta distinzione fra le





popolazioni, ma con una variabilità interpopolazione ascrivibile ad un'unica specie.

Questa variabilità intraspecifica potrebbe spiegare le differenze riportate in prove di allevamento della volpina in varie regioni del globo. Un'interessante esperimento condotto a Guam allevando nelle stesse condizioni novellame di volpina proveniente da Taiwan e dalle Hawaii, ha infatti mostrato che la volpina di Taiwan presenta un'accrescimento molto più rapido.

Un risvolto applicativo degli studi genetici di base condotti su diverse specie di Mugilidi e varie popolazioni di *M. cephalus* riguarda la tutela di un prodotto tipico locale, la "bottarga di muggine sarda", che si sta indirizzando verso la certificazione di origine controllata. Infatti con lo sviluppo delle tecniche di amplificazione del DNA, sono bastati piccoli quantitativi di prodotto per risalire alla specie e alla provenienza geografica, mettendo in evidenza una frode alimentare: bottarghe poste sul mercato con la dicitura "bottarga di muggine sarda" all'analisi genetica sono poi risultate in un caso ovari di bosega (*Chelon labrosus*) probabilmente sarda, o in altri ovari di popolazioni di volpina geneticamente molto distanti dalla popolazione sarda.

Un'altra interessante applicazione degli studi di caratterizzazione genetica è la marcatura degli individui a livello genetico. Sono infatti in corso esperienze di ripopolamento di stagni costieri italiani con Mugilidi da riproduzione controllata, con seme marcato geneticamente. Questo sistema, detto "*genetic fingerprinting*" permette, attraverso lo studio del genotipo dei riproduttori, di determinare il genotipo della progenie, che sarà seminata in ambienti naturali. La marcatura genetica permetterà di riconoscere nell'ambiente naturale gli esemplari seminati, e determinare quindi il successo del ripopolamento, con costi e mortalità minori rispetto ad una marcatura fisica, che pone seri limiti operativi: età minima di marcatura, ritenzione della stessa, conseguente mortalità, difficoltà nel marcare importanti quantitativi di individui. Sarà interessante a fine studio confrontare i risultati con quelli ottenuti per la stessa specie alle Hawaii, vent'anni fa, a seguito del ripopolamento di alcune zone lagunari e costiere dell'isola di Ohau, con giovanili marcati con targhette metalliche interne.

Bibliografia

- Bartley D., Basurco B. (1998). *Genetics and breeding of Mediterranean aquaculture species*. Proceedings of the seminar of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), CIHEAM/FAO, Zaragoza, Spain, 28-29 April 1997, Cah. Opt. Med., 34, 296 pp.
- Carvalho G., Pitcher T.J. (1995). *Molecular genetics in fisheries*. Chapman & Hall, NY, 141 pp.
- Pullin R.S.V., Bartley D.M., Kooiman J. (Eds) (1999). *Towards policies for conservation and sustainable use of aquatic genetic resources*. ICLARM Conf. Proc. 59, 277 pp.
- Purdom C.E. (1993). *Genetics and Fish Breeding*. Chapman & Hall, University Press, Cambridge, UK, 2787 pp.
- Tave D. (1993). *Genetics for fish hatchery managers*. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, NY, USA.





Riferimenti al CCPR

La genetica in acquacoltura appare uno strumento di studio utile a perseguire due finalità, che dalla lettura del capitolo sono evidenti. Da un lato è necessario avviare programmi di selezione, per disporre di pesci da allevamento con caratteristiche tali da permettere un sistema di produzione ottimizzato (accrescimento più rapido, resistenza alle malattie, ecc.), dall'altro bisogna offrire gli strumenti tecnico-scientifici per misurare e controllare gli impatti genetici dell'acquacoltura sulle popolazioni naturali. In tal senso tutti gli studi di genetica di popolazione risultano uno strumento valido.

Il CCPR dà grande rilevanza alla conservazione delle risorse genetiche. In 9.1.2, è esplicita la raccomandazione agli Stati ad usare tutti i migliori strumenti scientifici disponibili per valutare gli effetti dello sviluppo dell'acquacoltura sulla diversità genetica. Il 9.3 è interamente dedicato all'uso delle risorse genetiche in acquacoltura, includendo anche le pratiche di pesca basate sull'acquacoltura.

Al 9.3.1 il codice raccomanda il controllo dei rischi da introduzione di specie alloctone, o geneticamente alterate, soprattutto nei casi in cui i rischi di diffusione sono più elevati. È soprattutto il problema delle fughe dagli allevamenti che deve essere considerato, dato che questi eventi sono quelli che maggiormente incidono nella diffusione di specie indesiderate per la conservazione della biodiversità.

Ma come controllare concretamente la fuga di pesci? Talvolta il controllo ci pone di fronte a contraddizioni nell'ambito delle stesse politiche di conservazione. Ad esempio, sono note circostanze in cui gli stessi delfini hanno danneggiato gabbie da cui si sono avute fughe consistenti di pesci. Come dovevano comportarsi i produttori dati gli insuccessi per allontanare quegli intelligenti visitatori?

Una delle modalità teoriche per evitare i rischi di fuga sarebbe quella di produrre pesci, o altri organismi, sterili o simili ai selvatici, conservandone le caratteristiche, ma al di là della reale applicabilità di questo approccio, tutto ciò per gli allevamenti intensivi andrebbe in contraddizione con il disegno di disporre linee genetiche selezionate.

Nelle ricerche in acquacoltura svolte con il contributo del MIPAF in questi anni (Piani Triennali, legge 41/82), è stata privilegiata una linea dicotomica: da un lato produrre, in avannotterie per pesci da ripopolamento, giovanili tendenzialmente simili al selvatico, dall'altra produrre soggetti selezionati iperintensivamente, per soddisfare la domanda degli allevamenti da ingrasso. In realtà siamo ancora lontani dal saper conservare la variabilità genetica



dei selvatici, mentre sui fenotipi il lavoro è molto più avanzato. Il CCPR è molto avanzato rispetto alla realtà produttiva, e fa alcune raccomandazioni che, per essere raccolte, richiedono il supporto della ricerca scientifica per disporre di una ampia base conoscitiva su cui prendere delle decisioni.

Al 9.3.2 viene raccomandata la cooperazione internazionale per elaborare linee guida, buone pratiche, modalità sostenibili nell'uso delle risorse genetiche, nel caso di introduzioni e trasferimenti di organismi acquatici.

Dunque la caratterizzazione genetica delle popolazioni allevate e di quelle naturali risulta uno strumento indispensabile per il controllo e la previsione degli impatti.

Non va infatti dimenticato che la situazione delle specie acquatiche allevate non è simile a quella riscontrabile in gran parte delle zootecnie terrestri. Nel primo caso, mentre un pesce o un mollusco viene allevato, in natura vivono le popolazioni selvatiche della stessa specie, quelle su cui si potrebbero verificare gli impatti genetici indesiderati. Nel secondo caso si tratta per lo più di razze selezionate da tempo dall'azione dell'uomo, o selezionate con programmi scientifici. Generalmente queste non presentano rischi di flusso genico con le popolazioni naturali di origine, perché estinte.

Pertanto nella difesa della biodiversità, e dei valori etici ed utili che questa conserva, è necessario, nel definire le strategie di conservazione, conoscere la natura delle risorse genetiche di cui si sta trattando ed il loro "stato" in riferimento all'uso che le attività antropiche ne hanno fatto.

S.C.



2.5 BIOTECNOLOGIA IN ACQUACOLTURA

L. Colombo

2.5.1 Definizioni di biotecnologia e OGM

La biotecnologia si può definire, in senso stretto, come l'applicazione a livello produttivo, sia esso industriale, agrario o zootecnico, della tecnologia del DNA ricombinante. Con questa si intende un insieme di tecniche per la trasformazione genetica di cellule od organismi pluricellulari, consistente nel trasferimento nel loro genoma di geni esogeni in grado di modificarne il fenotipo, cioè il funzionamento, e di essere trasmessi nella discendenza. Gli organismi che così si ottengono sono detti transgenici, e vengono classificati come Organismi Geneticamente Modificati, o OGM. Tra i potenziali vantaggi della biotecnologia vi è quello di poter migliorare il rendimento produttivo di una specie coltivata od allevata non solo in modo molto più rapido rispetto al classico approccio selettivo, ma anche conferendo capacità e qualità che quest'ultimo non può controllare.

2.5.2 I pesci transgenici a rapida crescita

In acquacoltura, esperimenti di trasferimento genico o transgenesi sono iniziati sui pesci sin dal 1985. Nel 95% dei casi, si è impiegato un transgene o costruito genico codificante per l'ormone della crescita (GH) allo scopo di ottenere ceppi a crescita rapida complessivamente in 15 specie di teleostei d'allevamento. Nel restante 5%, la ricerca ha riguardato invece transgeni per proteine antigelo, onde consentire la sopravvivenza di salmoni in acque molto fredde, e transgeni per il lisozima, proteina battericida, per migliorare la resistenza alle malattie. I pesci transgenici per il GH hanno fornito i risultati più interessanti. Ad esempio, il tasso di crescita è stato aumentato di 4 volte (400%) nella tilapia nilotica, *Oreochromis niloticus*, di 7 volte nella carpa comune, *Cyprinus carpio*, e di ben 11 volte nel salmone coho, *Oncorhynchus kisutch*. Nonostante il miglioramento della qualità delle carni e l'indubbio vantaggio economico di poter ridurre così drasticamente i tempi, notoriamente lunghi, dell'allevamento ittico, la produzione di pesci transgenici a rapida crescita è rimasta limitata alla scala sperimentale e non è mai arrivata sui mercati (tranne a Cuba).



2.5.3 Opposizione all'impiego di OGM a scopo alimentare

Le cause di questa battuta di arresto non sono in realtà tecniche ma ascrivibili al fatto che in agricoltura, sin dai primi anni novanta, si è verificata, soprattutto nelle Americhe, una rapidissima espansione delle coltivazioni di piante transgeniche, come soia, mais, grano e cotone, che hanno letteralmente invaso i mercati di tutto il mondo. La subitaneità di questa innovazione è stata però interpretata come la cinica attuazione di una pura strategia del profitto pianificata e perseguita da alcune società multinazionali. Contro di essa si è allora prontamente sollevato un movimento di opposizione di vari gruppi anti-biotech che, attraverso i mass media, hanno saputo creare nell'opinione pubblica un fronte di assoluta ostilità contro l'impiego a scopo alimentare di Organismi Geneticamente Modificati, accusati di comportare rischi per la salute dei consumatori e di minacciare la biodiversità e gli ecosistemi naturali.

Visto l'andamento dell'aspra disputa sugli OGM vegetali, combattuta politicamente e legalmente sulla contrapposizione tra forti valenze economiche da una parte e fondamentalismi ideologici dall'altra, sarebbe stato davvero un atto di eroica ingenuità l'introdurre sul mercato dei pesci transgenici presentandoli come il primo alimento geneticamente modificato di origine animale.

È pertanto comprensibile sia l'atteggiamento prudentiale delle associazioni dei piscicoltori riguardo ai pesci transgenici, sia la moratoria sulla loro commercializzazione in attesa che le organizzazioni internazionali che si occupano del problema degli OGM, tra cui la FAO, le Nazioni Unite, il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, il Consiglio Europeo, la Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD) ed il Consiglio Internazionale per l'Esplorazione del Mare (ICES) approvino direttive e suggeriscano codici di condotta e misure cautelative sul come produrre, trasportare e rilasciare nell'ambiente gli OGM. Dovranno inoltre essere affrontate a livello dell'Organizzazione Mondiale del Commercio (WTO) le problematiche relative alla brevettabilità degli OGM, i relativi diritti di proprietà e di licenza, nonché l'obbligo di certificazioni e contrassegni che informino i consumatori sulla presenza o meno di OGM.



2.5.4 Aspetti positivi della produzione di massa di pesci transgenici a rapida crescita

È da tener presente, tuttavia, che la transgenicità dei pesci è sostanzialmente diversa da quella dei vegetali. Nei pesci, si è cercato di realizzare modificazioni geniche di tipo autotransgenico (introduzione di sequenze simili od uguali a quelle già presenti nel pool genico della specie, come il trasferimento in salmone di un costrutto di GH con sequenza promotrice di salmone) e non allotransgenico come nelle piante (in cui si sono introdotti geni del tutto estranei). Pertanto, per i pesci autotransgenici, dovrebbe valere il principio della sostanziale equivalenza alimentare, secondo il quale non è necessaria una specifica regolamentazione nel caso in cui i componenti transgenici del cibo siano identici o del tutto simili a sostanze già presenti nell'alimento naturale, come del resto già avviene per alimenti provenienti da organismi sottoposti a mutagenesi indotta da radiazione, poliploidizzazione ed ibridazione interspecifica, che sono considerati di per sé sicuri.

Inoltre, il ritardare eccessivamente la produzione di massa di pesci transgenici potrebbe avere conseguenze nefaste per l'ambiente acquatico. La transgenesi, infatti, non è destinata tanto ad influenzare le produzioni della piscicoltura nei Paesi industrializzati, che privilegiano specie carnivore, in gran parte marine, quanto piuttosto quelle di Paesi in Via di Sviluppo, soprattutto dell'area tropicale, i quali allevano specie fitoplanctofaghe e vegetariane di acqua dolce, come carpe e tilapie, che presentano un bilancio proteico positivo e quindi ecosostenibile. Si prevede che, entro il 2020, le produzioni degli allevamenti ittici dovranno raddoppiare a livello globale soprattutto in quei Paesi nei quali si deve fronteggiare un deficit di proteine di origine animale aggravato da un continuo incremento demografico. Con pesci autotransgenici, che raggiungono prima la taglia commerciale, tale raddoppio potrebbe avvenire senza la necessità di occupare nuovi spazi idrici con conseguenti impatti ambientali. Il costo di produzione sarebbe inferiore ed il rapporto proteine/lipidi sarebbe più alto rispetto ai pesci normali a causa dell'attività proteogenica e lipolitica del GH.

2.5.5 Mitigazione dei rischi ambientali dovuti ai pesci transgenici

Quanto ai possibili effetti negativi sull'ittiofauna selvatica, essi potrebbero essere minimizzati nel caso in cui: 1) i pesci transgenici appartengano a specie alloctona di acqua dolce già introdotta nel Paese, per cui non esistono conspecifici realmente selvatici con cui incrociarsi (come le tilapie in Asia o le

carpe in Africa); 2) la pigmentazione cutanea dei pesci transgenici sia tale da favorirne la predazione in natura (come negli ibridi albinici o rossi di tilapia e nelle carpe koi); 3) l'ittiofauna locale comprenda specie ittiofaghe in grado di predare prontamente i pesci transgenici sfuggiti dagli allevamenti (come i piranha in Brasile); 4) si pratichi la pesca artigianale o sportiva in prossimità degli allevamenti; 5) l'aumentato tasso di crescita allo stadio giovanile sia insostenibile in assenza di alimento fornito dall'uomo per cui o l'incremento non si verifica (transgenico a crescita normale) oppure determina uno scompenso fisiologico letale (transgenico dipendente dall'uomo per la sua sopravvivenza). In tali condizioni, l'allevamento di pesci transgenici per il GH potrebbe essere considerato a basso impatto ecosistemico.





Bibliografia

- Lee C.S., Donaldson E.M. (2001). *General discussion on "Reproductive biotechnology in finfish culture"*. Aquaculture, 197: 303-320.
- Colombo L. (2000). *Biotechnological approaches for the improvement of performance and pathogen control in fish culture*. Proceedings of the 1st International Exhibition and Congress on Biotechnology, Genova, 24/26-05-2000, pp. 6-18.
- Maclean N., Laight R.J. (2000). *Transgenic fish: an evaluation of benefits and risks*. Fish and Fisheries, 1: 146-172.

Organismi geneticamente modificati e acquacoltura
Da "FAO, 2000. The state of world fisheries and aquaculture".

Le modificazioni genetiche delle specie acquatiche hanno il potenziale di incrementare sia la quantità che la qualità dei prodotti dell'acquacoltura. Oltre alle pratiche di selezione, la manipolazione del corredo cromosomico e l'ibridazione, che hanno già fornito un contributo significativo alle produzioni da acquacoltura, e sembrano acquisire una sempre maggior importanza con il progredire del processo di domesticazione nelle specie acquatiche, vi sono gli Organismi Geneticamente Modificati (OGM).

Gli OGM sono organismi transgenici, cioè organismi che portano nelle loro cellule dei geni estranei.

Diversi geni sono stati identificati e trasferiti in varie specie acquatiche (ormone della crescita, per un incremento della crescita; proteine anti-congelamento, per incrementare la resistenza al freddo; lisozimi, per incrementare le resistenze alle patologie; prolattina, che influenza la schiusa, l'osmoregolazione, il comportamento ed il metabolismo generale).

Allo stato attuale, gli OGM acquatici non vengono commercializzati, sono solo prodotti a fini sperimentali e di ricerca. Esiste tuttavia da un lato la volontà di immettere al più presto sul mercato questi OGM, dall'altro una forte resistenza alla loro produzione commerciale per tutelare sia l'ambiente, sia la salute umana.

Il primo punto riguarda l'importazione e l'introduzione, volontaria o non, di OGM negli ambienti naturali. Gli OGM possono essere introdotti nell'ambiente di proposito, con programmi di ripopolamento, o accidentalmente, a seguito di fughe da impianti di allevamento.

Esiste la preoccupazione che gli OGM possano avere un impatto negativo sulla biodiversità locale, attraverso una capacità predatoria o competitiva superiore, o che possano riprodursi con specie simili, e rompere la diversità genetica locale. I sostenitori degli OGM sostengono che gli OGM siano organismi molto addomesticati, che abbiano una bassa fitness in ambienti naturali, e che non potrebbero quindi competere con successo con gli organismi selvatici. Non è ancora noto quanto un OGM possa riprodursi in un ambiente naturale con la popolazione locale, e quale sarebbe la fitness della loro





progenie. Esistono tuttavia dei casi documentati di specie oggetto di acquacoltura fuggiti da impianti produttivi che hanno formato delle popolazioni capaci di riprodursi.

La questione della salute umana concerne principalmente la preoccupazione di alimentarsi con OGM che contengono all'interno del loro genoma l'informazione per produrre sostanze che potrebbero avere effetti tossici o nocivi per la salute umana. È il caso di pesticidi, erbicidi o antibiotici per le piante; per gli organismi acquatici, la preoccupazione è rivolta principalmente a possibili sviluppi di resistenza alle malattie. Un OGM più resistente alle malattie potrebbe ospitare senza essere danneggiato un potenziale patogeno nuovo che potrebbe essere trasmesso all'uomo.

Esiste anche il concetto etico legato agli OGM: il primo punto è se l'uomo ha diritto di modificare le creazioni naturali. L'altro punto riguarda l'autonomia e il diritto all'informazione del consumatore: ognuno ha il diritto di sapere che cosa contiene o come è stato prodotto l'alimento che acquista, per poter liberamente scegliere se acquistarlo o no. Questo secondo punto non è ancora così importante per gli organismi acquatici, in quanto gli OGM acquatici non sono ancora in commercio. Le linee guida definite da organismi internazionali, come CE o la Commissione per il Codex Alimentarius della FAO/WHO sono dei punti di riferimento a proposito di sicurezza alimentare, ma non sono vincolanti per i paesi membri.

Riferimenti al CCPR

Riferendoci in particolare agli Organismi Geneticamente Modificati, si può affermare che all'epoca della pubblicazione del CCPR il dibattito sulle applicazioni dell'ingegneria genetica non era ancora aperto al grande pubblico, così come lo è oggi. C'è anche da sottolineare che le posizioni su questo tema sono talvolta molto divergenti. I biotecnologi affidano alle loro capacità di intervento sul "materiale biologico" gran parte delle opportunità di sviluppo soprattutto per i Paesi che hanno necessità di produrre grandi quantità di alimenti. E se per gli stessi scienziati, questo genera una serie di dipendenze, ad esempio a causa dei brevetti, ecc., ciò è un male minore rispetto ai vantaggi. Questa tesi è avvalorata ad esempio se si considera che nelle Linee Guida del CCPR, N. 6, "Pesca nelle acque interne", pubblicate nel 1997, nei commenti al 6.19, le modificazioni genetiche sugli organismi allevati sono considerate tra gli strumenti di supporto di politiche tendenti a garantire alimenti e benefici economici. Ciò è del tutto in controtendenza rispetto ad alcune posizioni assunte da organizzazioni di consumatori europei e statunitensi che richiedono prodotti alimentari esenti da OGM.

Si tratta di una materia troppo fluida e complessa per trarre conclusioni ed indirizzi, se pur preliminari, in queste note. Comunque, se da un lato è necessario lasciare libero il processo di crescita scientifica, dall'altro bisogna considerare i potenziali rischi per la conservazione della biodiversità e per la sicurezza alimentare quando si passa alle applicazioni massive che possono avere ricadute in natura. La continuità degli ambienti acquatici richiede inoltre una serie di precauzioni, per la capacità propria degli organismi acquatici di disperdersi in un substrato fluido di per se stesso dinamico. Sviluppare capitoli di ricerca per aumentare la capacità di controllo, parallelamente alla crescita di tecnologie produttive, potrà consentire di mettere a punto biotecnologie responsabili. I commenti sono più articolati se si debbono confrontare le posizioni dei Paesi emergenti a forte crescita demografica orientali, ed alcuni movimenti di opinione occidentale. Nel primo caso le biotecnologie sembrano una strada certa per il successo verso una stabile autosufficienza alimentare, dall'altro permangono posizioni fortemente critiche su tali applicazioni. C'è comunque da sottolineare che il mondo della ricerca e le imprese che producono OGM, a seguito delle pressioni di un mercato molto attento ai rischi di nuova generazione (come quelli di natura ambientale ed alimentare strettamente correlati) stanno sviluppando manipolazioni genetiche sempre più controllate e potenzialmente esenti da rischi. Siamo comunque all'inizio di un processo che potrà potenzialmente rivoluzionare lo stesso mondo dell'acquacoltura.

S.C.





2.6 ENDOCRINOLOGIA E BIOLOGIA RIPRODUTTIVA IN ACQUACOLTURA

L. Colombo, L. Dalla Valle, S. Vianello, P. Belvedere

2.6.1 Disfunzioni della riproduzione in pesci Teleostei di allevamento

Disfunzioni ovariche

Esiste una vasta documentazione sul fatto che molti pesci Teleostei in cattività, presentano disfunzioni riproduttive più marcate in riproduttori di origine selvatica ed a volte attenuate dopo varie generazioni in allevamento. Le disfunzioni sono più evidenti nelle femmine, in cui sono classificabili tre categorie di gravità decrescente: 1) il mancato sviluppo dei follicoli ovarici per arresto precoce della vitellogenesi cioè del processo di deposizione del tuorlo negli ovociti primari, come avviene nell'anguilla europea, *Anguilla anguilla*, nella ricciola, *Seriola dumerili*, ed in varie specie di Teleostei marini ornamentali provenienti da barriere coralline; 2) la mancata ripresa della maturazione meiotica in ovociti che hanno completato la vitellogenesi, con conseguente assenza di ovulazione. Questo è il tipo più comune di disturbo, osservabile in Acipenseridi, Ciprinidi, Claridi, Esocidi, Moronidi, Serranidi, Sparidi, Scienidi, Mugilidi e Pleuronettidi; 3) la mancata deposizione delle uova ovulate per cui non vi è accoppiamento. Questa disfunzione è tipica di Salmonidi dei generi *Oncorhynchus*, *Salmo* e *Salvelinus* per i quali è necessario il prelievo manuale delle uova e la loro fecondazione artificiale prima che insorga il fenomeno degenerativo della sovramaturazione, che le rende non più fecondabili.

Disfunzioni testicolari

Disfunzioni riproduttive sono spesso presenti anche nei maschi, in cui si può riscontrare una diminuita produzione di sperma, uno spermatocrito (volume degli spermatozoi/volume del liquido seminale) troppo elevato (anche >85%, per cui lo sperma è troppo viscoso e non si disperde nell'acqua), oppure la presenza di spermatozoi con ridotta motilità, fenomeni riportati soprattutto in Scienidi come l'ombrina, *Umbrina cirrosa*, ed in Pleuronettidi dei generi *Pleuronectes*, *Scophthalmus* ed *Hippoglossus*.



In casi più gravi, vi può essere l'assenza od il blocco della spermatogenesi, come in *Anguilla anguilla* ed in varie specie di pesci marini ornamentali.

Cause e rimedi

Le cause di queste disfunzioni si possono ricollegare al fatto che in una vasca di riproduzione vengono a mancare cruciali stimoli ambientali che in natura servono a regolare i cicli riproduttivi e le migrazioni verso le aree di frega della specie. Abbondano invece fattori stressogeni, come il ridotto spazio a disposizione, la scarsa profondità dell'acqua, l'isotropia (uniformità) ambientale, la mancanza di ripari, l'affollamento, ed il deterioramento della qualità dell'acqua.

Anche se, migliorando le condizioni in vasca e la dieta, si può facilitare la riproduzione in cattività, spesso è necessario il ricorso a trattamenti di tipo ormonale. Tuttavia, non sempre questi trattamenti sono coronati da successo, con disappunto dell'operatore. Il fatto è che l'ormone esogeno va ad interagire con un sistema di regolazioni fortemente integrato, in cui l'organo bersaglio nell'asse regolativo principale, quello ipotalamo-ipofiso-gonadico, è in realtà influenzato, in una sorta di circuito a rete, anche da altri assi, come il sistema neuroendocrino di risposta allo stress, il sistema di controllo dell'omeostasi energetica, i centri di regolazione cronobiologica, e l'asse tiroideo-somatotropico. Inoltre, l'ormone può agire solo come complesso ormone-recettore, e la condizione recettoriale del bersaglio non è di solito nota all'operatore. Infine, la cinetica della concentrazione di un ormone iniettato nei liquidi circolanti di un pesce non ricalca quella della normale secrezione del corrispondente ormone endogeno.

2.6.2 Controllo neuroendocrino della gametogenesi nei pesci Teleostei

Gametogenesi e steroidogenesi ormonale

Mentre le cause distali, od ambientali, delle disfunzioni sopra descritte restano praticamente indeterminate, i disturbi prossimali a carico dell'apparato neuroendocrino sono stati invece in gran parte chiariti. Per comprenderne la dinamica, è necessario tener presente che, nei Teleostei, sia la gametogenesi che la steroidogenesi ormonale gonadica hanno un andamento bifasico strettamente correlato. Nell'ovario, la prima fase è quella dell'accrescimento



dell'ovocita per vitellogenesi (accumulo del tuorlo), che si compie sotto il controllo di ormoni steroidei estrogeni secreti dalle cellule follicolari che avvolgono l'ovocita. Mentre l'ovocita si accresce, la sua vescicola germinativa o nucleo rimane in posizione centrale nell'ooplasma, bloccata allo stadio di diplotene della profase della prima divisione meiotica. La seconda fase corrisponde alla ripresa della maturazione meiotica nell'ovocita post-vitellogenico sotto il controllo di steroidi progestogeni prodotti dalle cellule follicolari dopo il declino della sintesi degli estrogeni. Nel corso di questo processo, la vescicola germinativa si sposta verso il micropilo, canale di entrata dello spermatozoo, perde l'involucro nucleare, completa la prima divisione meiotica e si arresta allo stadio di metafase della seconda divisione meiotica. Dopo di che può avvenire l'ovulazione, con rottura dell'involucro follicolare e fuoriuscita dell'ovocita secondario nella cavità ovarica (nella maggior parte dei Teleostei) o peritoneale (come nei Salmonidi) (Fig. 1) .

Analogamente, nel testicolo, la prima fase corrisponde alla spermatogenesi con le due divisioni meiotiche che si succedono senza interruzioni seguite dal processo di spermiogenesi (trasformazione degli spermatidi in spermatozoi) sotto il controllo di steroidi androgeni 11-ossigenati, soprattutto di 11-chetotestosterone, rilasciati dalle cellule interstiziali del testicolo. La seconda fase è quella della spermiazione, cioè della fluidificazione dello sperma che si raccoglie negli spermidotti (Fig. 1), sotto il controllo di progestogeni, la cui sintesi si sostituisce a quella degli androgeni. Sia nel maschio che nella femmina, i progestogeni gonadici sono derivati 20 β -ridotti e/o 21-idrossilati del progesterone e del 17 α -idrossiprogesterone, come l'11-desossicorticosterone, l'11-desossicortisolo ed il 17 α -idrossi-20 β -diidro-progesterone.



Pesca di riproduttori maturi di ricciola con reti a circuizione. Foto di A. Lazzari

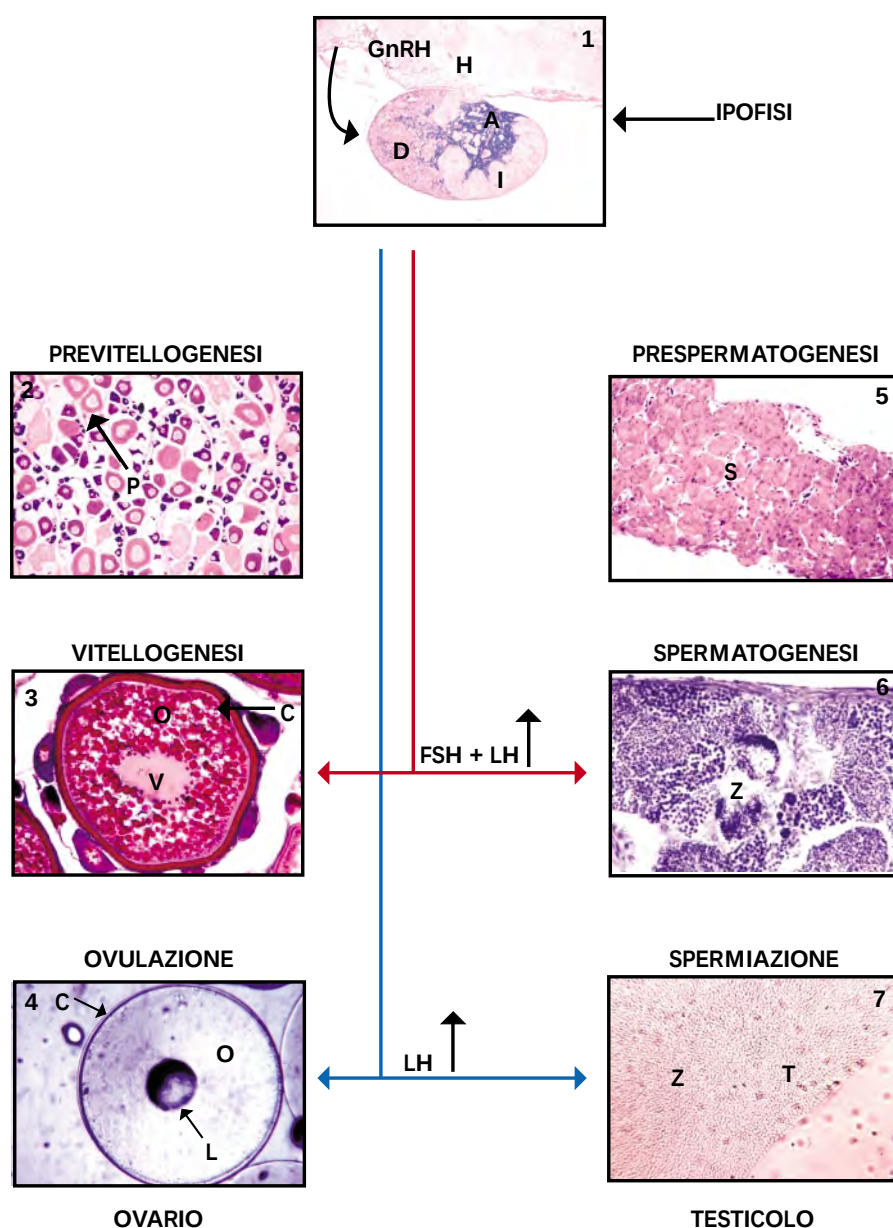


Fig. 1 - Asse ipotalamo-ipofiso-gonadico nei teleostei (le figure si riferiscono al branzino, *Dicentrarchus labrax*). Riquadro 1: cellule neurosecretrici situate nell'ipotalamo (H) inviano assoni (A) all'interno della *pars intermedia* (I) e della *pars distalis* (D) dell'adenipofisi. In quest'ultima, rilasciano il neuro ormone, GnRH, che stimola la secrezione da parte delle cellule gonadotrope delle gonadotropine FSH e LH. Il passaggio dalla previtellogenesi (riquadro 2) alla vitellogenesi (3) nell'ovario e dalla prespermatogenesi (5) alla spermatogenesi nel testicolo è determinato da una aumento della secrezione di entrambe le gonadotropine. Il passaggio successivo verso l'ovulazione (4) e la spermiiazione (7) richiede invece un marcato innalzamento della secrezione di LH. Riquadro 2: P = ovocita previtellogenicico allo stadio perinucleolare. Riquadro 3: Ovocita vitellogenicico: V = vescicola germinativa; O = ooplasma ricco di granuli del tuorlo; C = membrana del corion. Riquadro 4: ovocita ovulato: L = goccia oleosa; O = ooplasma fluidificato; C = membrana del corion. Riquadro 5: S = nidi di spermatogoni. Riquadro 6: T e Z = cisti spermatogenetiche contenenti rispettivamente spermatociti e spermatozoi; Riquadro 7: Z = spermatozoi rilasciati nello sperma.



Controllo gonadotropo

L'andamento bifasico dello sviluppo dei follicoli nell'ovario è governato da due gonadotropine, l'FSH e l'LH (dette anche GtH1 e GtH2) secrete dalle cellule gonadotrope site nella *pars distalis* dell'adenoipofisi. La prima fase è sotto il controllo di entrambe le gonadotropine, mentre la transizione verso la seconda fase è associata ad un innalzamento molto marcato e prolungato della concentrazione plasmatica di LH (Fig. 1). Il rilascio delle gonadotropine è stimolato da un neuro ormone, il GnRH (Fig. 2, tipo A), emesso in prossimità delle cellule gonadotrope dai terminali assonici di cellule neurosecretrici localizzate nel nucleo preottico dell'ipotalamo (struttura posta nel comparto diencefalico del cervello). Quest'ultime cellule sono a loro volta controllate, attraverso sinapsi convenzionali, da vari neuroni encefalici che mediano stimoli sensoriali ed interni. Altre due forme distinte di GnRH sono state identificate in altre aree dell'encefalo dei pesci perciformi ove sembrano implicate nella neurotrasmissione dei segnali feromonal sessuali e nel controllo cronobiologico (Fig. 2, tipi B e C).

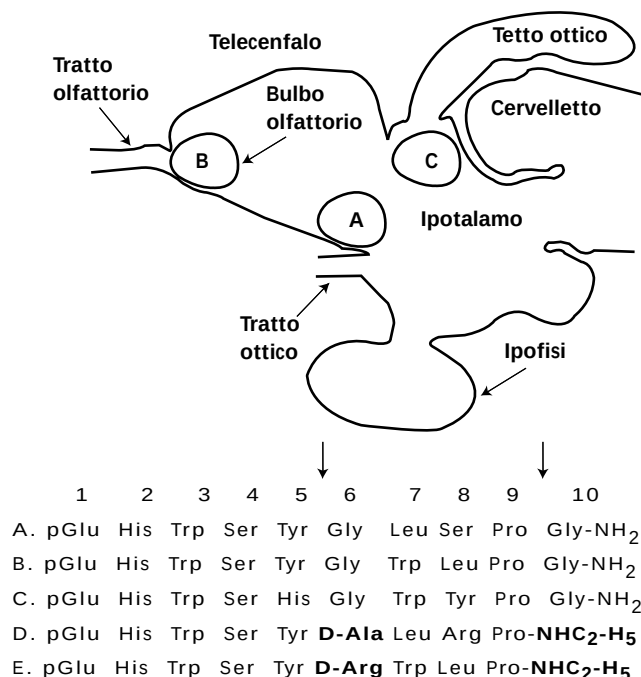


Fig. 2 - Localizzazione delle cellule che producono i 3 tipi di GnRH presenti nell'encefalo dei pesci teleostei perciformi. Il GnRH di tipo A è prodotto a livello delle cellule neurosecretrici del nucleo preottico dell'ipotalamo e controlla il rilascio delle gonadotropine. Il GnRH B è presente nel telencefalo ventrale in prossimità del bulbo olfattorio ed è probabilmente coinvolto nella neurotrasmissione dei segnali feromonal sessuali. Il GnRH C si trova in prossimità del tegmento del mesencefalo al disotto del tetto ottico e potrebbe essere implicato nel controllo cronobiologico. Il GnRH D è l'analogo superattivo più usato perché a più basso costo ed è derivato dal GnRH dei mammiferi. Il GnRH E è un analogo superattivo derivato dal GnRH B. Le frecce tra le posizioni 5-6 e 9-10 indicano i siti di inattivazione proteolitica dei GnRH nativi. In grassetto, le modificazioni chimiche introdotte per proteggere la molecola dall'attacco proteolitico.

La mancanza della ripresa meiotica ovocitaria e dell'ovulazione, comune a tante specie di Teleostei in cattività, è dovuta al fatto che, per l'assenza di specifici stimoli sensoriali, non aumenta il rilascio di GnRH, per cui il picco di LH non raggiunge l'ampiezza e/o la durata necessarie per passare alla seconda fase dello sviluppo follicolare. Di solito è il rilascio di LH ad essere insufficiente e non la sua sintesi ed accumulo nelle cellule gonadotrope, che sarebbero quindi in grado di secernerlo se adeguatamente stimolate. I follicoli, rimasti bloccati nello stadio di post-vitellogenesi, vanno allora incontro ad un processo involutivo dell'ovocita, detto atresia, con successiva fagocitosi (riassorbimento) delle componenti del tuorlo da parte delle cellule follicolari. Nei maschi vi è un controllo gonadotropo simile della gametogenesi, ma le disfunzioni nella spermiiazione sono meno pronunciate perché il processo si può compiere con un minore innalzamento dell'LH nel passaggio di fase da spermatogenesi a spermiiazione.



Riproduttori di ricciola in cattività. Foto di A. Lazzari.





2.6.3 Terapie ormonali delle disfunzioni riproduttive nei Teleostei di allevamento

Per ovviare all'insufficiente secrezione gonadotropa, si può ricorrere ad una terapia sostitutiva con somministrazione di gonadotropine oppure di GnRH. Nel primo caso, la terapia consiste nell'ipofisazione o nel trattamento con gonadotropina corionica umana (hCG).

Ipofisazione

Nell'ipofisazione, si inietta, per via intramuscolare, una sospensione di ipofisi disidratate e macinate della stessa specie o di specie affine raccolte durante il periodo riproduttivo. La dose (2-10 mg di polvere di ipofisi/kg di peso corporeo) viene suddivisa in una prima iniezione di innesco (10-20% della dose) seguita dopo 12-24 h dalla parte restante con funzione scatenante. Si tratta di una tecnica semplice e poco costosa ancor oggi utilizzata soprattutto in Paesi in Via di Sviluppo. Gli svantaggi sono: 1) il titolo di LH può essere molto variabile ed è specificato solo nelle confezioni commerciali di ipofisi di carpa e di salmone; 2) l'LH differisce da specie a specie per cui può non essere attivo se somministrato a specie diversa da quella donatrice; 3) nell'ipofisi sono presenti anche altri ormoni che possono interferire con l'azione delle gonadotropine; 4) esiste il rischio di trasmettere patologie dal donatore al ricevente.

Trattamento con hCG

In alternativa, si può usare l'hCG che è una gonadotropina fortemente glicosilata con azione LH-simile, purificata dall'urina di donna al primo trimestre di gravidanza e disponibile come prodotto farmaceutico a basso costo e titolo noto. È attiva in molte specie di Teleostei, come Moronidi, Sparidi, Soleidi, ma non nei Salmonidi, ed è caratterizzata da un più lungo tempo di dimezzamento (emivita) in circolo rispetto all'LH ipofisario. Può essere pertanto somministrata con una singola iniezione, per lo più alla dose di 500-1500 UI/kg. Siccome agisce con un breve periodo di latenza, può risultare utile nel trattamento di femmine selvatiche gravide subito dopo la cattura, in modo da indurle ad ovulare prima che insorga l'atresia ovarica da stress. Il principale svantaggio è che, essendo un composto immunogenico nei pesci, può causare la comparsa di anticorpi anti-hCG con perdita della responsività nei trattamenti successivi. Nei maschi, si impiegano dosi di ipofisi e di hCG pari ad un mezzo od un quarto di quelle impiegate per le femmine.



Trattamenti con GnRH

GnRH nativo

A partire dagli anni ottanta, la terapia con ipofisi od hCG è stata quasi ovunque sostituita dalla terapia con GnRH mirata a far secernere alle cellule gonadotrope il loro contenuto di LH. Vi sono infatti molteplici vantaggi in questa scelta: il GnRH è un piccolo peptide di 10 aminoacidi, privo quindi di effetti immunogenici, molto conservato a livello filogenetico, per cui non mostra specie specificità, ed è ottenibile in forma pura per sintesi organica ad un costo contenuto. Inoltre stimola nel pesce una cinetica di rilascio dell'LH in circolo più fisiologica rispetto a quella della semplice iniezione di gonadotropina. Gli aspetti negativi riguardano un più lungo tempo di latenza (70-90 h), quasi doppio rispetto alle gonadotropine, e soprattutto un'emivita in circolo molto breve per cui si è dovuto perfezionarne l'uso attraverso tre fasi successive.

Inizialmente, il GnRH veniva utilizzato nella forma molecolare nativa che presenta al massimo un'emivita di circa 5 min, essendo prontamente tagliata da endopeptidasi in tre frammenti inattivi. Occorrevano quindi dosi estremamente elevate di GnRH (1-15 mg/kg) per indurre una secrezione di LH abbastanza prolungata da scatenare l'ovulazione nei pesci. Il costo era eccessivo ed il risultato spesso aleatorio.

Analoghi superattivi del GnRH a rilascio acuto

Ben presto quindi la forma nativa venne rimpiazzata da analoghi di sintesi (aGnRH) in cui erano eliminati i due siti di attacco proteolitico che sono posti fra gli aminoacidi in posizione 5 e 6 e gli aminoacidi 9 e 10. Sostituendo l'aminoacido levogiro in posizione 6 con un aminoacido destrogiro, eliminando l'aminoacido 10 e trasformando il gruppo amminico dell'aminoacido 9 in un gruppo protettivo etilamidico, si ottennero analoghi più resistenti alla degradazione enzimatica e con maggiore affinità per il recettore (Fig. 2, tipi D e E). L'emivita fu prolungata di quasi 5 volte (23 min) e la potenza aumentata di 30-100 volte a seconda delle specie, il che permise di ridurre il dosaggio a 1-100 µg/kg (più frequentemente 10-30 µg/kg).

Anche così, comunque, il picco di LH dura al massimo qualche giorno, il che, per il grado di maturazione ovarica raggiungibile da alcuni Teleostei in allevamento, può non essere sufficiente a promuovere l'ovulazione. Nel branzino, *Dicentrarchus labrax*, nel barramundi, *Lates calcarifer*, e nella maggioranza dei Salmonidi sono spesso necessarie due iniezioni spaziate di 3 giorni, od addirittura tre iniezioni nel caso del Moronide, *Morone saxatilis*.



Analoghi superattivi del GnRH a lento rilascio

Poiché lo stress da maneggiamento può essere di per sé causa di atresia follicolare o di cattiva qualità delle uova, si sono messi a punto preparati di aGnRH a lento rilascio dai quali l'aGnRH fuoriesce per periodi anche di 7-8 settimane. Ve ne sono di due tipi: a dischetto ed a microsfere.

Nel primo tipo, l'aGnRH viene intrappolato con una polvere inerte in una matrice di colesterolo oppure di un copolimero non biodegradabile di etilene e vinil acetato (EVAc). Vengono prodotti dischetti di 2-3 mm da impiantarsi nel muscolo con un grosso ago. Il rilascio di aGnRH nei liquidi organici avviene per sfaldamento della matrice con un'intensità che dipende dal tipo di matrice e dal rapporto tra aGnRH e componente inerte. I dischetti sono conservabili fino a 3 anni a -20°C, ma si prestano male all'aggiustamento del dosaggio in funzione del peso corporeo dei pesci.



Alimentazione di un riproduttore di ricciola. Foto di Acquacoltura Lampedusa.

Le microsfere sono preparate usando copolimeri biodegradabili di acido lattico con acido glicolico oppure di un dimero di acido grasso con acido sebacico. Esse sono iniettate come sospensione in soluzione fisiologica od altro veicolo secondo la dose voluta, ma si conservano meno bene dei dischetti, al massimo per un anno. L'intensità del rilascio di aGnRH dipende sia dal rapporto tra gli acidi costituenti che dal peso molecolare del copolimero.

Con i preparati a lento rilascio la concentrazione plasmatica di aGnRH rimane alta e costante per alcune settimane, mentre si possono avere due tipi di cinetiche della concentrazione plasmatica di LH: 1) un profilo di continuo innalzamento corrispondente ad un progressivo aumento della sensibilità



delle cellule gonadotrope all'aGnRH, come avviene normalmente in Teleostei con ovulazione sincrona (emissione di tutte le uova in una sola volta); 2) un immediato e costante livello elevato di LH, come si osserva nell'orata, *Sparus aurata*, un tipico Teleosteo ad ovulazione asincrona che si ripete con ritmo giornaliero per 2-3 mesi. Tale profilo anomalo sostituisce quello normale dato da una successione di piccoli picchi giornalieri preovulatorii di LH ed è associato ad uno scompaginamento del tempo di ovideposizione (con accoppiamenti in qualsiasi momento della giornata invece che ad una certa ora, di solito di primo mattino).

Il trattamento cronico ha reso più efficiente l'impiego dell'aGnRH, migliorando le percentuali di risposta ovulatoria e concentrando in un periodo più breve la produzione di uova senza ridurne la qualità in termini di percentuali di fecondazione e di schiusa, come riportato nell'ombrina, nell'orata ed in *Pagrus pagrus*. Ha anche consentito risultati difficili da ottenere con il trattamento acuto, come l'anticipazione dell'ovulazione anche di 4 settimane in salmoni dei generi *Salmo* ed *Oncorhynchus*, oppure deposizioni multiple nel corso del periodo riproduttivo in specie normalmente a singola deposizione, come il branzino. Nei maschi si è osservato una migliore fluidificazione spermatica in specie affette da spermatocrito troppo alto, un positivo innalzamento del pH del fluido seminale ed un prolungamento notevole della produzione di sperma senza riduzione della densità e della motilità degli spermatozoi.

Avvertenze e limiti dell'impiego di analoghi del GnRH a lento rilascio

È importante tener presente che, almeno in Italia, la somministrazione di aGnRH a lento rilascio può essere perseguita penalmente se non è condotta sotto controllo veterinario e con la identificazione di tutti gli animali trattati e la specificazione della data e delle dosi del trattamento. L'ispettore può altrimenti presumere che possano essere stati immessi al consumo pesci con residui di un principio ormonalmente attivo anche nell'uomo, nonostante esso richieda l'assunzione per via parenterale piuttosto che orale. Un caso del genere è già successo.

Infine va sottolineato che il GnRH esogeno, sia in forma acuta che cronica, è efficace solo se i processi della vitellogenesi o della spermatogenesi sono già ben avanzati, mentre non è in grado di indurre l'avvio (disfunzioni del 1° tipo). Ciò dipende dal fatto che le cellule gonadotrope diventano responsive al GnRH esogeno solo se sono state previamente esposte all'azione degli estrogeni follicolari nella femmina in vitellogenesi o degli androgeni 11-ossi-



genati nel maschio in spermatogenesi. In altri termini, le cellule gonadotrope, all'inizio della gametogenesi, sono in grado di rispondere debolmente solo al GnRH endogeno rilasciato nelle loro immediate vicinanze (e quindi ad un'alta concentrazione) dagli assoni delle cellule neurosecretrici ipotalamiche, mentre non rispondono al GnRH esogeno diluito nella circolazione sistemica. Quest'ultimo può agire solo quando gli steroidi gonadici abbiano provveduto a potenziare la responsività recettoriale delle cellule gonadotrope.

Trattamenti con gonadotropine a lento rilascio associate a steroidi

Per tale motivo, vi è una nuova e promettente linea di ricerca rivolta all'induzione della gametogenesi, od anche all'anticipazione della pubertà, mediante la somministrazione simultanea di preparati a lento rilascio di hCG o LH di pesce in emulsione di gelatina liofilizzata od in polimero di poli[ortoacetato] associati ad un trattamento con estrogeni od androgeni. La metodica può essere poi completata con aGnRH a lento rilascio.

Altrettanto importante sarà in futuro lo sviluppo di tecniche di facile applicazione per l'induzione della completa sterilizzazione in pesci destinati all'ingrasso onde evitare commistioni genetiche con conspecifici selvatici in caso di fuga, garantire un migliore indice di conversione del cibo quando l'allevamento sia prolungato sino a taglie maggiori senza il consumo energetico per lo sviluppo gonadico, e consentire una protezione commerciale ad allevatori che abbiano realizzato in proprio programmi di miglioramento genetico.



Trasferimento di una ricciola. Foto di A. Lazzari.

Bibliografia

- Breton B., Govoroun M., Mikolajczyk T. (1998). *GTH I e GTH II secretion profiles during the reproductive cycle in female rainbow trout: relationship with pituitary responsiveness to GnRH-A stimulation*. General and Comparative Endocrinology, 111: 38-50.
- Clearwater S.J., Crim L.W. (1998). *Gonadotropin-releasing hormone-analogue treatment increases sperm motility, seminal plasma pH and sperm production in yellowtail flounder, Pleuronectes ferrugineus*. Fish Physiology and Biochemistry, 19: 349-357.
- Holland M.C.H., Gothilf Y., Meiri I., King J. A., Okuzawa K., Elizur A., Zohar Y. (1998). *Levels of the native forms of GnRH in the pituitary of the gilthead seabream, Sparus aurata, at several characteristic stages of the gonadal cycle*. General and Comparative Endocrinology, 112: 394-405.
- Lee C.S., Donaldson E.M. (2001). *General discussion on "Reproductive biotechnology in finfish culture"*. Aquaculture, 197: 303-320.
- Peter R.U., Yu K.L. (1997). *Neuroendocrine regulation of ovulation in fishes: basic and applied aspects*. Review of Fish Biology and Fisheries, 7: 173-197.
- Zohar Y., Mylonas C.C. (2001). *Endocrine manipulations of spawning in cultured fish : from hormones to genes*. Aquaculture, 197: 99-136.





2.7 NUTRIZIONE IN ACQUACOLTURA

E. Tibaldi, D. Lanari, E. D'Agaro, R. Ballestrazzi

La nutrizione degli organismi acquatici negli allevamenti intensivi riveste una notevole importanza sia dal punto di vista tecnico che economico. Sebbene le conoscenze sui fabbisogni dei pesci non abbiano ancora raggiunto un livello paragonabile a quello conseguito per le specie omeoterme, i dati acquisiti finora appaiono sufficienti a garantire più che soddisfacenti risultati tecnici ed economici, assicurando ottime prestazioni, elevata resistenza agli stress ed alle malattie, contenimento dell'impatto ambientale e qualità del prodotto. Parlando di alimentazione è importante considerare anche gli aspetti gestionali relativi alla distribuzione dei mangimi, spesso trascurati dagli allevatori, con conseguente spreco di alimento, aumento nell'inquinamento e peggioramento dei risultati economici dell'impresa. In questo capitolo verranno discussi dapprima i fattori che influenzano l'ingestione di alimento e gli aspetti gestionali dell'alimentazione, illustrando poi le più recenti acquisizioni sul ruolo nutrizionale svolto dalle proteine, dagli aminoacidi, dai lipidi, dalle vitamine e dagli elementi minerali, presentando infine i fabbisogni nutritivi delle principali specie allevate.

2.7.1 L'ingestione di alimento

La quantità di alimento ingerita dipende da molteplici fattori classificati come intrinseci ed estrinseci. Quelli intrinseci sono distinti a loro volta in meccanismi a breve termine (sotto controllo ipotalamico), ed a lungo termine, legati al livello di adiposità dell'organismo. Essi dipendono poi dall'età o dalla taglia o dallo stato fisiologico dell'animale. Altri, definiti estrinseci, sono legati alle caratteristiche dell'alimento ed alle condizioni ambientali, come la temperatura dell'acqua, il fotoperiodo e l'intensità di illuminazione. Tra i fattori intrinseci più importanti si segnala il peso vivo del pesce poiché la quantità di alimento ingerita, in % del peso vivo, diminuisce al crescere della taglia. Tra i fattori estrinseci, si ricordano le caratteristiche dell'alimento quali il suo livello di energia, la presenza di quantità elevate di proteine vegetali o di sostanze anti nutrizionali e le dimensioni dei bocconi. Nei fattori estrinseci sono comprese le condizioni ambientali e cioè livello di ossigeno, temperatura, fotoperiodo, e intensità luminosa. La presenza di livelli di ossigeno e di temperatura adeguati alla specie è indispensabile per assicurare la massima ingestione.



Un altro fattore che controlla l'ingestione è il fotoperiodo, ma poiché l'aumento delle ore di luce è collegato all'aumento della temperatura, è sufficiente considerare quest'ultimo parametro. Molti di questi fattori vengono considerati dai produttori di mangimi che forniscono idonee tabelle di razionamento in funzione della specie, taglia del pesce e della temperatura dell'acqua. Nella Tab. I sono riportate, a titolo di esempio, delle formule che consentono di stimare la quantità di alimento che può essere ingerito per la spigola e l'orata.

Tab. I - Consumo volontario di alimento della spigola e dell'orata in funzione del peso vivo (W, g) e della temperatura dell'acqua (T, °C). (R%= ingestione volontaria, giornaliera, % peso vivo).

Spigola:	$R\% = 0,51 \times W^{-0,15} \times e^{0,07T}$
Orata:	$R\% = 2,78 \times \ln W + 0,148 T$

Per il calcolo delle quantità da distribuire è necessario conoscere la taglia media dei pesci ed anche la biomassa totale, ricorrendo a periodici campionamenti. Solo così è possibile effettuare un calcolo corretto delle quantità da distribuire, avvalendosi di idonee formule, come quelle riportate dalle tabelle di razionamento. La raccolta periodica di questi dati permette di calcolare il tasso di accrescimento specifico in % giorno $\{TAS = [(\ln(\text{peso finale, g}) - \ln(\text{peso iniziale, g})) / \text{numero giorni}] \times 100\}$ nel proprio impianto e di stimare con questo anche il peso che verrà raggiunto dopo un periodo di giorni "t". Infatti il peso finale (Pt) sarà uguale a $Pt = Po \times e^{(TAS \times t/100)}$ dove Po è il peso iniziale ed "e" è il numero di Nepero. I dati ottenuti consentono anche di calcolare l'indice di conversione $\{IC = (\text{alimento distribuito, kg} / \text{accrescimento realizzato, kg})\}$, parametro questo che dà subito un'idea della precisione del razionamento. Se il tasso di razionamento (R) è espresso in % del peso vivo, l'indice di conversione può venire calcolato dal rapporto $(IC = R / TAS)$. D'altra parte, conoscendo l'indice di conversione e il valore di (R), si può calcolare il valore del TAS. La registrazione paziente e continua di questi dati consentirà all'allevatore di prevedere con precisione l'andamento tecnico ed economico del suo impianto. È evidente che i rilievi e le pesate sono costosi ma il risultato vale lo sforzo. D'altra parte la tecnologia mette a disposizione strumenti che calcolano la taglia dei pesci in una gabbia, per cui conoscendo il numero di pesci presenti si evita il campionamento periodico. Altri strumenti, già disponibili sul mercato, permettono di valutare il raggiungimento dello stato di sazietà in ogni gabbia dopo ogni distribuzione di alimento. Collegando questo apparecchio a degli alimentatori automatici si



avrà una notevole riduzione degli sprechi ottimizzando l'indice di conversione e la velocità di crescita.

2.7.2 Proteine e aminoacidi

Le proteine rappresentano una quota rilevante della dieta dei pesci che ne utilizzano in effetti i “mattoncini” costitutivi (aminoacidi-aa.). Gli aa. della dieta si sommano a quelli riciclati dalle proteine corporee, soggette ad un continuo *turnover* necessario al rinnovo delle cellule, per essere insieme utilizzati nella sintesi di nuova massa proteica (accrescimento) e di altri composti azotati bioattivi. Rispetto al pollo o al suino, il riciclo di aa. dai tessuti corporei è quantitativamente minore nei pesci, rendendoli molto dipendenti dalla dieta per la copertura dei fabbisogni proteico-aminoacidici. Vieppiù, dei 20 aa. costitutivi le proteine, alcuni non sono sintetizzabili dagli animali e devono obbligatoriamente venir apportati dal mangime (aa. indispensabili, Tab. III). La proteina ingerita non è completamente utilizzata dai pesci per la crescita. Dal 5 al 15% si perde nelle feci mentre parte degli aa. assorbiti viene catabolizzata (“bruciata”) per ottenere energia vitale specialmente dai carnivori, non in grado di ben utilizzare a tal fine amidi e zuccheri. Questo processo origina “scorie azotate” date in prevalenza da ammoniaca eliminata attraverso le branchie che assieme alle feci contribuisce ad elevare il carico inquinante dell'allevamento.

Un'alimentazione responsabile del pesce deve pertanto massimizzare l'utilizzo della proteina dietetica per l'accrescimento, minimizzando il rilascio di scorie azotate nell'acqua.

Fabbisogni proteici ed aminoacidici

Le Tab. II e III riportano i livelli proteici nel mangime secco ed il profilo ideale in aa. essenziali della proteina alimentare che ottimizzano la *performance* zootecnica di alcune specie ittiche in rapido accrescimento. La variabilità del livello proteico ottimale entro specie dipende in misura modesta da fattori quali la taglia del pesce, temperatura e salinità dell'acqua. Molto più influenti sono i fattori alimentari ed in primo luogo il razionamento adottato che, se troppo restrittivo, richiede un aumento del livello proteico del mangime

per assicurare la crescita attesa. Il livello proteico ottimale è inoltre condizionato dal contenuto energetico del mangime ed in particolare dall'apporto calorico delle frazioni lipidica e glucidica. Un corretto rapporto tra proteina ed energia digeribili (PD/ED), realizzato bilanciando i macronutrienti nella dieta, favorisce un maggior utilizzo di "carburanti" non proteici per sostenere il costo calorico del pesce facendo "risparmiare" aa. dietetici altrimenti catabolizzati per produrre energia metabolizzabile. Nei pesci carnivori, l'aumento del livello lipidico del mangime risulta molto efficace a questi fini e giustifica il largo successo dell'uso delle diete estruse ad alta densità energetica. Anche la qualità della proteina condiziona il livello ottimale nel mangime. Ingredienti proteici poco digeribili e con composizione in aa. limitante rispetto ai fabbisogni del pesce portano ad elevare il livello proteico del mangime a discapito di una efficiente conversione proteica.

Gli ingredienti proteici dei mangimi

Per l'elevato tenore proteico, l'ottimo profilo aminoacidico, alte digeribilità ed appetibilità, la **farina di pesce**, purchè ottenuta con idonei processi industriali a partire da pescato fresco e privo di contaminanti, rappresenta la fonte proteica ideale nei mangimi per l'acquacoltura. Vari fattori tra i quali l'espansione della domanda per questa *commodity*, cui si contrappone la sua limitata disponibilità, minano da tempo la sostenibilità biologica ed economica di utilizzo di questa risorsa e rendono sempre più attuale l'impiego di ingredienti proteici sostitutivi nell'alimentazione dei pesci. Con l'emergenza BSE ed il divieto d'uso mangimistico dei derivati proteici ricavati da tessuti di animali terrestri, l'unica alternativa percorribile è data dall'impiego di **proteine vegetali**. Si tratta di alimenti molto diversificati per origine botanica e processo tecnologico di produzione e tutti presentano almeno uno dei seguenti limiti rispetto alle farine di pesce: minor titolo proteico, ridotte digeribilità e appetibilità, profilo aminoacidico carente e/o sbilanciato, presenza di fattori antinutrizionali ed in alcuni casi di origine OGM. Nondimeno, alcuni derivati proteici vegetali, singolarmente o in combinazione, si sono dimostrati in grado di sostituire con successo quote significative di farina di pesce nei mangimi per trota, spigola, orata, anguilla. La Tab. IV elenca appunto gli ingredienti vegetali più studiati ed i limiti d'impiego consigliati nella dieta di alcune delle principali specie ittiche allevate nel nostro Paese.





Tab. II - Livelli proteici ottimali (% mangime secco) e rapporto PD/ED consigliati nella dieta di alcune specie ittiche.

Specie	% proteina greggia	PD/ED (mg/kj)
Trota iridea	38 – 45	17 - 19
Spigola	45 – 50	20 - 22
Orata	40 – 45	19 - 20
Anguilla	44 – 48	Nd

Tab. III - Fabbisogni in aminoacidi indispensabili (% della proteina della dieta) di alcune specie ittiche e confronto con il profilo aminoacidico della farina di pesce.

	Salmonidi	Spigola	Anguilla	Farine di pesce (% proteina)
Arginina	4,4	3,9	4,5	5,8 - 6,4
Istidina	1,6	1,3	2,1	2,0 - 3,4
Isoleucina	2,0	2,6	4,0	3,7 - 4,5
Leucina	3,6	4,3	5,3	6,5 - 7,5
Lisina	4,8	4,8	5,3	6,9 - 7,9
Metionina + Cistina	3,3	4,1	4,2	3,5 - 4,0
Fenilalanina+ Tirosina	5,3	5,1	5,2	5,9 - 7,6
Treonina	2,0	2,6	4,0	3,9 - 7,3
Triptofano	0,6	0,6	1,1	0,9 - 1,2
Valina	3,3	2,9	4	4,5 - 5,4

Tab. IV - Limiti consigliati di sostituzione della proteina da farina di pesce con derivati proteici vegetali nei mangimi per trota e spigola.

Derivato proteico vegetale	Specie ittica	% della proteina mangime	Note e precauzioni
Farina di estraz. di soia tostata e decorticata	Trota	30 – 40	Integrazione dieta con L o DL-metionina Verifica livello tostatura Possibile OGM
	Spigola	30 – 40	
Concentrato proteico di soia ottenuto per estrazione con acqua-etanolo	Trota	50	Integrazione dieta con metionina Possibile OGM
	Spigola	50	
Farina glutinata di frumento	Trota	50	Integrazione dieta con L-lisina e L -arginina
	Spigola	50	
Farina glutinata di mais	Trota	30	Integrazione dieta con L-lisina. Possibile OGM. Glutine giallo sconsigliato nel finissaggio trota



2.7.3 Lipidi ed energia

I lipidi presenti nelle diete dei pesci sono importanti fonti di energia e di acidi grassi essenziali (AGE) necessari per l'accrescimento e lo sviluppo del pesce. Essi inoltre concorrono all'assorbimento delle vitamine liposolubili. Dal punto di vista biochimico i lipidi sono miscele costituite da grassi, oli, certe vitamine ed ormoni e la maggior parte delle sostanze non-proteiche presenti nelle membrane cellulari.

La componente comune a tutte le diverse frazioni che costituiscono i lipidi è l'acido grasso.

I trigliceridi, che sono sempre la componente preponderante di qualsiasi lipide naturale, sono costituiti da 3 acidi grassi legati chimicamente (con un legame "estere") ad 1 molecola di glicerolo. Gli acidi grassi vengono suddivisi in acidi grassi saturi ed acidi grassi insaturi.

Similmente ad altri vertebrati, nei pesci alcuni acidi grassi risultano essenziali, ovvero non possono venire sintetizzati dall'animale (Tab. V).

Tab. V - Fabbisogni in acidi grassi essenziali delle principali specie ittiche allevate.

Specie	Acido grasso essenziale	Fabbisogno (% razione)
Trota iridea	18:3 n3	0,8 - 1,7
Salmone atlantico	18:3 n3	1,0 - 2,5
Carpa comune	18:2 n6	1,0
	18:3 n3	1,0
Anguilla europea	18:2 n6	0,5
	18:3 n3	0,5
Tilapia nilotica	18:2 n6	0,5
Pesce gatto	18:3 n3	1,0 - 2,0
	PUFA n3	0,5 - 0,75
Orata giapponese	PUFA n3	0,4
Striped bass americano	PUFA n3	1,7

Tuttavia solo una carenza dietetica molto prolungata di AGE porta alla morte del pesce, mentre subcarenze o carenze periodiche danneggiano le prestazioni produttive e riproduttive. Infatti gli AGE sono necessari ai pesci come componenti dei fosfolipidi, delle membrane cellulari e delle lipoproteine di trasporto; come substrato per la sintesi di una intera famiglia di molecole con caratteristiche ormonali, quali le prostaglandine (PG) ed i composti derivati (leucotrieni e trombosani) ed infine per il ruolo, conosciuto in modo ancora imperfetto, del "secondo messaggero", svolto dall'acido arachidonico (AA). I fabbisogni in AGE differiscono da specie a specie ed, in generale, si osserva che i pesci d'acqua dolce richiedono l'ac. linoleico o l'ac. linolenico o



entrambi, mentre quelli marini, stenoalini, l'ac. eicosapentaenoico e/o l'ac. docosaesaenoico.

Oggigiorno l'interesse a questi nutrienti si è concentrato maggiormente sull'aspetto energetico dal momento che i lipidi, se forniti in quantità idonee consentono di evitare il consumo di proteine per fini energetici, di ridurre il rilascio di N nell'ambiente e di migliorare l'indice di conversione. Non esiste un fabbisogno assoluto per la categoria generale dei lipidi. Tuttavia i livelli lipidici nelle diete non possono prescindere dalla specie, dallo stadio di sviluppo (avannotto, pesce in accrescimento, riproduttore), dal rapporto ottimale energia/proteina per quella data specie (Tab. VI), nonché dai limiti tecnologici di fabbricazione del mangime. Con l'avvento dei mangimi estrusi, si è verificato un progressivo innalzamento dei tenori in grasso delle diete, per tutte le specie. Queste diete, se ben gestite, consentono di minimizzare l'impatto ambientale e di ottenere accrescimenti molto elevati. L'impiego dei mangimi estrusi richiede un maggior controllo del razionamento e dello stato di conservazione dei grassi, che possono essere soggetti ad ossidazione. Gli unici effetti negativi sono legati alla maggiore quantità di grasso depositato nel pacchetto viscerale e nella possibilità che vengano modificate le caratteristiche organolettiche della parte edibile. Quest'ultimo è di fatto l'aspetto critico maggiore, essendo ormai il consumatore italiano molto sensibile alla qualità delle carni consumate, pesce incluso.

Tab. VI - Rapporto Ottimale Proteina/Energia stimato in diverse specie ittiche allevate.

Specie	Taglia (g)	Prot. Dig. (%)	Energia dig. (MJ kg ⁻¹)	DP/DE (g/MJ kg ⁻¹)
Trotta iridea	94	42	17,15	24,48
	175	42,3	23,2	18,23
Carpa comune	20	31,5*	12,1*	25,96
Tilapia nilotica	50	30	12,1	27,27
Hybrid bass	35	31,5	11,7	26,89
Pesce gatto americano	34	28,8*	12,8*	22,42
	266	27,0	13,1	20,55
	600	24,4*	12,8*	19,12
Branzino	175	41,8	20,6	19,00
Red drum	43	31,5*	13,4*	23,52

* Proteina digeribile ed energia digeribile stimati in funzione della composizione chimica degli ingredienti della dieta.



2.7.4 Vitamine ed elementi minerali

Le vitamine sono in genere classificate in liposolubili (A, D, E e K) ed idrosolubili (gruppo B, vit. C, colina e inositolo). Le prime vengono assorbite a livello intestinale in presenza di lipidi e possono essere accumulate nelle riserve adipose. Le seconde vengono assorbite mediante trasporto attivo, sono solubili in acqua e non possono essere accumulate dai pesci. La vit. A (retinolo) che è presente negli alimenti vegetali soltanto come provitamina o carotene agisce sulla moltiplicazione cellulare, sulla vista e sulla protezione degli epitelii; la vit. D interviene nel ricambio del calcio e del fosforo; la vit. E partecipa al metabolismo cellulare e ha una funzione antiossidante e la vit. K che interviene nella coagulazione del sangue. Le principali vitamine idrosolubili sono la tiamina che agisce come coenzima nel metabolismo dei carboidrati; la riboflavina e l'acido pantotenico che intervengono nel metabolismo energetico; la piridossina che svolge un ruolo importante nel metabolismo proteico; l'inositolo che interviene nell'accrescimento cellulare; la colina costituisce un componente essenziale dei fosfolipidi e dell'acetilcolina e la vitamina C che oltre alla funzione antiossidante svolge un ruolo importante nel mantenimento dell'integrità di diversi tessuti e come fattore anti stress.

I minerali essenziali per i pesci sono circa 20 e possono essere classificati in macro elementi (Ca, P, K, Mg) e micro elementi (Fe, Zn, Mn, Co, Cu, I, Se). Tra i macro, il P assume una particolare importanza in quanto viene scarsamente assunto dall'acqua e quindi deve essere fornito con la dieta. Peraltro, un contenuto eccessivo di P nelle diete aumenta la concentrazione dei fosfati nei reflui. L'uso di proteine vegetali addizionate con l'enzima fitasi consente di contenere il livello di P negli alimenti, di ridurre la quantità di P rilasciato nelle acque reflue a 6-7 kg/t di pesce prodotto, di migliorare l'utilizzazione di altri ioni (Zn, Fe) e delle proteine. Il calcio viene utilizzato nella formazione dello scheletro ma interviene pure nella coagulazione del sangue oltre che fungere da coenzima in diverse reazioni; il magnesio viene metabolizzato in associazione al calcio e fosforo ed è un costituente fondamentale di diversi enzimi; il sodio, potassio e cloro intervengono nella regolazione osmotica. Tra i microelementi molto importante è il ferro che è essenziale per la formazione dell'emoglobina ed interviene in diverse reazioni enzimatiche; lo zinco, il manganese e il rame che agiscono come cofattori e attivatori di importanti reazioni enzimatiche. Nella determinazione dei fabbisogni minerali, a differenza degli animali terrestri, nei pesci bisogna considerare che alcuni elementi minerali (Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Cu e Se) possono essere assunti direttamente dall'acqua mediante le branchie, la pelle e l'apparato digerente. I valori aggiornati e completi dei fabbisogni di vitamine e



minerali per le principali specie di acqua dolce (salmone, trota, carpa e pesce gatto) sono riportati nella Tab. VII. Per le specie marine i dati sono invece incompleti e riferiti soprattutto all'orata giapponese.

Tab. VII - Fabbisogni minimi di vitamine ed elementi minerali in diete per trote

Vitamine			Minerali		
Vit. A	UI	2.500	Ca	% s.s.	0,5-0,8
Vit. D3	UI	2.400	P	"	0,03-0,24
Vit. E	mg	50	Mg	"	0,05
Vit. K	"	0,45	Zn	ppm	15-20
Tiamina	"	1	Mn	"	12
Riboflavina	"	4	Cu	"	3
Piridossina	"	3	Se	"	0,15-0,4
Ac. Pantotenico	"	20			
Vit. B12	"	0,01			
Niacina	"	10			
Biotina	"	0,15			
Ac. Folico	"	1			
Ac. Ascorbico	"	50			
Colina	"	1.000			
Inositolo	"	300			

2.7.5 Considerazioni conclusive

L'impiego di alimenti estrusi ad alta concentrazione energetica abbinato ad una oculata gestione del razionamento consente già oggi di contenere l'impatto ambientale degli impianti di piscicoltura.

Il progresso conseguito negli ultimi dieci anni è stato notevole ed è possibile prevedere che ulteriori miglioramenti vengano conseguiti in futuro. Soprattutto è prevedibile una ulteriore riduzione nelle escrezioni azotate e nelle quantità di elementi minerali rilasciati nei corpi d'acqua. Ciò sarà possibile se le ricerche nel settore potranno trovare adeguati supporti finanziari e laboratori in grado di portarle rapidamente ed efficacemente a termine.

Bibliografia

- Halver J.E. (Ed.) (1989). *Fish Nutrition*. 2nd Edition, Academic Press, London, 798 pp.
- Lanari D., D'Agaro E., Ballestrazzi R. (1995). *Effect of dietary DP/DE ratio on apparent digestibility, growth and nitrogen and phosphorus retention in rainbow trout, Onchorynchus mykiss (Walbaum)*. *Aquaculture Nutrition*, 1: 105-110.
- Lanari D., D'Agaro E., Turri C. (1998). *Use of nonlinear regression to evaluate the effects of phytase enzyme treatment of plant protein diets for rainbow trout (Onchorynchus mykiss)*. *Acquaculture*, 161: 345-356.
- Guillame J., Kaushik S., Bergot P., Metailler Eds. (1999). *Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés*. INRA Editions, Paris, 498 pp.





2.8 ECOLOGIA IN ACQUACOLTURA

L. Tancioni, M. Scardi

L'acquacoltura per la sua natura di attività che usa organismi ed ambienti naturali ha una serie di implicazioni ecologiche. Lo studio dell'ecologia in acquacoltura si esplica a due livelli: il primo riguarda applicazioni ecologiche al miglioramento delle strategie produttive, il secondo quelle applicazioni dell'ecologia dirette alla misura, al contenimento ed alla prevenzione degli impatti sulla biodiversità ai livelli genetici, degli organismi, delle comunità e degli ecosistemi.

Più di recente, una serie di implicazioni ambientali riguarda le relazioni tra qualità ambientale e sicurezza alimentare, che non possono considerarsi esclusivamente un capitolo dell'igiene.

Per quanto riguarda il primo livello tutte le produzioni basate sull'uso di reti trofiche in ambienti acquatici confinati, con apporti energetici più o meno spinti, dipendono dalla capacità di controllare ed "imitare" processi naturali che normalmente si svolgono negli ecosistemi naturali.

Nel caso di una produzione estensiva (*extractive aquaculture*) si tenderà a canalizzare l'energia trofica verso le specie bersaglio, ad esempio riducendo la diversità ed esaltando l'abbondanza delle specie commercialmente interessanti.

Questo principio sarà ancor più applicato in una forma semi-intensiva che, svolgendosi generalmente in bacini in terra, avrà dinamiche di tipo naturale, che in sistemi aperti

di questo tipo possono assumere un ruolo dominante senza l'intervento dell'uomo. Ad esempio insetti ittiofagi possono colonizzare stagni semintensivi predando l'intera semina ittica, dunque il controllo del predatore ittiofago diventa determinante per il successo dell'attività.

Analogamente nel caso di uccelli ittiofagi il successo produttivo si basa sulla separazione tra predatore e preda, ad esempio impiegando reti o sistemi di dissuasione.

Ci sarebbero moltissimi esempi da fare, ma il principio informatore è che tutte le forme di acquacoltura estensiva, ed in parte semintensiva, sono di



Canale lagunare con lavoriero. Foto di L. Tancioni.



Uccelli ittiofagi sullo sbarramento di una laguna costiera tunisina. Foto di S. Cataudella.

fatto gestioni ambientali che, per essere ottimizzate, richiedono conoscenze ecologiche di tipo empirico e di tipo scientifico.

Di maggiore evidenza appare l'ecologia al servizio della misura e del contenimento degli impatti dell'acquacoltura

sugli ambienti naturali, esternalità negative, che legate alla intensificazione delle attività produttive (*fed aquaculture*), collocano l'acquacoltura tra le attività che possono generare danni ambientali (Fig. 1). Anche in questo caso bisogna considerare la peculiarità dell'acquacoltura. Ad esempio, per quanto riguarda le popolazioni naturali, data la continuità degli ambienti acquatici, la fuga di organismi allevati risulta essere un evento frequente, tanto più a rischio quanto la specie alloctona dispersa trova condizioni compatibili con le sue esigenze riproduttive. A queste considerazioni si sommano tutte quelle di natura globale, legate alla migliore utilizzazione dell'energia, e che



Recinti in ambienti lagunari. Foto di L. Tancioni.

dovrebbero portare, attraverso una acquacoltura responsabile, come recita il CCPR, a fare esprimere il potenziale produttivo degli allevamenti acquatici in un contesto di sostenibilità ecologica ed economica. Ciò premesso

consideriamo alcuni punti chiave della relazione acquacoltura-ecologia ed una serie di implicazioni ambientali dello sviluppo dell'acquacoltura.



Gabbie galleggianti in siti riparati. Foto di L. Tancioni.





Fig. 1 - Schema generale della "fed aquaculture".

2.8.1 L'acquacoltura intensiva da una prospettiva ecologica

All'inizio del XX secolo la produzione agricola per unità di superficie aveva raggiunto nei paesi europei i livelli massimi sostenibili con tecniche tradizionali. Questa situazione, che poneva limiti stringenti allo sviluppo economico e demografico, fu superata con l'avvento della fissazione industriale dell'azoto, cioè grazie ad un processo che, utilizzando l'energia derivata dai combustibili fossili e da altre fonti, ha consentito di disporre di quantità crescenti di fertilizzanti azotati. Tale disponibilità, spostando in avanti il limite sostenibile per le produzioni agricole, ha anche reso possibile lo sviluppo di forme intensive di allevamento. Da un punto di vista ecologico, la transizione da una dieta basata prevalentemente sul consumo di biomasse vegetali ad una dieta in cui i prodotti della zootecnica giocano un ruolo sempre più importante è stata svantaggiosa, poichè essa implica la dissipazione di una elevata quantità di energia e la necessità di smaltire elevate quantità di cataboliti, in forma di sostanza organica e di composti azotati. Tutto ciò, insieme all'eccesso di fertilizzanti utilizzati per le produzioni agricole, è responsabile di fenomeni di inquinamento e di eutrofizzazione ben noti.

L'acquacoltura, almeno nelle forme intensive prevalentemente praticate nei paesi industrializzati, risponde all'esigenza di produrre specie pregiate, la cui domanda è certamente più elevata della disponibilità basata sulle sole risorse



Allevamento intensivo di Salmonidi. Foto di S. Cataudella.

naturali. A differenza di quanto avviene in altri settori della zootecnica, che mirano alla produzione di organismi erbivori o tutt'al più onnivori, ciò implica, in molti casi, l'allevamento di organismi predatori, quali, ad esempio, la trota o la

spigola. La conseguenza di ciò è un'efficienza ecologica ancora più bassa, poichè i mangimi devono necessariamente contenere elevate quantità di proteine animali, a loro volta prodotte attraverso il consumo di biomasse vegetali, ed un impatto ecologico più rilevante, poichè per ogni unità di biomassa ittica prodotta è necessario smaltire un elevato livello di sostanza organica (sotto forma di mangime non consumato e feci) e di escreti azotati.

In sintesi, se l'agricoltura consente di "catturare" direttamente l'energia solare per la produzione di alimenti vegetali, l'acquacoltura di specie predatrici implica almeno altre due conversioni di tale energia: dapprima in biomasse animali e poi, attraverso l'uso di queste nei mangimi, in produzione ittica pregiata. Da un punto di vista strettamente energetico è ovvio che ciò comporta un'efficienza piuttosto bassa, di quasi due ordini di grandezza inferiore a quella della produzione agricola. La sostenibilità di questo tipo di produzione, dunque, è strettamente legata alla disponibilità di fonti energetiche esterne, con tutti i limiti che questo tipo di sviluppo impone.

Al di là dei problemi legati allo smaltimento dei cataboliti prodotti dagli organismi allevati, l'impatto ecologico dell'acquacoltura, laddove questa comporti la somministrazione di mangimi, può avere implicazioni anche su più ampia scala. Se per allevare una tonnellata di pesce pregiato sono necessarie da tre a cinque tonnellate di pescato (in generale pesce azzurro) per la produzione dei mangimi, è evidente che la crescita dell'acquacoltura è limitata dalla disponibilità degli stocks ittici naturali. Attualmente si stima che 31 milioni di tonnellate di pesce, pari al 27% del pescato totale su scala globale, vengano destinate annualmente alla produzione di mangimi, di cui il 15% destinati all'acquacoltura. Tuttavia, mentre in altri mangimi la frazione di proteine di origine ittica è modesta, in acquacoltura questa varia dal 20% al 70% e costituisce quindi una componente essenziale. Poichè le biomasse in gioco non sono trascurabili, non è facile stimare l'effetto di tutto ciò sulle reti trofiche degli ecosistemi sfruttati, spesso assai distanti dai siti di allevamento, soprattutto per ciò che riguarda le ripercussioni sui livelli trofici superiori





(es. grandi pelagici, uccelli marini e cetacei). Ciò che è certo, comunque, è che questo tipo di sviluppo non è sostenibile nel medio e lungo termine. In sintesi, si può affermare che le condizioni di bassa efficienza ecologica che caratterizzano buona parte della produzione dell'acquacoltura dei paesi industrializzati implicano un elevato costo energetico e quindi un più elevato impatto ambientale. Quest'ultimo in particolare, va considerato in senso lato, dall'inquinamento organico degli ecosistemi al contorno a quello legato alla produzione di varie forme di energia "ausiliaria", dal funzionamento degli impianti alla produzione dei mangimi. Alla luce di tutto ciò è evidente che una effettiva sostenibilità dell'acquacoltura a livello globale implica inevitabilmente, almeno nel lungo termine, una profonda reimpostazione dei modelli produttivi, che dovrebbero essere indirizzati sempre più verso il risparmio energetico, il riciclo, il contenimento o la sostituzione delle farine di pesce dei mangimi, ecc.



Carpe comuni (*Cyprinus carpio*).
Foto di C. Costa.

Un modello di acquacoltura sostenibile, ben noto a livello mondiale, è rappresentato dalla policoltura in stagni, tradizionalmente eseguita in Cina. Tale pratica, basandosi sulle caratteristiche delle reti trofiche “naturali” e sulla conoscenza delle abitudini alimentari di alcune specie di Ciprinidi (es. carpe erbivore, fitoplanctofaghe, zooplanctofaghe e macrobentofaghe), tende ad associarle nello stesso ambiente di allevamento per sfruttarne i principali livelli trofici, massimizzando il rendimento energetico dell'allevamento ed i ritorni economici (Fig. 2).

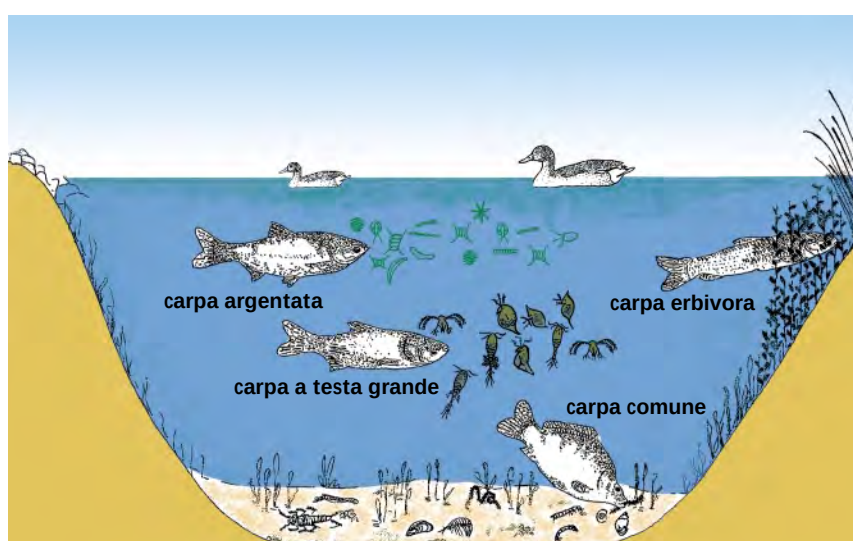


Fig. 2 - Habitat e abitudini alimentari di alcune delle specie di Ciprinidi utilizzate in policoltura cinese. La carpa erbivora (*Ctenopharyngodon idella*) si nutre di macrofite acquatiche; la carpa argentata (*Hypophthalmichthys molitrix*) si nutre di fitoplancton nella colonna d'acqua; la carpa a testa grande (*Aristichthys nobilis*) si nutre di zooplancton nella colonna d'acqua; la carpa comune (*Cyprinus carpio*) si nutre di organismi bentonici e detrito, incluse le feci della carpa erbivora. Per incrementare e diversificare le produzioni, soprattutto attraverso l'esecuzione di fertilizzazioni degli stagni di piscicoltura, in molti casi è previsto lo sviluppo di modelli produttivi integrati (es. allevamento associato pesci/anatre).

2.8.2 Impatto ambientale dell'acquacoltura intensiva

Gli allevamenti di tipo intensivo, possono produrre grandi quantità di residui inquinanti, come del resto avviene per altre forme di produzione animale intensiva. Tuttavia, rispetto agli allevamenti terrestri (es. avicoli), i cui scarti non raggiungono direttamente i corpi idrici recettori, gli impianti di acquacoltura intensiva possono creare impatti più diretti sugli ambienti acquatici, per la localizzazione delle unità di produzione negli stessi (es. gabbie e recinti) o per l'immissione in questi delle acque reflue da impianti ubicati a terra.





Naturalmente, considerando i rapporti produttivi dell'acquacoltura intensiva con le altre forme di zootecnia o con la stessa agricoltura, gli impatti complessivi dell'acquacoltura, ad esempio su uno stesso bacino idrografico, risultano nettamente più contenuti.

In generale, l'impatto ambientale di un impianto di acquacoltura dipende, oltre che dalle dimensioni dell'impianto e dalla sua capacità produttiva, dalle specie in allevamento, dalle tecniche di allevamento, dalla quantità e qualità dell'alimento somministrato, dalle caratteristiche funzionali degli ecosistemi al contorno (es. capacità portante, livelli di resilienza, ecc.) (Fig. 3).

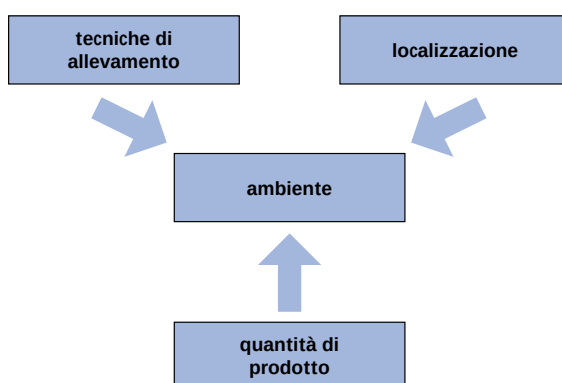


Fig. 3 - Principali descrittori di un impianto di acquacoltura che possono influenzare l'ambiente al contorno.

Le sostanze inquinanti rilasciate da impianti di piscicoltura intensiva negli ambienti acquatici recettori sono rappresentate prevalentemente da mangimi non consumati, feci e dai cataboliti, ma in molti casi la frazione relativa al mangime non consumato può essere quella più rilevante (Fig. 4).

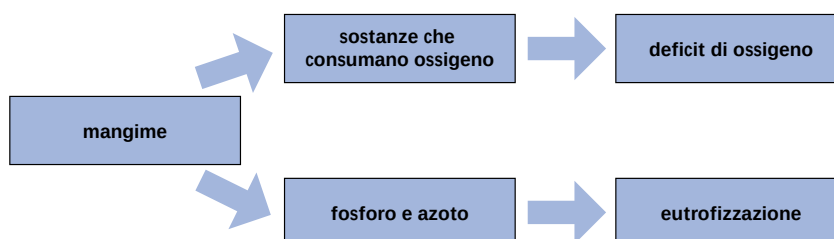


Fig. 4 - Principali impatti dei mangimi non consumati sugli ambienti acquatici recettori e/o di allevamento.



Il mangime non consumato comporta il rilascio nell'ambiente di grandi quantità di composti azotati e fosfati (Fig. 5). Possono inoltre essere rilasciati residui di sostanze utilizzate a scopi profilattici o terapeutici (antibiotici e disinfettanti) o *antifouling*.

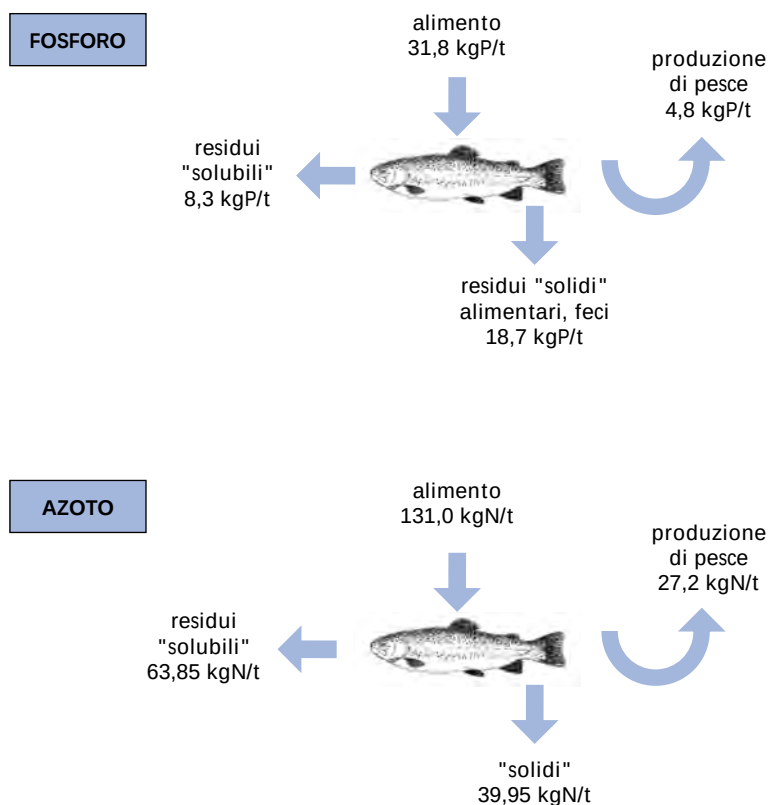


Fig. 5 - Budget del fosforo e dell'azoto stimato per un impianto di gabbie galleggianti per l'allevamento di trota iridea.

Da un punto di vista pratico, tuttavia, gran parte degli studi disponibili riguardano allevamenti di Salmonidi alimentati con mangimi industriali, sia in acque interne che in ambienti marini confinati. In seguito verranno quindi descritti i principali effetti, sugli ambienti acquatici di riferimento, di piscicoltura intensive in gabbie, in ambiente marino, e di salmonicolture, nelle acque interne (Tab. I-II).



Tab. I - Potenziali impatti delle attività di acquacoltura intensiva sugli ambienti acquatici al contorno e sugli altri usi degli stessi (modificato da Munday B. et al., 1992).

<i>Qualità delle acque</i>	• Aumento Torbidità • Modifica del pH • Riduzione Ossigeno disciolto, aumento BOD e COD • Apporto nutrienti (Azoto e Fosforo) • Apporto sostanze tossiche (es. <i>antifouling</i>) e residui di chemioterapici • Aumento della carica batterica • Eutrofizzazione e <i>blooms</i> algali
<i>Sedimento e comunità bentoniche</i>	• Aumento della sostanza organica • Aumento del BOD e COD del sedimento • Diminuzione del potenziale <i>redox</i> del sedimento • Produzione di gas (H_2S, CH_4) • Incremento composti chimici (antibiotici, <i>antifouling</i>) • Aumento di ceppi batterici resistenti agli antibiotici • Aumento dell'azoto organico ed inorganico • Alterazione delle comunità bentoniche • Crescita di alghe
<i>Popolazioni naturali</i>	• Introduzione di specie alloctone (possibili effetti di competizione trofica con le specie autoctone) • Introduzione di individui di "popolazioni alloctone" (possibile inquinamento genetico) • Trasmissione di malattie alle popolazioni naturali • Introduzione di agenti patogeni esotici • Aumento dei predatori in vicinanza degli impianti di allevamento • Possibile alterazione delle popolazioni naturali per un uso improprio delle risorse idriche (deflusso minimo vitale)
<i>Altre attività</i>	• Competizione per l'uso dell'acqua • Alterazione del paesaggio • Interferenza con le attività del tempo libero • Intralcio alla navigazione • Competizione con la pesca professionale

Pur nella varietà dei possibili effetti dell'acquacoltura intensiva sugli ambienti acquatici, alcuni, per frequenza o severità delle conseguenze, rivestono una maggiore importanza e sono quindi discussi nei paragrafi successivi.



Riduzione della concentrazione dell'ossigeno disciolto

Tale effetto è principalmente riscontrabile per l'allevamento in gabbie poste in siti riparati, visto che in molti casi gli intensivi a terra fanno largo uso delle tecniche di riareazione o di "ossigenazione forzata", in grado di iperossigenare le acque delle unità produttive. Nel caso delle gabbie in mare, l'accumulo di sostanza organica sui fondali sottostanti o comunque adiacenti gli impianti può determinare, in situazioni estreme (aree marine con ridotto idrodinamismo), lo sviluppo di un ambiente anossico e fortemente riducente già all'interfaccia acqua-sedimenti, con la conseguente produzione di ammoniacale, metano e idrogeno solforato. In casi meno estremi, comunque, è stata rilevata una diminuzione della concentrazione dell'ossigeno disciolto ed un aumento del BOD nelle adiacenze di gabbie galleggianti o sommerse.

Eutrofizzazione e bloom algali

Processi di eutrofizzazione e fenomeni di *bloom* possono essere di notevole entità soprattutto nei casi in cui gli impianti siano posti direttamente in ambienti acquatici continentali ed in aree marine caratterizzate da ridotto idrodinamismo (es. gabbie galleggianti nei laghi, piccole insenature, ecc.). In generale, i nutrienti disciolti che derivano da attività di maricoltura in aree marine caratterizzate da elevato idrodinamismo o da salmonicolture a terra, i cui reflui vengano fatti confluire nei corsi d'acqua, possono essere rapidamente ed efficacemente diluiti e quindi non causano problemi, sia pure localizzati, di eutrofizzazione. Tuttavia la forte concentrazione di più impianti in un'area ristretta, sia in ambiente marino che nelle acque dolci (es. troticolture che scaricano in corsi d'acqua immissari di laghi), può innescare processi di eutrofizzazione, anche localizzati, degli ecosistemi marini o lacustri che favoriscono bloom algali, anche nell'ambito della loro normale dinamica stagionale. D'altra parte, va considerato il fatto che l'azoto è l'elemento principale che limita la produzione primaria negli ambienti acquatici e quindi una sua maggiore disponibilità può effettivamente produrre un aumento percepibile delle biomasse fitoplanctoniche.

Un discorso separato, sempre in tema di stimolazione di un potenziale biotico già presente nell'ecosistema marino, riguarda i bloom algali di specie tossiche o comunque potenzialmente pericolose (ovvero HAB - *Harmful Algal Bloom*). Questi eventi, che nell'accezione corrente comprendono anche situazioni in cui il pericolo per la salute umana e dell'ecosistema non è particolarmente grave, possono però esaltarsi su scala locale a causa delle attività di maricoltura e produrre effetti nocivi sugli animali in allevamento ed



anche sull'uomo. Nel 1997 nelle acque costiere ed estuariali del Maryland si sono segnalati casi di persone colpite da forme di amnesia o da altri disturbi in seguito all'esposizione a *Pfiesteria piscicida*.

Alterazioni delle comunità bentoniche

L'accumulo di sostanza organica di varia natura sotto o intorno agli impianti di maricoltura o sul fondo dei corsi d'acqua, immediatamente a valle dell'immissione degli scarichi di trotticoltura, può alterare in maniera significativa i sedimenti, producendo una vasta gamma di alterazioni fisiche, chimiche e, ovviamente, biologiche del comparto bentonico. Tali alterazioni sono state studiate in maniera abbastanza accurata per la maricoltura, mentre pochi risultano al momento gli studi per la trotticoltura, almeno a livello nazionale. A breve termine, tuttavia, proprio a livello nazionale, in ottemperanza alle nuove disposizioni di legge in materia di inquinamento delle acque (D.Lgs. 152/99 integrato dal D.Lgs. 258/2000), saranno avviati programmi di monitoraggio biologico delle acque correnti, basate sull'analisi delle comunità macrobentoniche (larve acquatiche di Insetti, Crostacei, Molluschi, ecc.) e l'applicazione dell'Indice Biotico Esteso (IBE).

Nel caso della maricoltura, le alterazioni nella struttura delle comunità sembra essere rilevabile prevalentemente su piccola scala, ad eccezione di alcuni casi in cui vengono somministrati mangimi freschi in ambienti relativamente confinati. All'interno dell'area in cui l'impatto è percepibile si possono osservare aree completamente azoiche, tipicamente quelle immediatamente sottostanti le gabbie, ed aree in cui si osserva una più o meno marcata riduzione della diversità del popolamento.

Nella Tab. III è riportato il caso di una trotticoltura industriale dell'Italia centrale, dove è stata rilevata un'alterazione della comunità macrobentonica a valle dell'immissione dello scarico dell'impianto nel corso d'acqua recettore. L'assenza, nei campioni del tratto a valle dello scarico dell'impianto, di alcuni *taxa* sensibili all'inquinamento (es. Plecotteri, Efemerotteri Eptagenidi, alcune famiglie di Tricotteri, ecc.) molto frequenti a monte, comporta l'abbassamento di una classe di qualità secondo il metodo IBE, che evidenzia l'impatto degli effluenti dall'impianto sul "comparto biotico" del corso d'acqua recettore.

Aspetti igienico-sanitari

Anche se i reflui urbani e le emissioni di impianti intensivi, a terra ed in mare,



hanno un rapporto azoto totale su fosforo totale relativamente simile, le differenze qualitative e quantitative in termini di carica microbica sono apprezzabili. Un primo motivo di ciò sta nel fatto che le emissioni di attività di piscicoltura non hanno la stessa quantità di patogeni che caratterizza i reflui urbani, anche se alcuni microrganismi che sono patogeni per i pesci possono agire anche nell'uomo. D'altra parte, in circostanze occasionali sia i pesci che le loro deiezioni possono contenere microrganismi patogeni per l'uomo, anche se generalmente non si tratta di ceppi capaci di indurre patologie preoccupanti. In alcuni casi di studio relativi all'inquinamento microbiologico delle acque fluviali prodotto da trotticoltura (Tab. IV), sono state evidenziate alterazioni degli indicatori fecali e di altri indicatori microbici, quali le Vibrionacee.

Più in generale, la considerazione delle interazioni fra acquacoltura, ambiente e salute umana è alla base di una problematica che non è ancora stata affrontata in maniera esaustiva. In particolare, è appropriato ed opportuno considerare le emissioni di attività di acquacoltura alla stregua di altri reflui urbani, industriali o agricoli? È evidente che le implicazioni di questo interrogativo non sono marginali ed è altrettanto evidente che le conoscenze attuali, soprattutto per ciò che riguarda i nostri fiumi, laghi e mari, non sono sufficienti a definire compiutamente una soluzione al problema.

Risposte agli antibiotici e ad altri composti

L'uso di antibiotici può ovviamente indurre lo sviluppo di forme di resistenza nei ceppi batterici patogeni per i pesci e, almeno potenzialmente, di ceppi patogeni per l'uomo.

Una situazione più grave è stata registrata nella flora batterica dei sedimenti, dove ceppi resistenti sono stati identificati in numerose situazioni. Ad esempio, forme di resistenza all'ossitetraciclina fino al 100% sono state osservate nei sedimenti di aree adiacenti a impianti di maricoltura in cui erano stati effettuati dei trattamenti con questo antibiotico e la resistenza è stata osservata anche a distanza di oltre un anno dalla fine del trattamento. Le vitamine ed i pigmenti aggiunti ai mangimi possono avere effetti ambientali, ma questi ultimi sono poco conosciuti. Per ciò che riguarda le vitamine, è stata osservata un'azione di stimolo della produzione di tossine da parte di organismi fitoplanctonici o, più in generale, della proliferazione di specie tossiche.



Alterazioni genetiche delle popolazioni selvatiche

Questo particolare tipo di impatto è meno grave almeno per le trottocolture nazionali che utilizzano prevalentemente la trota iridea, specie di origine esotica che generalmente non è in grado di riprodursi alle nostre latitudini. Nel caso della maricoltura, le cui specie bersaglio sono esclusivamente autoctone, la possibilità d'inquinamento genetico delle popolazioni selvatiche è invece possibile. La possibilità d'incrocio fra individui riprodotti artificialmente con individui selvatici, non può quindi essere trascurata, anche se a tutt'oggi non esistono evidenze di un effetto di questo tipo. Inoltre, è ipotizzabile che i genotipi derivati da questo tipo di incrocio siano selezionati negativamente nello stock selvatico molto rapidamente.

Elementi di maggiore preoccupazione possono riguardare fenomeni simili, ma in cui entrino in gioco individui geneticamente modificati. Anche se questo non è un problema di rilevanza immediata, almeno nei nostri mari, gli effetti delle manipolazioni genetiche operate in altri Paesi sono difficilmente confinabili nello spazio.

Tab. II - Potenziali effetti della maricoltura sull'ambiente marino costiero (mod. ICES, 1989).

Alterazione del comparto bentonico
Deposizione di residui organici sui fondali
Alterazione potenziale redox (ossido-ossidazione)
Alterazione macrofauna
Incremento carbonio organico o solidi totali "volatili"
Incremento del contenuto in azoto e fosforo
Produzione di idrogeno solforato (disciolto e/o gassoso)
Alterazione della granulometria del fondo
Sviluppo di ceppi batterici antibiotico-resistenti
Alterazione della qualità delle acque
Diminuzione delle concentrazioni di ossigeno disciolto
Alterazione della biomassa fitoplanctonica e/o della composizione in specie
Incremento delle forme inorganiche ed organiche dei nutrienti (azoto, fosfati e silicati)
Diminuzione della trasparenza
Incremento dei batteri coliformi e/o solfito-riduttori
Incremento dell'idrogeno solforato (disciolto e gassoso)
Incremento dei solidi sospesi
Aumento richiesta biologica di ossigeno (BOD)



Tab. III - Risultati delle analisi biologiche (organismi macrobentonici) eseguite in un corso d'acqua dell'Italia centrale interessato al prelievo ed alla restituzione delle acque di una tricoltura industriale (sup. tot. 6 ettari, 100 vasche, produzione annua 450-600 tonnellate) (da Ioppolo et al., 1997) (U.S. = unità sistematiche).

Taxa U.S./stazione	1991		1995	
	monte. imp.	valle. imp.	monte. imp.	valle. imp.
PLECOTTERI				
<i>Perla</i>	+			
<i>Dinocras</i>	+		+	
<i>Nemura</i>	+		+	
EFEMEROTTERI				
<i>Baetis</i>	+	+	+	+
<i>Ephemerella</i>	+			
<i>Ecdyonurus</i>	+		+	
TRICOTTERI				
<i>Hydropsychidae</i>	+		+	
<i>Limnephilidae</i>	+			
<i>Brachycentridae</i>	+	+	+	
<i>Rhyacophilidae</i>	+	+	+	
<i>Glossosomatidae</i>	+			
<i>Sericostomatidae</i>			+	
COLEOTTERI				
<i>Elminthidae</i>	+	+	+	+
<i>Helodidae</i>			+	
DITTERI				
<i>Simuliidae</i>	+	+	+	+
<i>Empididae</i>		+	+	+
<i>Stratiomyidae</i>			+	
<i>Chironomidae</i>	+	+	+	+
<i>Muscidae</i>				+
<i>Tipulidae</i>				+
<i>Ceratopogonidae</i>				+
CROSTACEI				
<i>Asellidae</i>		+	+	+
<i>Gammaridae</i>	+	+	+	+
MOLLUSCHI				
<i>Planorbis</i>	+	+		
<i>Bythinia</i>			+	+
<i>Theodoxus</i>	+		+	
<i>Lymnea</i>		+		
<i>Unio</i>	+			
<i>Pisidium</i>		+	+	+
<i>Gyraulus</i>		+		



Taxa U.S./stazione	1991		1995	
	monte. imp.	valle. imp.	monte. imp.	valle. imp.
TRICLADI				
<i>Polycelis</i>				+
IRUDINEI				
<i>Dina</i>		+	+	+
<i>Haemopsis</i>			+	
<i>Helobdella</i>		+		+
OLIGOCHETI				
<i>Naididae</i>	+	+	+	
<i>Lumbricidae</i>	+	+		+
<i>Lumbriculidae</i>	+	+	+	+
<i>Tubificidae</i>		+	+	+
<i>Haplotaxidae</i>				+
Totale U.S.	21	19	23	19
IBE indice biotico	11	8	11	8
Classe di qualità	I	II	I	II

Tab. IV - Risultati delle analisi microbiologiche eseguite in un corso d'acqua dell'Italia centrale interessato al prelievo ed alla restituzione delle acque di una trocicoltura industriale (sup. tot. 6 ettari, 100 vasche, produzione annua 450-600 tonnellate) (da Ioppolo et al., 1997).

Parametri/stazioni	Monte impianto	Valle impianto
Coliformi totali UFC/100 ml	10 ²	10 ³
Coliformi fecali UFC/100 ml	10 ¹	10 ¹
<i>Escherichia coli</i> UFC/100 ml	10 ¹	10 ¹
Streptococchi fecali UFC/100 ml	10 ¹	10 ²
Clostridi solfito riduttori UFC/100 ml	10 ³	10 ⁴
<i>Vibrio cholerae</i> UFC/100 ml	0	0
<i>Salmonella</i> spp. UFC/100 ml	0	0
<i>Vibrio</i> spp. UFC/100 ml	0	10 ²
<i>Pseudomonas</i> spp. UFC/100 ml	10 ³	10 ⁴
<i>Aeromonas</i> spp. UFC/100 ml	0	10 ⁶



2.8.3 Considerazioni conclusive

L'acquacoltura intensiva, è talvolta percepita dall'opinione pubblica come una industria "non pulita" che produce "pesci in batteria", e quindi di qualità inferiore ai prodotti della pesca. A livello nazionale e comunitario, questo ha contribuito ad un'evoluzione negativa dell'attuale quadro di riferimento produttivo, ponendo gli addetti del settore in un evidente stato di difficoltà operativa alla quale, per la trotticoltura, contribuiscono anche le nuove normative in materia di concessioni al prelievo e tutela delle acque dall'inquinamento. Tuttavia, nonostante gli impatti ambientali generati ed i problemi energetici che ne limitano la sostenibilità ecologica, l'acquacoltura intensiva non potrà essere sostituita nel breve termine e su scala globale da altre pratiche.

Nel medio termine, però sarà necessario, anche attraverso il contributo delle discipline ecologiche, ricercare nuovi approcci produttivi che ne consentano la sostenibilità ambientale ed il suo inquadramento tra le attività produttive ecocompatibili (*Environmental Friendly Aquaculture*).

Un tale riorientamento settoriale, peraltro già stimolato a livello nazionale dal Ministero per le Politiche Agricole e recepito dalle stesse associazioni di categoria, potrebbe essere ottenuto attraverso due approcci consolidati, ovvero la riduzione delle sorgenti d'inquinamento e il riciclo/riuso delle acque di scarico degli impianti a terra.

Il primo approccio, che riguarda più direttamente le produzioni nazionali (trotticoltura e maricoltura), è finalizzato alla prevenzione o riduzione della produzione di inquinanti (es. nutrienti, sostanze chimiche di sintesi, inquinamento biologico, ecc.), attraverso la riduzione dei carichi, la migliore gestione delle biomasse allevate, la minimizzazione degli stress, l'utilizzo di vaccini, etc. Il secondo approccio, è più frequentemente applicato per impianti intensivi "a ricircolo" ubicati al coperto (es. avannotterie, ingrasso di anguille, ecc.). La maggior parte di questi sistemi prevedono il trattamento delle acque di scarico prima del proprio riuso, totale o parziale. Ovviamente, questi sistemi consentono di ottimizzare l'uso delle risorse idriche e di ridurre l'impatto ambientale, ma presentano costi d'investimento molto elevati. A livello nazionale, come già avvenuto in alcuni impianti su scala commerciale degli USA, i sistemi a ricircolo dovrebbero essere sempre più utilizzati negli impianti intensivi per la produzione di specie ittiche (in gran parte esotiche) delle acque calde. In tali impianti l'utilizzo di minori volumi di ricambio rispetto alle trotticoltura ed i maggiori spazi per la realizzazione di canali o bacini di trattamento dei reflui e consentono anche l'applicazione di tecniche di depurazione ecologiche (fitodepurazione) (Fig. 6). La realizzazione di tali approcci produttivi, ecologicamente più sostenibili, richiede comunque

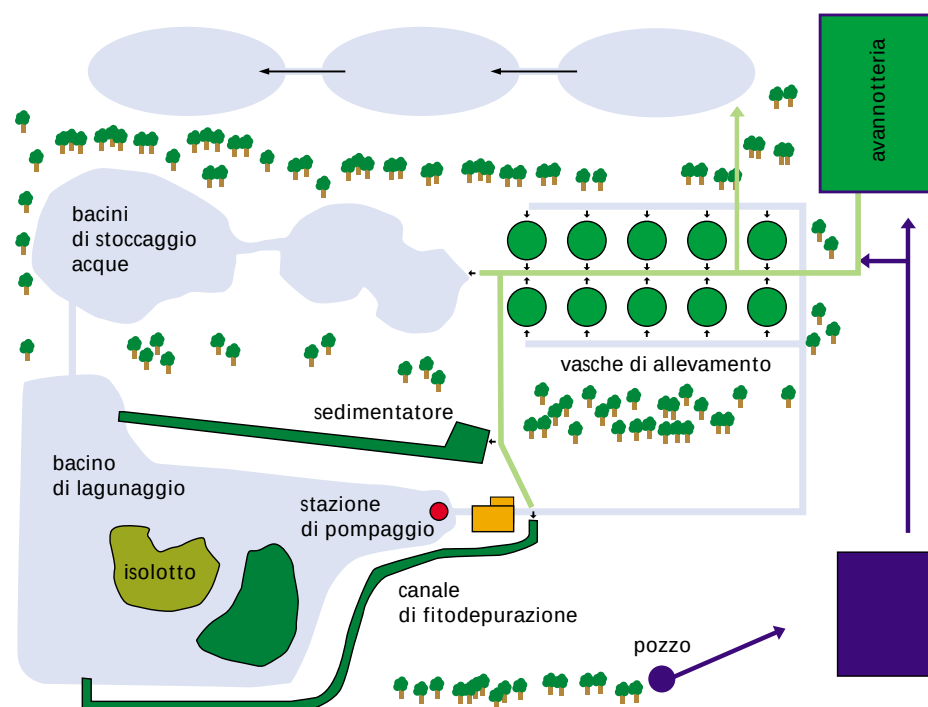


Fig. 6 - Schema di una "zona umida ricostruita" utilizzata per la fitodepurazione dei reflui di un impianto sperimentale di acquacoltura "a ricircolo". Laboratorio di Ecologia Sperimentale ed Acquacoltura, L.E.S.A. dell'Università di Roma "Tor Vergata".

l'internalizzazione dei costi per minimizzare gli impatti per le stesse aziende. Per il raggiungimento della compatibilità economica si richiede quindi alle imprese, supportate dalle Istituzioni di riferimento, di sviluppare nuove strategie di mercato indirizzate all'inserimento delle produzioni tra quelle "biologiche" e/o ecocompatibili, attraverso specifiche procedure di certificazione dei processi produttivi e dei prodotti (c.f.r. cap. 6). Ciò al fine di consentire la creazione di un valore aggiunto alla produzione, in grado di compensare le perdite derivate dall'internalizzazione dei costi per la mitigazione degli impatti ambientali e per la produzione "biologica".

In conclusione, oltre all'esigenza di identificare nuove tecnologie e strategie produttive per rendere l'acquacoltura intensiva sempre più sostenibile, appare indispensabile anche una piena valorizzazione delle pratiche estensive, inclusa la pesca nelle acque continentali (es. lagune costiere, laghi e serbatoi) supportata dall'acquacoltura (es. avannotterie di bacino). Tali pratiche, se correttamente gestite ed inserite nel territorio, oltre a poter esprimere esternalità positive, non necessitano di una integrazione artificiale dei flussi energetici, garantiscono un più efficiente riciclo della materia, sono intrinsecamente più stabili da un punto di vista ecologico e possono spesso assicurare

una produzione qualitativamente superiore. Anche i sistemi estensivi sono ovviamente suscettibili di manipolazioni delle loro componenti biotiche ed abiotiche, mirate all'ottimizzazione delle produzioni attraverso l'aumento della capacità portante degli ecosistemi o l'esaltazione dell'efficienza ecologica delle reti trofiche (ad esempio mediante ripopolamenti attivi con organismi opportunamente selezionati). Anche per questi interventi, ovviamente, l'analisi ecologica dovrebbe rappresentare lo strumento imprescindibile per l'acquisizione delle conoscenze di base necessarie e per la corretta scelta delle strategie produttive.



Vasca di sedimentazione e canale di fitodepurazione per il trattamento fisico, chimico e biologico dei reflui di un impianto di piscicoltura "a ricircolo". L.E.S.A. Università di Roma "Tor Vergata". Foto di L. Tancioni.



Bacino di lagunaggio per il trattamento di reflui da acquacoltura dopo un anno dalla realizzazione. L.E.S.A. Università di Roma "Tor Vergata". Foto di L. Tancioni.





Bibliografia

- Ackefors H., Enell M. (1990). *Discharge of nutrients from Swedish fish farming to adjacent sea areas*. Ambio 19: 28-35.
- Alabaster J.S. (1962). *Report of the EIFAC workshop on fish-farm effluents*. EIFAC Tech. Pap. 41: 166 pp.
- Aure J., Stigebrandt A. (1990). *Quantitative estimates of the eutrophication effects of fish farming on fjords*. Aquaculture 90: 135-156.
- BC Ministry of Environment (1990). *Environmental Management of Marine Fish Farms*. British Columbia Ministry of Environment, Victoria (Canada): 28 pp.
- Bardach J.E. (1997). *Sustainable Aquaculture*. John Wiley & Sons, Inc., New York: 251 pp.
- Bergheim A., Hustveit H., Kittelsen A., Selmer-Olsen A. (1982). *Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. I. Investigation 1978 - 79*. Aquaculture 28: 346-361.
- Beveridge M.C.M. (1985). *Cage and pen fish farming. Carrying capacity models and environmental impact*. FAO Fish. Tech. Pap. 255: 131-164.
- Beveridge M.C.M., Phillips M.J., Clarke R.M. (1991). *A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production*. In "Aquaculture and Water Quality" D. E. Brune & J. R. Tomasso (Eds). The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA: 506-533.
- Beveridge M.C.M., Ross L.G., Kelly L.A. (1994). *Aquaculture and biodiversity*. Ambio 23: 497-502.
- Costa-Pierce B.A. (1994). *Environmental impacts of nutrients discharged from aquaculture: towards the evolution of sustainable, ecological aquaculture systems*. Presented as a plenary talk at the Conference on Aquaculture and Water Resource Management, June 21-25, 1994, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling, Scotland.
- Enell M. (1987). *Environmental Impact of Cage Fish Farming with Special Reference to Phosphorous and Nitrogen Loadings*. ICES 1987/F44.
- FAO (1995). *Code of Conduct for Responsible Fisheries*. FAO: 41 pp.
- FAO (1997). *Aquaculture development*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. No. 5. Rome, FAO: 40 pp.
- Gowen R.J., Bradbury N.B. (1987). *The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review*. Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev. 25: 563-575.
- Ioppolo A., Vischetti M., Melchiorre S., Cappelli M.G., Volterra L., Mancini L. (1997). *L'inquinamento da impianti di piscicoltura: metodologie applicate e valutazioni dei risultati*. Rivista Italiana di Acquacoltura 32: 97-104.



- Jeffries M., Mills D. (1995). *Fish farms*. In: Freshwater Ecology Principles and Application. John Wiley & Sons, 284 pp.
- Kaspar H.F., Hall G.H., Holland A.J. (1988). *Effects of cage salmon farming on sediment nitrification and dissimilatory nitrate reduction*. Aquaculture 70: 333-344.
- Midvedt T., Lingaas E. (1992). *Putative public health risks of antibiotic resistance development in aquatic bacteria*. In: C. Michel and D. Alderman (Eds.), Chemotherapy in aquaculture: from theory to reality. Paris: Office International des Epizooties: 302-314.
- Munday B., Eleftheriou A., Kentouri M., Divanach P. (1992). *The interactions of aquaculture and the environment - A bibliographical review*. Commission of the European Communities - Directorate-General for Fisheries: 184 pp.
- Pillay T.V.R. (1992). *Aquaculture and the environment*. Cambridge, MA Fishing News Books: 191 pp.
- Rosenthal H., Weston D., Gowen R., Block E. (1988). *Report of the ad hoc Study Group on "Environmental Impact of Mariculture"*. Cooperative Research Report No. 154: 83 pp.
- Samuelsen O.B., Torsvik V., Ervik A. (1992). *Long range changes in oxytetracycline concentration in bacterial resistance towards oxytetracycline in a fish farm sediment after medication*. Sci. Total Environ. 114: 25-36.
- Seymour E.A., Bergheim A. (1991). *Towards a reduction of pollution from intensive aquaculture with reference to the farming of salmonids in Norway*. Aquacult. Eng. 10: 73-88.
- Torsvik V.L., Soerheim R., Goksoeyr J. (1988). *Antibiotic Resistance of Bacteria from Fish Farm Sediments*. Copenhagen- Denmark-ICES: 9 pp.
- Waldichuk M. (1987). *Fish farming problems*. Mar. Pollut. Bull. 18: 2-3.
- Weston D.P. (1990). *Quantitative examination of macrobenthic community changes along an organic enrichment gradient*. Marine Ecology Progress Series 61: 233-244.
- Yndestad M. (1992). *Public health aspects of residues in animal products: fundamental considerations*. In: "Chemotherapy in aquaculture: from theory to reality". Michel C., Alderman D.J. (Eds.). Symposium Paris, March 12-15, 1991. Paris, France: Office International des Epizooties: 494-520.



Riferimenti al CCPR

Il contesto del CCPR è proprio quello in cui le politiche di sviluppo della pesca e dell'acquacoltura vengono integrate a quelle mirate ad uno sviluppo sostenibile.

L'innovazione sta proprio nell'aver preso coscienza, da parte dei Governi, se pur attraverso uno strumento volontario, di una serie di principi. Alla base di questi risulta essenziale la consapevolezza che il consumo improprio delle risorse viventi ne può compromettere la corretta rinnovabilità, proprietà quest'ultima che caratterizza il mondo biologico. Le nuove politiche della pesca, che includono l'acquacoltura, debbono portarci a nuove modalità di uso delle risorse viventi degli oceani e delle acque interne, attraverso comportamenti responsabili.

Dunque nei seguiti della Conferenza di Rio, grazie al codice di condotta, la pesca entra, nella visione degli Stati, nella lista dei soggetti rilevanti per l'attuazione di nuove politiche atte all'uso delle risorse del mare.

L'ambiente assume un significato centrale, anche perché in attività che dipendono dalla qualità ambientale, dai cicli biologici, dalla disponibilità di materie prime di origine naturale da trasformare, come sono pesca ed acquacoltura, è praticamente impossibile dissociare economie ed ecologie. In particolare l'acquacoltura, pur con una crescita esponenziale, ha dimostrato solo in parte il potenziale produttivo che cela, e che non potrà trasformare senza opportuni strumenti di tutela ambientale.

Gli spazi oceanici, il numero di specie, le proprietà biologiche delle stesse, sono forse una delle ultime sponde per una crescita di qualità dell'agro-alimentare mondiale. Ma perché questo si avveri è necessario che questa attività sappia usare al meglio i punti di forza, contenendo le debolezze già conosciute in altri processi di modernizzazione, frutto di un modello di sviluppo, tanto utile, ma spesso poco attento all'ambiente.

In tal senso le conoscenze ecologiche, in un contesto di multidisciplinarietà, possono dare un rilevante contributo.

Descrivere come sono fatti gli ecosistemi, e comprendere come funzionano, ci può consentire di assecondare meglio le "regole della natura", ci aiuta a misurare gli impatti, a prevederli e prevenirli, ed in alcuni casi a controllarli, grazie alle tecnologie in continua evoluzione.

Definire dunque l'ecologia per difendere l'ambiente dagli impatti dell'acquacoltura, l'ecologia per difendere l'acquacoltura dagli impatti multipli che mettono a rischio gli ambienti acquatici e, dunque, le attività strettamente correlate alla "salute ambientale".

Gli acquacoltori ed i pescatori moderni non hanno difficoltà a comprendere ed a rendere utili politiche ambientali che vanno a vantaggio dei cicli produttivi e della qualità delle produzioni.

Il CCPR, come sappiamo, è un documento che mira a stimolare politiche responsabili verso l'ambiente, verso i consumatori, verso i più poveri, ecc.

Da ciò ne consegue che i riferimenti che chiamano in causa aspetti riferibili all'ecologia ed alle sue applicazioni produttive per il controllo e la gestione delle produzioni sono diffusi nei vari articoli del CCPR.

Nell'art. 9 del CCPR, al 9.1.2, la valutazione preventiva degli effetti dell'acquacoltura sulla integrità degli ecosistemi è posta come condizione irrinunciabile per gli Stati. Di nuovo al 9.1.5 è rinforzata la necessità di svolgere valutazioni ambientali e monitoraggi per minimizzare gli impatti negativi sull'ambiente cui si correlano conseguenze di natura sociale ed ecomica. In particolare, sono posti alla attenzione degli Stati, l'uso dell'acqua e del suolo, la natura degli effluenti dagli impianti intensivi, l'impiego di prodotti chimici e farmaceutici nell'ambito delle molteplici attività dell'acquacoltura. Questi aspetti specifici relativi al livello produttivo sono approfonditi al 9.4 del CCPR.

S.C.





2.9 IGIENE IN ACQUACOLTURA

E. Guandalini

La sicurezza alimentare rappresenterà uno degli obiettivi prioritari da parte della UE nei prossimi anni. Il documento “Libro Bianco sulla Sicurezza Alimentare” delinea gli assi d'intervento, modalità e tempi di attuazione al fine di assicurare un elevato livello di salute umana e di tutela dei consumatori. Con il concetto “sicurezza d'uso di un alimento” si vuol intendere la garanzia dell'assenza di rischio rappresentato da sostanze chimiche o biologiche che possono determinare un qualche effetto tossico o nocivo, anche di lieve entità, sul consumatore. Le recenti emergenze della BSE e PCB-diossine hanno imposto un'accelerazione nel riesame delle politiche sulle produzioni alimentari, soprattutto zootecniche, orientate a produrre sempre di più a costi sempre più bassi, in alcuni casi a discapito proprio della qualità e della sicurezza. Nell'opinione pubblica, parallelamente, è cresciuta la richiesta di garanzie sugli alimenti, sotto tutti gli aspetti: igienico-sanitari, qualitativi e nutrizionali. Si vuol conoscere l'origine, i sistemi di allevamento, i percorsi ed i trattamenti che gli alimenti hanno subito prima di giungere al consumo (la famosa rintracciabilità di filiera).

In questo quadro, anche il comparto dell'acquacoltura, data l'importanza alimentare che riveste con i suoi prodotti, deve riconsiderare i sistemi e le fasi di allevamento individuando quei punti che possono rappresentare un potenziale rischio per i consumatori: la presenza di contaminanti biologici e chimici nelle acque, la qualità dei mangimi, i residui di farmaci veterinari e disinfettanti.

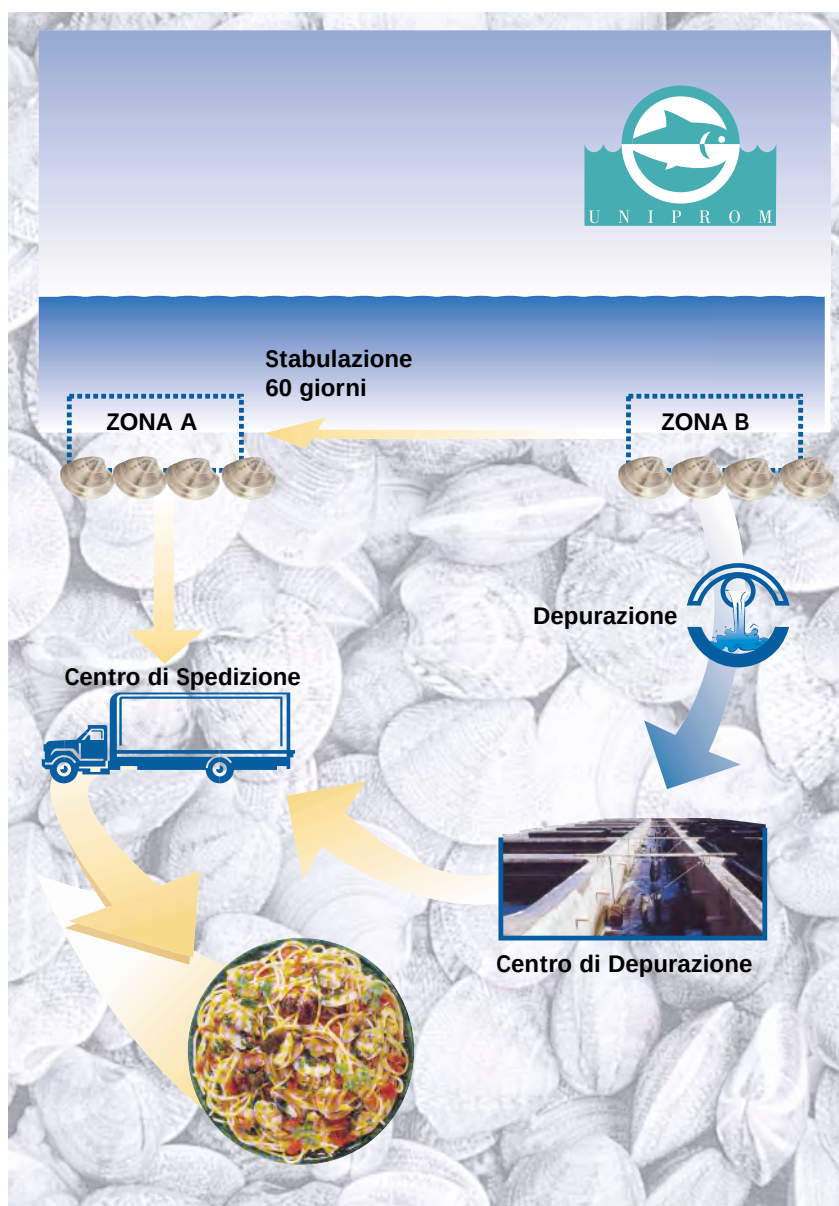
Di seguito verranno analizzati questi aspetti, le principali norme sanitarie del comparto e l'organizzazione dei controlli sanitari pubblici.

2.9.1 Analisi dei rischi sanitari da consumo di prodotti d'acquacoltura: contaminanti biologici

Contaminazione microbica

L'ambiente acquatico non è sterile, è naturalmente presente una ricchissima e composita flora microbica. Pertanto è del tutto naturale rinvenire su un pesce sano microrganismi vitali sulla cute, sulle branchie e nell'intestino. Le masse muscolari sono sterili. Ma la necessità di conoscere e controllare la

carica microbica del prodotto ittico deriva sia da considerazioni di ordine sanitario che di ordine commerciale. Sanitario perché diversi batteri e virus possono costituire un rischio per i consumatori; commerciale perché certi generi, in particolare *Pseudomonas* e *Aeromonas*, attivano quei processi di *spoilage* alla base del deterioramento e quindi della *shelf-life* del prodotto ittico. Inoltre la composizione e la carica microbica totale degli organismi acquatici è indice sia della qualità delle acque che delle pratiche di allevamento.



Il percorso produttivo e commerciale dei Molluschi Bivalvi. (da: Uniprom).





Batteri di interesse sanitario

- *Aeromonas hydrophila*. Organismo ubiquitario degli ambienti acquatici, quindi facilmente rinvenibile su moltissime specie ittiche, sia di allevamento che selvatiche. È ben conosciuto quale patogeno opportunista per i pesci con difese immunitarie compromesse. Nell'uomo sembra possa causare disturbi gastroenterici, anche se le segnalazioni sono rare. Il rischio sanitario può esistere se si consuma pesce crudo, in preparazioni con debole marinatura o attraverso una *cross-contamination*.

La cottura del pesce elimina completamente questo potenziale rischio (in genere per l'inattivazione degli organismi batterici è sufficiente una cottura a 70°C x 1 min).

- *Listeria monocytogenes* e *Listeria spp.* Il microrganismo è presente in differenti ambienti: acqua, suolo, vegetazione e nei reflui animali ed umani. Sono stati isolati ceppi anche su diverse specie di uccelli acquatici, i quali possono fungere da vettori interessando anche i siti di allevamento dei pesci. Nell'uomo causa disturbi gastroenterici anche molto seri. Particolarmente a rischio soggetti debilitati, immunodepressi, bambini ed anziani. L'infezione può contrarsi sempre attraverso il consumo di pesce, crostacei e molluschi crudi; anche se sembra che questo tipo di trasmissione avvenga più facilmente con prodotti malamente lavorati e conservati (marinati, affumicati, sottovuoto), punti critici dove può avvenire la contaminazione. Per tutti i prodotti è valida un'adeguata cottura che elimina completamente il rischio.
- Vibrioni (*Vibrio cholerae*; *V. parahaemolyticus*; *V. fluvialis*; *V. hollisae*; *V. mimicus*; *V. vulnificus*). L'importanza sanitaria per le sue ricadute epidemiologiche sulla popolazione in tutte le aree del mondo causate da questo gruppo di microrganismi non deve essere certo dibattuta. Il riconoscimento che esisteva una correlazione tra il consumo di frutti di mare e il verificarsi di episodi di colera, o febbri tifoidi, si può far risalire già alla prima metà dell'800. Naturalmente l'infezione per l'uomo è avvenuta, e tuttora avviene, per la diffusa abitudine a consumare i mitili crudi, o insufficientemente cotti. Anche pesci, crostacei e cefalopodi possono veicolare diverse specie e ceppi di vibrioni, ed anche in questo caso l'infezione si contrae dal consumo a crudo, o da individui inadeguatamente preparati (marinatura). Come per i precedenti casi una cottura adeguata elimina il rischio. Tutto il settore della molluschicoltura è disciplinato dal D.Lgs. n. 530 del 30 dicembre 1992, in attuazione della direttiva CEE 91/492 che stabilisce le norme sanitarie applicabili alla produzione e commercializzazione dei molluschi bivalvi vivi. In Tab. I sono riportati i requisiti igienico-sanitari per i molluschi destinati al consumo umano.



Tab. I - Requisiti igienico-sanitari per i Molluschi Bivalvi destinati al consumo umano (D.Lgs. n. 530 del 30 dicembre 1992 e successive modifiche).

- a) Possedere caratteristiche di freschezza, essere vivi e vitali, gusci privi di sudiciume e livelli normali di liquido intervalvare.
- b) Contenere meno di 300 coliformi fecali o meno di 230 *E.coli* per 100 g di polpa e liquido intervalvare.
- c) Essere privi di salmonelle in 25 g di polpa.
- d) Non contenere sostanze tossiche o nocive immesse nell'ambiente elencate nel D.Lgs. 131/92, in quantità tali che superi la dose giornaliera ammissibile (DGA) per l'uomo, o che alteri il gusto dei molluschi.
- e) Avere un tenore massimo di radionuclidi nei limiti previsti dalle vigenti norme sugli alimenti.
- f) Contenere biotossine algali del tipo PSP in quantità non superiori a 80 microgrammi per 100 g di polpa.
- g) La lettera g (riguardava la presenza di NSP) è stata soppressa dal D.Lgs. n.249 del 15/3/96.
- h) Non contenere tossine DSP determinabili con le metodiche di analisi stabilite nel regolamento.
- i) Il tenore di Amnesic Shellfish Poisoning (ASP) nelle parti commestibili dei molluschi non deve superare i 20 microgrammi di acido domoico per g (D.M. 14/10/98).

I Molluschi Bivalvi devono provenire da acque classificate in zone di produzione e di stabulazione. Le zone di produzione vengono divise in tre categorie (A, B, C) in base alle caratteristiche microbiologiche e chimiche dei molluschi bivalvi presenti.

ZONA A

- Coliformi fecali: non oltre 300 x 100 g di polpa del mollusco nel 100% dei campioni
- Escherichia coli: non oltre 230 x 100 g di polpa del mollusco nel 100% dei campioni
- Salmonelle: assenti in 25 g di polpa di mollusco nel 100% dei campioni
- Mercurio: non oltre 0,5 ppm nella polpa del mollusco nel 100% dei campioni
- Piombo: non oltre 2 ppm (*) nella polpa del mollusco nel 100% dei campioni

ZONA B

- Coliformi fecali: non oltre 6000 x 100 g di polpa del mollusco nel 90% dei campioni
- Escherichia coli: non oltre 4600 x 100 g di polpa del mollusco nel 90% dei campioni
- Mercurio: non oltre 0,5 ppm nella polpa del mollusco nel 100% dei campioni
- Piombo: non oltre 2 ppm (*) nella polpa nel 100% dei campioni

ZONA C

- Coliformi fecali: non oltre 60.000 x 100 g di polpa del mollusco
- Mercurio: non oltre 0,5 ppm nella polpa del mollusco nel 100% dei campioni
- Piombo: non oltre 2 ppm (*) nella polpa del mollusco nel 100% dei campioni

Le aree destinate alla stabulazione per i Molluschi Bivalvi devono possedere i seguenti requisiti:

- Coliformi fecali: non oltre 300 x 100 g di polpa del mollusco nel 100% dei campioni
- Escherichia coli: non oltre 230 x 100 g di polpa del mollusco nel 100% dei campioni
- Salmonelle: assenti in 25 g di polpa del mollusco nel 100% dei campioni
- Mercurio: non oltre 0,5 ppm nel 100% dei campioni
- Piombo: non oltre 2 ppm (*) nel 100% dei campioni

Sono fissati anche parametri fisico-chimici (pH, temperatura, ossigeno, ecc.) per le acque di stabulazione

(*) = Secondo il Regolamento CE n. 466/2001 il tenore massimo di piombo nei Bivalvi è fissato a 1 ppm.

I Molluschi Bivalvi che provengono dalla zona A possono destinati direttamente al consumo umano. Se provengono da acque classificate come zona B, devono subire un trattamento in un centro di depurazione o di stabulazione in acque di zona A. Se i molluschi provengono da zona C, potranno essere immessi al consumo umano solo dopo stabulazione in zona A, per un periodo non inferiore a 2 mesi.



- *Yersinia enterocolitica*. Patogeno rinvenibile su molti prodotti alimentari refrigerati. La sua virulenza è espressa solo da alcuni ceppi. Le segnalazioni di infezioni contratte dal consumo di alimenti sono comunque rare. Anche per quanto riguarda la sua presenza sui pesci, soprattutto Salmonidi, (il batterio predilige le acque dolci) non è stato ben valutato il reale rischio per il consumatore. È sempre valido l'invito a idonea cottura.



Il controllo veterinario di tutti i prodotti ittici è un punto cruciale per la sicurezza e la valorizzazione dei prodotti. Foto di S. Cataudella.

- *Clostridium botulinum*. È naturalmente presente nell'ambiente acquatico e le sue spore sono rinvenibili nei sedimenti acquatici ed anche sui terreni. Si trova facilmente nel tratto intestinale dei pesci. Si distinguono ceppi proteolitici: A e B (spore resistenti e tolleranti al NaCl); e ceppi non proteolitici: E, B ed F (spore meno resistenti e più sensibili al NaCl). Ciò permette un'ampia adattabilità alle differenti condizioni ambientali (pH, T, salinità) per potersi sviluppare. L'intossicazione da botulino per l'uomo è tra le più gravi, spesso fatale. Si contrae con prodotti ittici lavorati, soprattutto con gli affumicati a freddo, con i marinati e con conserve contaminate sottovuoto. Nei pesci di allevamento, soprattutto nei Salmonidi del Nord Europa, si rilevava spesso una apprezzabile contaminazione da *Clostridium*, e ciò era causato dal mangime costituito da scarti freschi di altri pesci. Inoltre è stato osservato che l'asportazione o comunque il lavaggio del sedimento sul fondo delle vasche limitava nettamente questo tipo di contaminazione.



L'introduzione del mangime pellettato ha ulteriormente limitato la presenza del botulino nei pesci di allevamento.

- *Plesiomonas shigelloides*. È presente soprattutto nelle acque dolci e salmastre. Sebbene sia un microrganismo di origine acquatica è stato isolato anche da Mammiferi, Uccelli e Rettili. Nel contesto degli animali acquatici è rinvenibile soprattutto sui Pesci. Viene indicato poter causare disturbi gastroenterici, anche se sono rari gli episodi segnalati. Questa tipologia di infezione avviene sempre attraverso il consumo di prodotti crudi o di preparazioni che non garantiscono l'inattivazione di questi microrganismi.
- *Salmonella spp.* La presenza di salmonelle nei prodotti d'acquacoltura e della pesca è associata alla contaminazione delle acque da scarichi fognari, o direttamente dall'uomo. *Salmonella spp.* non fa parte della normale flora microbica dei pesci. Particolare attenzione deve essere posta per le acque di allevamento, di stabulazione dei Molluschi Bivalvi. E comunque il D.Lgs. 530/92 stabilisce chiaramente i limiti per la presenza di *Salmonella* ed *Escherichia coli* nei mitili allevati nelle diverse zone.

Virus enterici

I Molluschi Bivalvi assorbono da acque inquinate anche una serie di agenti virali che possono essere responsabili di numerose patologie per l'uomo: Epatite A, Epatite E, Echovirus, Norwalk virus, Coxsackievirus A-B, Adenovirus. Il problema della possibile presenza degli enterovirus nei Bivalvi è forse stata sottovalutata. Nel D.Lgs. 530/92 sono stati ben definiti alcuni parametri igienico-sanitari, ma non sono stati considerati questo gruppo di patogeni. Inoltre i normali processi di depurazione cui sono sottoposti i molluschi non sono altrettanto efficaci sui virus enterici. È una questione che meriterebbe una maggiore riflessione. Per inattivare i virus enterici è necessaria una cottura a 60°C per 4-6 min.

Considerazioni sul problema della contaminazione microbica in acquacoltura

La potenziale azione patogena per l'uomo da parte di questi microrganismi deve essere considerata prima sotto l'aspetto dell'esposizione e quindi valutarne il rischio.

Per quanto riguarda la contaminazione microbica dei pesci d'acquacoltura esiste una maggiore possibilità di controllo. Infatti la scelta dei siti, in mare, in laguna, nelle acque interne, il più delle volte si basa proprio sulla qualità



delle acque attraverso l'analisi dei parametri chimico-fisici e microbiologici. Inoltre si fa molta attenzione nel collocare gli allevamenti lontano da potenziali fonti inquinanti (nuclei abitativi, industrie, foci di fiumi). Risultano più esposti al rischio di contaminazione microbica quegli allevamenti che captano acque superficiali (torrenti, fiumi).

Va considerato che il rischio di infezione per l'uomo, per la presenza di ceppi potenzialmente patogeni, può contrarsi esclusivamente attraverso il consumo di pesce crudo, o di preparazioni malamente eseguite (deboli marinature, affumicature a freddo, conservazioni sottovuoto).

La presenza delle specie batteriche patogene non significa automaticamente rischio di infezione (anche dal consumo a crudo), poiché esistono per le diverse specie numerosi ceppi o sierotipi che hanno diversa o alcuna azione patogena.

L'infezione spesso si instaura quando l'apparato gastroenterico dell'ospite viene a contatto con la cosiddetta dose minima infettante.

L'infezione potrebbe originarsi non direttamente dal consumo del pesce (crudo) ma anche per una non attenta manipolazione con gli altri alimenti, *cross-contamination*.

L'analisi dei rischi sanitari legata al consumo dei Molluschi Bivalvi deve essere più attenta e severa. In Italia in molte aree geografiche è antica e radicata la tradizione di consumare crudi i frutti di mare. Anche dopo importanti focolai epidemici di colera (Napoli, Bari), questo costume rimane intatto. Inoltre deve essere maggiormente valutato il rischio dei virus enterici.

Se si potesse diffondere la sola e semplice regola di consumare adeguatamente cotti soprattutto i frutti di mare, ed il pesce, questi rischi sanitari potrebbero essere completamente eliminati.

Il controllo microbico dei prodotti d'acquacoltura assume un particolare valore per le produzioni destinate all'industria di trasformazione.

Le tossine algali nei prodotti d'acquacoltura

Numerose alghe del fitoplancton, insieme ad altri organismi quali i batteri, producono sostanze chimiche tossiche, note come biotossine, responsabili di diversi tipi di intossicazioni umane a volte con esiti letali. Nella trasmissione all'uomo il ruolo principale è rivestito dai Molluschi eduli Lamellibranchi grazie alla loro capacità di concentrare attraverso i loro meccanismi di filtrazione numerose cellule algali o loro principi tossici. Le biointossicazioni che possono interessare l'area mediterranea e le coste atlantiche europee sono riconducibili a tossine del gruppo PSP (*Paralytic Shellfish Poisoning*) e DSP

(*Diarrhetic Shellfish Poisoning*). Il gruppo di tossine NPS (*Neurotoxic Shellfish Poisoning*) sembra circoscritto nell'area del golfo del Messico e dei Caraibi; mentre la presenza di ASP (*Amnesic Shellfish Poisoning*), tipiche delle aree geografiche degli USA e Canada, è ormai segnalata anche sulle coste atlantiche europee e mediterranee.

Tossine PSP (Paralytic Shellfish Poisoning)

La prima tossina di questo gruppo isolata e caratterizzata è la saxitossina, nome derivato proprio dal mollusco che l'accumulava (*Saxidomus giganteus*). Attualmente sono stati identificati circa 25 analoghi della saxitossina. Le alghe produttrici di tali tossine appartengono per lo più al genere *Alexandrium*, *Gymnodinium* e *Pyrodinium*. Anche una Cianoficea di acqua dolce l'*Aphanizomenon flos-aquae* è in grado di produrre la tossina. Le tossine di questo gruppo mostrano un ampio e diversificato grado di tossicità. Sono termostabili, ciò significa che la cottura dei molluschi bivalvi contaminati non è in grado, se non in minima parte, di inattivare queste molecole. Hanno azione neurotossica interferendo sull'attività dei recettori delle cellule nervose. La sintomatologia si sviluppa entro le prime due ore dopo l'ingestione dei molluschi contaminati, con parestesia facciale e degli arti, astenia muscolare, e nei casi più gravi, blocco respiratorio e morte.



La presenza di tossine può comportare gravi perdite economiche nell'allevamento dei mitili.
Foto di S. Cataudella.

Tossine DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning)

La prima segnalazione da intossicazione imputabile a queste tossine risale al 1978 in Giappone. Successivamente furono interessate anche le aree europee, Spagna, Francia, Irlanda, e nel 1989 si registrarono anche in Italia i primi episodi di intossicazione da DSP per consumo di mitili provenienti dall'Adriatico. Le tossine vengono prodotte da alghe dinoflagellate del genere *Dinophysis* e *Prorocentrum*. Sono stati caratterizzati circa 12 composti tossici di DSP e in base alla loro caratteristiche chimiche sono stati suddivisi in tre gruppi: 1) acido okadaico e suoi derivati (dinofisitossine - DTX); 2) pectenotossine (PTX); 3) yessotossine (YTX).





Questi mostrano anche differenti effetti tossici. L'acido okadaico ed i suoi derivati causano diarrea, nausea, vomito e dolori addominali. Inoltre sono stati indicati poter avere un'attività di promotori di tumori. L'azione tossicologica delle pectenotossine è rivolta sull'organo epatico. Mentre le yessotossine sembrano danneggiare il muscolo cardiaco.

In Italia rappresenta uno dei maggiori problemi sanitari della molluschicoltura nazionale. Soprattutto nell'area del medio-alto Adriatico la presenza di queste alghe dinoflagellate ha reso necessario un sistema di continuo monitoraggio.

Il D.Lgs. n. 249/96 stabilisce che i Molluschi Bivalvi destinati al consumo umano non devono dare risposta positiva per le tossine DSP con i metodi analitici stabiliti.



Nell'acquacoltura integrata dei contesti rurali tropicali, gli aspetti igienico-sanitari hanno un ruolo rilevante. Foto di S. Cataudella.

Tossine NSP (Neurotoxic Shellfish Poisoning)

La brevetossina è prodotta dall'alga dinoflagellata *Gymnodinium breve* o *Ptycodiscus brevis* o viceversa, secondo la preferenza della classificazione tassonomica. Della molecola sono stati caratterizzati 9 analoghi. Le aree geografiche interessate sono la costa della Florida, il golfo del Messico, Caraibi e Spagna. Questa alga può provocare enormi fioriture che colorano di rosso le acque interessate. Risulta tossica per molti animali acquatici: pesci, mammiferi marini, uccelli acquatici possono morire quando ci sono alte concentrazioni nell'acqua di questa alga. I molluschi bivalvi sono i vettori per l'uomo. La tossina agisce inibendo la trasmissione neuromuscolare. La sintomatologia si manifesta con parestesia della faringe, segue quella degli arti, nausea, vomito. L'andamento è comunque benigno e regredisce in pochi giorni.

Tossine ASP (Amnesic Shellfish Poisoning)

L'organismo algale che per primo è stato riconosciuto produrre l'acido domoico è la diatomea *Nitzschia pungens*. Successivamente altre specie di diatomee, *Pseudonitzschia spp.*, sono state riconosciute poter produrre la tossina. L'area geografica particolarmente interessata sono il Canada e USA. Recentemente è apparsa sulle coste atlantiche e nel Mediterraneo. L'acido domoico ha attività neurotossica a livello del sistema nervoso centrale. La sintomatologia appare dopo 24 ore dall'ingestione dei mitili e si manifesta



prima con disturbi gastrointestinali, seguiti da confusione, perdita di equilibrio, disorientamento e, sintomo più caratteristico, momentanea perdita di memoria. Il D.M. 14/10/98 (Modificazioni all'allegato del D.Lgs. 530/92) ha disposto che: il tenore di ASP nelle parti commestibili dei molluschi non deve superare i 20 µg di acido domoico per g.

Considerazioni sul problema delle tossine algali

Il fenomeno delle tossine algali e dei rischi sanitari connessi, costituisce senza dubbio il più importante problema della filiera della pesca e dell'acquacoltura. Negli ultimi 20 anni se ne è registrato un incremento nella frequenza, nell'intensità e nella distribuzione geografica. Cresce il numero delle specie di alghe riconosciute essere produttrici di tossine e parallelamente si caratterizzano un maggior numero di tossine sia da un punto di vista chimico che tossicologico. Ma permangono ancora molti aspetti poco conosciuti del fenomeno, che rappresentano un ostacolo per un'ipotesi di gestione del problema. C'è la necessità di approfondire le conoscenze, per esempio, sulle condizioni che favoriscono la produzione delle tossine e della loro diversa attività tossica. Bisogna valutare l'incidenza della qualità ambientale in questi meccanismi e capire come prevenirli. È necessaria la messa a punto di semplici metodi di *screening* per la determinazione delle tossine.

Al momento l'obiettivo più urgente è quello di sviluppare sistemi e tecnologie che riescano a detossificare i Molluschi Bivalvi contaminati in tempi brevi ed a costi contenuti, mantenendo inalterati i parametri organolettici del mollusco.

2.9.2 Analisi dei rischi sanitari da consumo di prodotti d'acquacoltura: contaminanti chimici

Qui verranno brevemente considerati solo alcuni composti inorganici come i metalli pesanti, ed organici, come PCB e diossine, per i loro risvolti igienico sanitari e legislativi. Inoltre, poiché nella definizione di contaminanti chimici rientrano le molecole dei farmaci veterinari e dei disinfettanti, si analizzerà la loro gestione e regolamentazione nel settore dell'acquacoltura.



Limiti tollerabili dei contaminanti chimici nei prodotti ittici e limiti cautelativi dei contaminanti negli alimenti per l'uomo (ADI-PTWI)

La determinazione dei livelli medi di contaminanti nei prodotti ittici di interesse alimentare consente di stimare l'assunzione (*intake*) di questi elementi da parte della popolazione attraverso l'analisi dei dati sul consumo, la composizione e la frequenza alimentare. Ciò permette, dopo aver effettuato tutti gli studi tossicologici, di adottare dei limiti cautelativi quali ADI (*Acceptable Daily Intake*) e il PTWI (*Provisional Tolerable Weekly Intake*). L'ADI rappresenta la quantità della sostanza studiata che può essere ingerita quotidianamente per tutta la vita senza rischi per la salute umana, incluse le fasce della popolazione più sensibili o esposte (bambini, anziani, donne in gravidanza, immunodepressi). Il PTWI è l'espressione di assunzione settimanale.

I tenori massimi di taluni contaminanti presenti nelle derrate alimentari sono stati ridefiniti dal Regolamento (CE) n. 466/2001 della Commissione, dell'8 marzo 2001. In Tab. II sono riportati i limiti fissati per Pb, Cd e Hg, e le specie ittiche interessate.

Tab. II - Livelli massimi di piombo, cadmio, mercurio nei prodotti ittici (Regolamento CE n. 466/2001 della Commissione, dell'8 marzo 2001, che definisce i tenori massimi di taluni contaminanti presenti nelle derrate alimentari)

Matrice biologica	Tenore max (mg/kg peso fresco)	
	PIOMBO (Pb)	CADMIO (Cd)
Muscolo di pesce secondo quanto definito alle categorie a), b) ed e) dell'elenco che figura all'art.1 del Reg. CE. N.104/2000, cioè: pesci vivi; pesci freschi o refrigerati; pesci congelati; filetti di pesce ed altra carne di pesce (anche tritata), freschi, refrigerati, o congelati. Pesci secchi, salati o in salamoia; pesci affumicati, farine e agglomerati atti all'alimentazione umana.		
Preparazioni e conserve di pesci; caviale suoi succedanei a base di uova	0,2	0,05
Muscolo di sogliola cuneata (<i>Dicologlossa cuneata</i>), anguilla (<i>Anguilla anguilla</i>), spigola macchiata (<i>Dicentrarchus punctatus</i>), sgombero (<i>Trachurus trachurus</i>); cefalo (<i>Mugil cephalus</i>)		
Sarago fasciato (<i>Diplodus vulgaris</i>); grugnolo (<i>Pomadasys benneti</i>); sardina (<i>Sardina pilchardus</i>)	0,4	0,1
Crostacei (escluse carni scure di granchio)	0,5	0,5
Molluschi bivalvi	1,0	1,0
Cefalopodi (senza visceri)	1,0	1,0

Matrice biologica	Tenore max (mg/kg peso fresco)
	MERCURIO (Hg)
Prodotti della pesca, ad eccezione di quelli indicati nel successivo punto	0,5
Rana pescatrice (<i>Lophius spp.</i>), lupo di mare (<i>Anarhichas lupus</i>), spigola (<i>Dicentrarchus labrax</i>), molva (<i>Molva dipterygia</i>), palamita (<i>Sarda spp.</i>), anguilla (<i>Anguilla</i>), mustella (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i>), ipoglosso (<i>Hippoglossus hippoglossus</i>), tonnetto (<i>Euthynnus spp.</i>)	
aguglia imperiale (<i>Makaira spp.</i>), ruvetto (<i>Ruvettus pretiosus</i>), luccio (<i>Esox lucius</i>), palamita bianca (<i>Orcynopsis unicolor</i>), palambo (<i>Centroscymnus coelolepis</i>), razze (<i>Raja spp.</i>), scorfano (<i>Sebastes marinus</i> , <i>S. mentella</i> , <i>S. viviparus</i>), pesce vela (<i>Istiophorus platypterus</i>), pesce sciabola (<i>Lepidopus caudatus</i>), squali (tutte le specie), tirsite (<i>Lepidocybium spp.</i>)	
storione (<i>Acipenser spp.</i>), pesce spada (<i>Xiphias gladius</i>)	1,0

Piombo

Il piombo, oltre ad essere naturalmente presente nella crosta terrestre, proviene da numerosi processi industriali e dalla combustione dei carburanti. Nell'ambiente acquatico giunge soprattutto dalle deposizioni atmosferiche (oltre che per dilavamento dei terreni). Tra gli organismi acquatici si accumula in misura maggiore nei bivalvi che nei pesci. Nell'uomo l'assunzione avviene attraverso la dieta e l'aria. Gli effetti tossicologici agiscono sul sistema nervoso, sulla funzionalità renale e cardiaca.

Il JEFCA (*Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*) ha definito per il piombo un PTWI di 25 µg/kg peso corporeo/settimana (WHO, 1993).

Cadmio

In cadmio è presente in basse concentrazioni nella crosta terrestre e le principali fonti derivano da attività industriali e dall'impiego di fertilizzanti. Nell'ambiente acquatico giunge direttamente da queste attività. Naturalmente le fasce costiere o le aree prossime a siti industriali ed urbane sono più interessate all'inquinamento. I bivalvi ed i crostacei tendono ad accumulare il cadmio più dei pesci. L'assunzione per l'uomo avviene attraverso la dieta e molto con il fumo di tabacco. Concentrazioni alte di cadmio possono avere effetti sull'attività renale causando ipertensione, ed effetti sull'apparato riproduttore.

Il JEFCA ha stabilito per il cadmio una PMTDI (*Provisional Maximum Tolerable Daily Intake*) di 1 µg/kg peso corporeo/giorno (WHO, 1993).





Mercurio

Le caratteristiche geologiche del bacino del Mediterraneo ne fanno una delle zone a maggiore concentrazione naturale di mercurio. Anche l'attività vulcanica, attraverso i suoi fumi contribuisce in maniera non secondaria. Infine l'attività industriale offre il suo contributo. Il mercurio è soggetto a biomagnificazione, cioè si accumula in maniera crescente al termine di una catena alimentare marina. La forma organica, il metilmercurio, più tossico, è predominante nei tessuti dei pesci. Soprattutto i grandi predatori (pesce spada, tonni, squali) al vertice della catena, concentrano maggiormente questo metallo. L'assunzione per l'uomo avviene attraverso la dieta. Ha effetti neurotossici.

Il JEFCA ha definito un PTWI di 5 µg/kg peso corporeo/giorno per il mercurio totale e di 3,3 µg/kg peso corporeo per il metilmercurio (WHO,1993).

Considerazioni sulla contaminazione da metalli in acquacoltura

I prodotti della pesca risultano più esposti alla contaminazione di queste molecole data l'immissione nell'ambiente acquatico da fonti naturali ed antropica. Differente è l'esposizione dei prodotti d'acquacoltura, che stando in ambienti delimitati, risultano maggiormente protetti da fonti inquinanti, e quindi riescono ad evitare queste contaminazioni. Per i molluschi allevati in aree costiere, quindi più esposti, intervengono specifiche normative che definiscono dei limiti di contaminazione (chimici, biologici) per tutelare la salute pubblica.

Per i sistemi di allevamento di pesce in mare, va considerato che l'assorbimento di questi metalli è limitato, poiché: 1) l'alimentazione dei pesci avviene attraverso il mangime, e quindi non attingendo alla catena alimentare naturale si riduce la fonte di assorbimento, particolarmente per il metilmercurio; 2) il Pb si localizza essenzialmente nei sedimenti e nel particolato, quindi i pesci nelle gabbie galleggianti hanno un'esposizione minore; 3) il Cd mostra una forte specificità per i Molluschi Bivalvi e i Gasteropodi. Le concentrazioni nei pesci sono risultate, da precedenti studi, al di sotto dei limiti e l'*intake* di cadmio per l'uomo assunto dal consumo di pesci è stimato intorno al 10% sul totale stabilito.

In acquacoltura deve essere considerato che una via di contaminazione da metalli può avvenire più facilmente attraverso i mangimi zootecnici.



PCB e diossine

I policlorobifenili (PCB) sono contaminanti ambientali ubiquitari. Nel passato per le loro caratteristiche chimiche, di stabilità e per essere poco infiammabili, sono stati ampiamente impiegati nei materiali elettrici (condensatori e trasformatori), nel settore delle materie plastiche e delle vernici. Proprio le caratteristiche chimiche di stabilità rendono questa classe di composti estremamente persistenti nell'ambiente e nei sistemi biologici. Sono considerati probabili cancerogeni per l'uomo. In processi di combustione i PCB rilasciano piccole quantità di diossine (PCDF). Sebbene non vengano da anni più prodotti ed utilizzati, risultano ancora ampiamente presenti nell'ambiente. Con il termine generico di diossine si intende un gruppo di composti aromatici alogenati appartenenti a due famiglie chimiche molto simili: 1) policlorodibenzodiossine (PCDD), composte da 75 sostanze; 2) policlorodibenzofurani (PCDF), composti da 135 sostanze. La loro presenza nell'ambiente è dovuta a processi di combustione quali l'incenerimento dei Rifiuti Solidi Urbani e dei rifiuti industriali e da processi industriali. Le caratteristiche chimiche delle diossine sono: 1) chimicamente e fisicamente molto stabili; 2) insolubili in acqua; 3) fortemente lipofile; 4) estremamente persistenti nell'ambiente. Tutti questi fattori favoriscono il potenziale tossicologico di queste molecole per l'uomo e gli animali. Composto particolarmente conosciuto sotto il profilo tossicologico è la TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina), che risulta teratogena, cancerogena e immunotossica. Inoltre ha effetti tossici nei processi riproduttivi e di sviluppo agendo come sregolatore endocrino. La diossina è considerata cancerogena per l'uomo.



Giovanili di Mugilidi catturati in natura vengono trasferiti in ambienti di allevamento.
Foto di S. Cataudella.



Dato l'alto numero di molecole costituenti questa classe di sostanze chimiche, ai fini della valutazione tossicologica, i PCDD e PCDF sono espressi attraverso l'analisi e la somma di 17 congeneri (-clorosostituiti), e per i PCB, 7 congeneri (diossina-simili). La sommatoria di valori rilevati, dopo calcoli con opportuni fattori di conversione viene espressa in equivalenti di tossicità: TE o TEQ.

La via di esposizione alle diossine per l'uomo è rappresentata quasi esclusivamente dalla dieta (> 90%).

Secondo lo studio del Comitato Scientifico dell'Alimentazione Umana della UE (SCF) (*Risk Assessment of Dioxin and Dioxin-like PCB in Food - 2000*), l'esposizione alla diossina attraverso la dieta proviene con una percentuale variabile da: prodotti ittici (11-63%), latte e prodotti caseari (16-39%), carni (6-32%). Il Comitato Scientifico UE ha indicato un PMTDI di 2 pg/kg-p.c./giorno (pico-grammo per kg di peso corporeo di una persona/giorno), abbastanza in accordo con il JECFA che indica 2.3 pg/kg-p.c./giorno. Questi rappresentano dei valori indicativi a cui tendere. Per quanto riguarda l'analisi dell'*intake* delle diossine nella popolazione dei paesi europei è valutata in 1.2 e 3.0 pg/kg-p.c./giorno. Ciò significa che almeno una parte della popolazione supera i limiti suggeriti, ma secondo il SCF ciò non deve essere considerato preoccupante poiché rientra ancora nei parametri di tollerabilità inclusi nel fattore di sicurezza, ma non per questo non devono esser fatti tutti gli sforzi per limitare al massimo l'*intake* delle diossine.

Considerazioni sulla contaminazione da PCB e diossine

Il punto critico di maggiore importanza è chiaramente costituito dai processi di lavorazione e composizione dei mangimi destinati ad animali da consumo. Negli ultimi anni in diversi paesi europei, alcune produzioni zootecniche di interesse alimentare sono state contaminate da questa classe di sostanze tossiche attraverso i mangimi. Produrre a bassi costi, con componenti di scarso, con processi tecnologici non idonei, espone prima gli animali e poi i consumatori a rischi inaccettabili. Gli allevatori, i piscicoltori, devono pretendere dai propri fornitori assicurazioni documentate che nei mangimi acquistati non siano presenti sostanze vietate o tossiche. La Dir. 1999/29/CE, relativa alle sostanze ed ai prodotti indesiderabili nell'alimentazione degli animali, stabilisce che le materie prime per mangimi possono essere messe in circolazione soltanto se sono di qualità sana, leale e mercantile.

Per quanto riguarda la contaminazione ambientale, gli organismi acquatici risultano maggiormente colpiti, date le caratteristiche fisico-chimiche delle diossine, e soprattutto i pesci della fascia costiera in prossimità di aree industriali.



Non sono stati fissati limiti per la contaminazione da diossina per i singoli prodotti e le singole derrate alimentari. La strategia che si vuol perseguire per limitare la contaminazione da PCB e diossine è di eliminare completamente le sorgenti (controllo dei processi di incenerimento, industriali, ecc.). Questo percorso è intrapreso già da diversi anni e sta dando ottimi risultati.

Farmaco veterinario

Data l'innegabile utilità dell'intervento farmacologico nelle produzioni animali, ma anche la valutazione che tali somministrazioni possono comportare la presenza di residui, e che la salute pubblica va tutelata, si è giunti alla definizione degli MRL, limiti massimi di residui di medicinali veterinari negli alimenti di origine animale. Il quadro normativo è il Reg. 2377/90/CEE che stabilisce che solo i farmaci per i quali sono stati definiti gli MRL possono essere impiegati in animali da reddito. Gli MRL rappresentano i massimi valori residuali del principio attivo privi di alcun rischio per il consumatore. Dopo la valutazione degli studi farmacologici, di efficacia, di sicurezza, di valutazione tossicologica, ecotossicologica, la determinazione del NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*) e quindi dell'ADI, e se gli studi hanno permesso di stabilire un MRL definitivo, la sostanza viene collocata in Allegato I Reg. 2377/90/CEE.

In Allegato II sono state collocate tutte le sostanze che non hanno bisogno di MRL poiché prive di tossicità o con blanda attività farmacologica (acqua ossigenata, iodofori). In Allegato III le sostanze sotto parere e in Allegato IV sostanze che per i loro effetti tossici non possono essere impiegate come farmaci in animali da reddito (cloramfenicolo, furanici). In Tab. III e IV sono riportati i farmaci e disinfettanti autorizzati in acquacoltura.

Il piscicoltore non può acquistare, detenere (a parte casi particolari e su autorizzazione), somministrare farmaci senza l'autorizzazione del veterinario della ASL cui ricade la responsabilità dell'impianto. L'autorizzazione avviene attraverso l'emissione di apposita ricetta, dopo aver verificato l'effettiva necessità dell'intervento terapeutico. La somministrazione va effettuata secondo le modalità previste (concentrazioni, tempi) e osservando scrupolosamente i tempi di sospensione, cioè l'intervallo di tempo tra l'ultima dose e l'eventuale commercializzazione, proprio per evitare problemi di residui non consentiti. Altri percorsi o procedure differenti da quelle sopra descritte non sono permessi.

Per l'impiego delle sostanze ad azione disinfettante (Allegato II) non è richiesta la procedura amministrativa con la ASL, però è bene rammentare che



alcune di queste possono essere impiegate solo in assenza di pesci. In caso contrario verrebbero assimilate al farmaco veterinario, e si dovrebbe procedere a richieste di autorizzazione come per una sostanza farmacologicamente attiva. Altre sostanze, principi attivi, che non sono registrate e collocate negli All. I e II, secondo il Reg.2377/90, non possono essere utilizzate su animali da reddito.

Tab. III - Farmaci veterinari autorizzati per l'impiego in acquacoltura. (Reg. CE n. 2377/90 e successivi emendamenti).

Sostanze farmacologicamente attive	MRL	Tessuto
Tetraciclina	100 µg/kg	Muscolo + pelle adesa
Ossitetraciclina	100 µg/kg	Muscolo + pelle adesa
Clortetraciclina	100 µg/kg	Muscolo + pelle adesa
Amoxicillina	50 µg/kg	Muscolo + pelle adesa
Flumequina	600 µg/kg	Muscolo + pelle adesa
Florfenicolo	1.000 µg/kg	Muscolo + pelle adesa
Trimetoprim	50 µg/kg	Muscolo + pelle adesa
Teflubenzuron	500 µg/kg	Muscolo + pelle adesa
Sarafloxacin	30 µg/kg	Muscolo + pelle adesa

Tab. IV - Disinfettanti-disinfestanti. (Sostanze che non hanno bisogno di MRL)

Azametifos
Acqua ossigenata
Acido peracetico
Ammonio quaternario (composti)
Cloramina
Cloruro di sodio
Formaldeide
Glutaraldeide
Iodofori
Sodio ipoclorito

2.9.3 Sorveglianza veterinaria

Le attività di acquacoltura rientrano da sempre nell'ambito di controllo e sorveglianza dei Servizi Veterinari delle ASL territorialmente competenti. Il veterinario del servizio pubblico svolge con continuità l'attività di controllo e vigilanza presso gli stabilimenti di allevamento di pesce, verificando lo stato sanitario degli animali, la provenienza dei mangimi e regola l'eventuale somministrazione di farmaci veterinari. Può effettuare prelievi per controlli organolettici, parassitologici, chimici e microbiologici. Può avvalersi della collaborazione degli Istituti Zooprofilattici Sperimentali.

Quando il prodotto ittico raggiunge la taglia commerciale e viene pescato per essere avviato alla distribuzione, il veterinario ispettore è presente a queste



operazioni, verifica lo stato sanitario del pesce e, se non vengono rilevati elementi diagnostici negativi, rilascia l'apposito certificato sanitario del lotto ispezionato, autorizzandone l'avvio alla commercializzazione per il consumo umano.

I prodotti ittici che escono dall'impianto e sono indirizzati alla trasformazione vengono nuovamente ispezionati dal veterinario pubblico responsabile del controllo dell'azienda di lavorazione del pesce. Se i prodotti freschi vanno al mercato di consumo, dove sono acquistati da commercianti per la vendita al dettaglio, c'è sempre la figura dell'ispettore che verifica lo stato del prodotto. Per quanto riguarda i prodotti provenienti dai paesi UE, i controlli ricadono nell'attività degli UVAC (Uffici Veterinari per gli Adempimenti Comunitari), che verificano la documentazione di accompagnamento stilati dai servizi sanitari del paese membro. Se provenienti da paesi terzi, sono i PIF (Posti di Ispezione di Frontiera) deputati all'ispezione, che si svolge attraverso controlli della documentazione, delle merci ed effettua prelievi per analisi di laboratorio.

Per verificare la presenza di sostanze vietate o non autorizzate o il superamento dei limiti fissati (MRL) di sostanze autorizzate (D.Lgs. n.336, 4 agosto 1999), viene svolto un controllo annuale a livello nazionale per la ricerca dei residui negli alimenti di origine animale, e loro prodotti. Il Piano Nazionale Residui è elaborato annualmente dal ministero della Salute, in collaborazione con le Regioni e l'Istituto Superiore di Sanità. Sui prodotti d'acquacoltura vengono ricercate sostanze quali: beta-agonisti, DES, cloramfenicolo, verde malachite, chinolonici, ampicillina, sulfamidici, tetraciline e PCB (diossina simile).

2.9.4 Norme sanitarie

Gli aspetti sanitari dei prodotti d'acquacoltura, e della pesca, sono chiaramente regolati dal:

- 1) D.Lgs n. 530/92 "Attuazione Dir 91/492/CEE che stabilisce le norme sanitarie applicabili alla produzione e commercializzazione dei molluschi bivalvi vivi" (modificato ed integrato da D.M. del 31/7/95; Legge n. 490 del 20/11/95; D.Lgs. n. 249 del 15/3/96; D.M. 14/10/98);
- 2) D.Lgs n. 531/92 "Attuazione Dir 91/493/CEE che stabilisce le norme sanitarie applicabili alla produzione e commercializzazione dei prodotti della pesca" (modificato ed integrato dal D.Lgs. n. 524 del 26/10/95; D.M. 31/12/96);
- 3) D.P.R. n. 555/92 "Attuazione Dir 91/67/CEE che stabilisce norme di polizia sanitaria per i prodotti dell'acquacoltura" (modificato da D.M. del 29/1/97; D.P.R. n. 263 del 3/7/97).



Autocontrollo (HACCP) in acquacoltura

Il D.Lgs 531/92 è stato uno dei primi regolamenti di tipo verticale (specifico per un settore merceologico) ad introdurre il famoso concetto dell'autocontrollo, secondo il quale le persone responsabili dello stabilimento e delle navi officina procedono ad effettuare controlli in tutte le fasi della produzione dei prodotti della pesca basati sull'identificazione dei punti critici (HACCP).

Il D.Lgs n.155 del 26 maggio 1997 "Attuazione Dir. 93/43/CEE e 96/3/CEE concernenti l'igiene dei prodotti alimentari" è la normativa cosiddetta orizzontale rivolta cioè a tutti i segmenti del mondo alimentare. Tutti i soggetti coinvolti nelle fasi di preparazione, trasformazione, fabbricazione, confezionamento, deposito, trasporto, distribuzione, manipolazione, vendita e somministrazione al consumatore, sono coinvolti e responsabili a garantire la sicurezza degli alimenti attraverso l'applicazione obbligatoria dell'autocontrollo. Le aziende di lavorazione e trasformazione, non solo sono responsabili del prodotto finale, ma anche nel controllo delle materie prime.

Per questo motivo sui prodotti d'acquacoltura risulterebbe particolarmente indicato applicare il sistema di individuazione ed anticipazione dei rischi. Un ulteriore approccio in questa direzione è percorribile attraverso le Buone Pratiche di Produzione e le linee guida del Codice di condotta per l'acquacoltura (FEAP). Successivamente, le fasi di cattura, di manipolazione, di incasamento, di stoccaggio, di trasporto, richiedono la definizione di piani di autocontrollo molto rigidi. Fondamentale, l'adeguata formazione ed il coinvolgimento di tutto il personale.

2.9.5 Considerazioni conclusive

Gli aspetti igienico-sanitari in acquacoltura presentano:

punti di debolezza:

- Contaminazione da tossine algali per i Molluschi Bivalvi ed esposizione a possibili ed imprevedibili altre contaminazioni (sversamenti di sostanze chimiche o biologiche, accidentali o intenzionali). Difficile previsione e gestione di questi fenomeni. Difficile valutazione del rischio per le biotossine algali.
- I mangimi zootecnici costituiscono il punto più critico di tutta la filiera. I piscicoltori devono prendere tutte le misure atte al controllo diretto e indiretto per verificare la rispondenza delle caratteristiche compositive richieste, l'assenza di sostanze proibite o tossiche (PCB, diossine), l'osservanza dei dispositivi normativi nazionali o comunitari.



- Il complessivo peggioramento delle acque (anche di falda) non facilita le attività di acquacoltura.

Punti di forza:

- Il comparto gode di una normativa sugli aspetti igienico-sanitari ampia e dettagliata.
- Le aziende e le loro produzioni ricadono nell'ambito dei controlli ispettivi dei servizi veterinari pubblici, garanzia per i consumatori.
- Possibilità di controllare in ogni fase del percorso produttivo tutti i parametri fisico-chimici, microbiologici delle acque e del pesce, quindi di individuare il rischio ed eliminarlo.
- Fornire prodotti di massima freschezza e con regolarità.
- Modificare le condizioni di allevamento tese al benessere animale (densità/m³).

Obiettivi da perseguire:

- Produzione di sostanze immunizzanti efficaci, di semplice uso ed a costi accettabili, in sostituzione dei farmaci.
- Migliorare quei processi tecnologici di lavorazione e trasformazione, soprattutto quelli a bassa tecnologia o artigianali (fresco sottovuoto, fresco in vaschette, preparazioni gastronomiche confezionate) che possono costituire un punto ad alto rischio igienico sanitario. Preparazione di personale competente dei processi igienico-tecnologici applicati agli alimenti ittici.
- Comunicazione ai consumatori: trasmettere per tempo, e non solo nelle emergenze o con spot commerciali, ciò che si produce, come si produce, quali garanzie igienico-sanitarie e qualitative si offrono.



Bibliografia

- Botana Luis M. (2000). *Seafood and Freshwater Toxins*. Marcel Dekker Ed., N.Y. Basel.
- Davies A.R., Capell C., Jehanno D., Nychas G.J.E., Kirby R.M. (2001). *Incidence of foodborne pathogens on European fish*. Food Control, 12: 67-71.
- EMEA (2000). *MRL assessments in the EU in the context of Council Regulation (EEC) No 2377/90*. Doc.Ref: EMEA/20851/00. Draft Vol. 8, Notice to applicants Veterinary medicinal products, (17 July 2000) London.
- European Commission (2000). *Assessment of dietary intake of dioxins and related PCBs by the population of EU Member States*. Reports on tasks for scientific cooperation, (7 June 2000).
- Guandalini E., Ioppolo A. (1997). *Inquinamento ambientale e qualità dei prodotti ittici: contaminazione microbica, contaminazione da elementi tossici ed effetto sul sistema immunitario dei pesci*. Rapporto Istisan, 97/17: 69-78.
- Guandalini E., Draisci R., Macrì A., Cecilia A.M., Mantovani A. (1998). *Quale futuro per il verde malachite in acquacoltura? Analisi dei dati esistenti, dei quesiti ancora aperti e metodo di analisi*. Rivista Italiana di Acquacoltura, 33: 99-120.
- Haystead T.A.J., Sim A.T.R., Carling D., Honnor R.C., Tsukitani Y., Cohen P. (1989). *Effects of the tumor promoter okadaic acid on intracellular protein phosphorylation and metabolism*. Nature, 337: 78-81.
- Huss H.H. (1994). *Assurance of seafood quality*. FAO Fisheries Technical Paper n.334, Rome, FAO.
- Huss H.H. (1997). *Control of indigenous pathogenic bacteria in seafood*. Food Control, 8: 91-98.
- Terao K., Ito E., Orada M., Murata M., Yasumoto T. (1990). *Histopathological studies on experimental marine toxin poisoning*. 5. Toxicon, 28:1095-1104.
- UNEP (1996). *State of the marine and coastal environmental in the Mediterranean region*. MAP Technical Report Series n. 100 - Athens.
- WHO (1995). *Health Risks from Marine Pollution in the Mediterranean. Part.II: Review of Hazards and Health Risks*. Document EUR/ICP/EHAZ 94 01/MT01.
- WHO (1998) European Centre for Environment and Health International Programme on Chemical Safety. *Assessment of the risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI)*. May 25-29 1998, Geneva.
- Yasumoto T., Murata M., Oshima J., Sanu M., Matsumoto G.K., Clardy J. (1985). *Diarrhetic Shellfish Poisoning*. Tetrahedron, 41: 1019-1025.



Riferimenti al CCPR

L'igiene dei prodotti di acquacoltura è certamente un argomento strategico e rilevante nello sviluppo di una acquacoltura responsabile verso i consumatori. In alcuni Paesi le garanzie igieniche sono molto scarse, in alcuni casi per la qualità degradata degli ambienti di allevamento, in altri a causa della mancanza di equipaggiamenti utili a garantire la conservabilità delle produzioni, dalla raccolta al mercato.

Arrivare a dare un minimo accettabile di garanzie per tutti è un obiettivo rilevante del CCPR, specialmente con riferimento alle aree povere del globo.

Senza condizioni igieniche che garantiscano la sicurezza dei prodotti di acquacoltura, appare vano lo sforzo di incentivare le produzioni, in quanto gli svantaggi della crescita produttiva potrebbero rivelarsi superiori ai vantaggi, in condizioni igieniche troppo precarie.

Molti dei riferimenti al CCPR, per quanto riguarda questo capitolo, sono gli stessi fatti per il capitolo su acquacoltura e nutrizione umana. Il CCPR tratta, giustamente, nello stessa categoria igiene e nutrizione, dati i legami stretti tra questi due soggetti, soprattutto se riferiti alle aree del globo in cui malnutrizione e mancanza di igiene sono di fatto le facce di una stessa medaglia, o almeno i sintomi più evidenti del fallimento delle politiche alimentari. Come già sottolineato, l'articolo 11 del CCPR considera in più punti l'aspetto igienico. Nell'art. 12, relativo alla ricerca in pesca, al 12.8 viene raccomandata la ricerca finalizzata a garantire la sicurezza da rischi di impatti negativi sulla salute umana attraverso il consumo di prodotti ittici, compresi quelli da acquacoltura.

Una considerazione riguarda la serie di barriere che l'igiene dei prodotti può generare tra mercati. È ormai a tutti noto che i Paesi che non possono adeguarsi agli standard di igiene richiesti, che sono giustamente severi e ricchi di precauzioni, hanno difficoltà di esportazione verso i mercati più ricchi, che coincidono, generalmente, con quelli più sicuri.

Ad esempio, nel Mediterraneo, i rischi connessi alla presenza di tossine algali, e non solo, rende impossibile l'esportazione di molluschi da parte di alcuni Paesi verso quelli dell'Unione Europea.

Per superare queste barriere è importante, come sottolineato al 12.8 del CCPR, che si sviluppino ricerche e monitoraggi sull'igiene delle derrate alimentari di origine acquatica, proprio per evitare effetti indesiderati sui consumatori.



2.10 PATOLOGIE IN ACQUACOLTURA

M. Galeotti, D. Volpatti, D. Berton, P. Beraldo, B. Contessi, L. Gusmani

2.10.1 Il processo infiammatorio nei pesci

Il **processo infiammatorio** rappresenta una risposta protettiva al danneggiamento del tessuto, provocato dalla penetrazione di un agente eziologico o da eventi traumatici. Esso comporta un reclutamento sequenziale di componenti del sistema immunitario e gli eventi che lo caratterizzano sono: 1) vasodilatazione ed aumento della permeabilità vascolare in corrispondenza del sito tissutale aggredito; 2) migrazione dei leucociti, rimozione dell'agente flogogeno e dei detriti cellulari; 3) riparazione del tessuto.

Nell'**infiammazione acuta**, entro le prime 6 ore si assiste a vasodilatazione e aumento della permeabilità vascolare che portano a fenomeni di edema e congestione evidenziabili nelle branchie in seguito a contatto con agenti fisici o chimici. In seguito si osserva un aumento dei granulociti neutrofili e dei monociti nel sangue e nei tessuti. La risposta cellulare è tipicamente bifasica: la neutrofilia e la migrazione di tali cellule ai tessuti precedono l'avvento dei monociti-macrofagi. L'attività enzimatica di queste cellule risulta intensificata, mentre l'attività fagocitaria di neutrofili e macrofagi risulta massima a 3-4 giorni dall'inizio del reclutamento, e successivamente decade per la lisi dei fagociti.

Un tipo di infiammazione particolarmente frequente nei pesci è quella emorragica. In questo caso si osservano emorragie diffuse a causa dell'azione tossica di batteri e virus che producono danni ai vasi. Lesioni infiammatorie emorragiche sono di comune riscontro nella foruncolosi dei Salmonidi (*Aeromonas salmonicida*), nella vibriosi, e in alcune malattie virali: setticemia emorragica virale, necrosi ematopoietica infettiva, viremia primaverile della carpa. In seguito ai fenomeni essudativi si verifica la **riparazione del tessuto** danneggiato, particolarmente evidente nel caso della cute e del muscolo. Nei pesci la mancanza di integrità di tali tessuti può facilmente provocare alterazioni osmotiche e insorgenza di infezioni secondarie; per tale motivo gli eventi riparativi risultano più rapidi ed efficienti che nei mammiferi. L'eventuale persistenza dell'agente scatenante può originare un **processo infiammatorio cronico**, caratterizzato istologicamente da incistamenti o lesioni di tipo granulomatoso, nelle quali si assiste all'accumulo, intorno alla lesione, di fibroblasti, linfociti, macrofagi, granulociti eosinofili. I macrofagi possono, come avviene nei mammiferi, trasformarsi in cellule epitelioidi e cellule

giganti multinucleate. Esempi di malattie caratterizzate da infiammazione cronica granulomatosa sono: *bacterial kidney disease* (*Renibacterium salmoninarum*); pasteurellosi (*Photobacterium damsela* subsp. *piscicida*); micobatteriosi (*Mycobacterium* spp.)

L'evoluzione dei processi sopra descritti è controllata da vari **mediatori chimici**, ossia sostanze che agiscono sulla permeabilità vascolare e sulla mobilità delle cellule infiammatorie. Nei pesci è stata descritta la presenza di molecole proteiche con funzioni assimilabili a quelle del complemento; inoltre è stata osservata la produzione di sostanze solubili assimilabili alle citochine.

2.10.2 Il sistema immunitario dei pesci

Negli ultimi anni è stato dimostrato un crescente interesse, da parte dei ricercatori, per lo studio della morfologia e fisiologia del sistema immunitario dei pesci ossei. Tale fenomeno, che ha seguito la rapida espansione dell'attività di allevamento dei Salmonidi e delle specie ittiche marine, ha fornito informazioni utili per il controllo e la prevenzione delle malattie.

I sistemi di protezione immunitaria di cui i pesci dispongono sono primariamente non-specifici o innati. Se il patogeno penetra con successo attraverso questa prima linea di difesa, intervengono sequenzialmente meccanismi immunologici sia naturali che acquisiti (specifici), questi ultimi basati sul riconoscimento di sostanze estranee all'organismo (antigeni).

Gli organi linfatici

Nei vertebrati superiori le cellule staminali del tessuto emopoietico, che costituiscono il parenchima degli organi linfatici, sono localizzate nel midollo osseo. I pesci non presentano midollo osseo e analoga funzione è svolta dal **rene anteriore** o rene emopoietico. Esso contiene diverse popolazioni leucocitarie in forma matura (linfociti, cellule producenti anticorpi, granulociti, monociti-macrofagi) e loro precursori. Sono inoltre presenti numerose cellule contenenti pigmenti, i melano-macrofagi, riunite in aggregati chiamati centri melano-macrofagici (CMM).

Il **timo** dei pesci ossei è un organo pari e risulta composto prevalentemente da linfociti in fase di rapida moltiplicazione e differenziazione. Alcuni si identificano come cellule producenti anticorpi, probabilmente derivanti dal pool ematico. Tale organo regredisce con l'avanzare dell'età ed è la principale fonte di linfociti T, che da questa sede migrano agli altri organi linfatici (rene anteriore, milza).





La **milza** è l'ultimo organo emopoietico a svilupparsi nel corso dell'ontogenesi. Essa contiene linfociti, cellule producenti anticorpi, centri melanomacrofagici e macrofagi, disposti attorno ai capillari elissoidi. Queste cellule sono coinvolte nel fenomeno della fagocitosi e cattura degli antigeni (*antigen-trapping*).

I pesci presentano, come i mammiferi, un **tessuto linfatico associato all'intestino**. Si tratta di aggregati linfatici relativamente poco organizzati, localizzati nella sottomucosa intestinale, composti da linfociti, macrofagi, granulociti, cellule granulari eosinofile.

Esse hanno la funzione di catturare gli antigeni che sono penetrati attraverso l'apparato digerente e processarli per il riconoscimento da parte del sistema immunitario, possono inoltre produrre immunoglobuline in grado di neutralizzare tossine batteriche e virali. Anche la mucosa branchiale e la cute presentano alcune cellule dotate di attività fagocitaria, pertanto esse vengono considerate come componenti del **tessuto linfatico associato alla cute ed alle mucose**.

Difesa immunitaria aspecifica

Mediante analisi biologiche, è stata dimostrata l'esistenza, anche nei pesci, di **fattori umorali di difesa aspecifica**, quali il lisozima ed il complemento. Il **lisozima** è un enzima con attività idrolitica, in grado di attaccare strutture della parete dei batteri Gram negativi, di idrolizzare la chitina della parete delle cellule fungine. È stato riscontrato nel siero, nel muco, in molti organi come il rene, il tratto digerente, la milza e le branchie. Il livello di lisozima prodotto è in relazione al periodo stagionale, al sesso, allo stadio di maturità sessuale, alla stimolazione antigenica e ad eventi stressanti. Il **complemento** è un sistema che assicura protezione contro infezioni sostenute da vari microorganismi. Risulta composto da circa 20 glicoproteine sieriche, la cui funzione è quella di provocare la lisi cellulare, attivare fagociti ed effettuare l'opsonizzazione. Nei pesci è più sensibile al calore rispetto ai mammiferi, essendo inattivato a 45°C. Sono presenti tutte e tre le vie di attivazione del sistema del complemento: la via alternativa, la via classica e la via lectinica. Tali meccanismi sono stati studiati in varie specie ittiche, particolarmente nella carpa, nei Salmonidi e negli Sparidi.

Per quanto riguarda l'**immunità cellulare aspecifica**, le cellule principalmente coinvolte sono, come nei mammiferi, i monociti/macrofagi e i granulociti neutrofili. Essi esplicano attività di fagocitosi ed uccisione nei confronti di agenti eziologici, senza realizzare un riconoscimento specifico degli stessi.



Sono inoltre state descritte cellule simili alle *natural killer* (NK) dei mammiferi, denominate "**cellule citotossiche non specifiche**" (NCC), attive nell'eliminazione di cellule infettate da virus e cellule parassitarie.

I **macrofagi** si trovano in molti tessuti, ma in particolare nel rene e nella milza. I **monociti** sono i loro precursori circolanti. Queste cellule sono mononucleate, esterasi non-specifica positive e perossidasi negative, spesso presentano melanosomi contenenti melanina e in tal caso vengono definite melano-macrofagi. Agiscono come cellule accessorie nelle risposte mediate dai linfociti, cioè intervengono nella presentazione degli antigeni. Inoltre hanno attività fagocitaria e possono secernere radicali liberi dell'ossigeno e dell'azoto, in grado di uccidere una varietà di patogeni (batteri, larve di elminti). Poco si conosce riguardo i recettori di membrana, è evidente però che possiedono i recettori per la porzione Fc anticorpale, i recettori del complemento, ed esprimono sulla superficie cellulare antigeni di istocompatibilità (MHC classe II).

I **granulociti neutrofili** si trovano nel rene, nella milza e nel sangue. Presentano le seguenti attività enzimatiche: fosfatasi acida, cloroacetato esterasi, perossidasi, fosfatasi alcalina, lisozima. Sono cellule altamente mobili e producono specie reattive dell'ossigeno, tuttavia la loro attività battericida è scarsa se comparata con quella dei macrofagi. In alcune specie, come nei Salmonidi, i neutrofili sono cellule polimorfonucleate.

Nell'immunità cellulare aspecifica delle specie ittiche, un altro gruppo di cellule riveste un ruolo rilevante, esse sono state definite **cellule granulari eosinofiliche** (ECGs). Queste cellule si trovano nell'intestino, nelle branchie, nella lamina propria della cute, nelle meningi e attorno ai grandi vasi sanguigni. I granuli citoplasmatici contengono fosfolipidi e mucopolisaccaridi e sono positivi alla fosfatasi alcalina e all'arilsulfatasi. Funzionalmente le ECGs hanno la capacità di endocitare proteine estranee e di degradarle attraverso la via della catepsina D. Vari autori, in base ad alcune caratteristiche citochimiche e morfologiche, le hanno paragonate ai mastociti dei Mammiferi, quindi hanno supposto un loro intervento in reazioni di tipo allergico.

Difesa immunitaria specifica

Dal punto di vista dell'**immunità umorale specifica** i Teleostei appaiono filogeneticamente primitivi se confrontati ai vertebrati di classi superiori. È stata infatti identificata solo una classe di **immunoglobuline** o anticorpi, definiti IgM. Si tratta di strutture tetrameriche, formate cioè da 4 sub-unità di natura glicoproteica, ciascuna comprensiva di 2 catene leggere (L) e 2



catene pesanti (H). Le immunoglobuline sono molecole prodotte dalle plasmacellule (cellule produttrici anticorpi), in grado di legare in maniera altamente specifica le sostanze estranee penetrate nell'organismo del pesce, contribuendo alla loro eliminazione mediante meccanismi umorali e cellulari. Le IgM sono presenti in molti fluidi tissutali (plasma, linfa, bile, muco cutaneo e intestinale). Nel plasma esse rappresentano il 40-50% delle proteine totali. Nei pesci è stata dimostrata la produzione di anticorpi agglutinanti contro antigeni particolari come tossine batteriche, virus ed eritrociti estranei; inoltre le immunoglobuline di pesce possono attivare il complemento.

Le **cellule responsabili dell'immunità specifica**, i **linfociti**, si trovano negli organi linfoidi, nel sangue e in alcuni tessuti. I Teleostei possiedono popolazioni linfocitarie analoghe per molti aspetti ai linfociti T e B dei Mammiferi. L'identificazione e purificazione di queste popolazioni è stata recentemente ottenuta in varie specie ittiche utilizzando anticorpi monoclonali che riconoscono le immunoglobuline espresse dalle cellule B, oppure marcatori di membrana espressi dalle cellule T.

Nei pesci, l'ipersensibilità ritardata, nell'ambito dell'immunità cellulo-mediata, è attiva negli ultimi stadi delle malattie granulomatoze. I Teleostei, inoltre, mostrano un'immunità da omotraspianto ben sviluppata. Per quanto riguarda le molecole omologhe agli antigeni del Complesso Maggiore di Istocompatibilità (MHC) dei mammiferi, la carpa sembra possedere molecole di membrana omologhe alle catene α degli MHC di classe I e alle catene β degli MHC di classe II. Anche nei Teleostei l'attivazione di popolazioni linfatiche è mediata dall'intervento di sostanze chimiche simili alle citochine dei Mammiferi. Infatti è stata osservata la liberazione da parte dei monociti di una molecola simile all'interleuchina-1, da parte dei linfociti di una molecola che presenta forte analogia con l'interleuchina-2. Dai leucociti di trota iridea, stimolati con concanavalina A, si è evidenziata la produzione di IL-1a, IL-3 e IL-6. Sono stati identificati fattori di crescita (TCGF, *T Cell Growth Factor*), in grado di indurre la proliferazione di linfoblasti T, nel surnatante di colture di linfociti T attivati di pesce. Nei macrofagi dei pesci ossei è stata individuata attività IL-1 like e fattori simili all'interferone con funzione attivante macrofagica e antivirale.



2.10.3 Il benessere del pesce allevato e le condizioni che provocano stress

Il concetto di stress

Tutti gli organismi animali nel corso dell'evoluzione si sono adattati a vivere in ambienti ed ecosistemi che meglio si confacevano al loro stato. Questo significa che, in condizioni costanti, dall'ambiente esterno gli animali ricevono il minor numero di sollecitazioni o perturbazioni possibili. Il tutto deriva dalla necessità degli animali di mantenere costanti le funzioni organiche principali: temperatura corporea, pressione sanguigna, respirazione, funzioni digestive, di mantenere cioè una condizione di omeostasi. Ogni qualvolta un organismo si allontana da queste condizioni, che possiamo definire ottimali, subisce delle sollecitazioni dai mutati fattori ambientali che tendono a far variare la sua normale condizione fisiologica, la sua omeostasi. A questi tentativi di variazione dell'omeostasi l'organismo risponde inconsciamente mettendo in atto una serie di meccanismi che tentano di contrastare l'azione di perturbazione, ma che fondamentalmente permettono all'animale di sopportare le variazioni. L'animale cerca di adattarsi. Questa condizione di perturbazione della omeostasi e di tentativo di risposta che l'organismo innesca è stata definita da Seily "stress".

Lo stress è quindi il risultato non specifico di qualsiasi richiesta abnorme rivolta all'organismo. Gli agenti stressanti sono i fattori che ne inducono la comparsa e possono essere fisiologici, ambientali e psichici.

Agenti stressanti ambientali sono, per esempio, l'esposizione prolungata al caldo o al freddo, le radiazioni, l'inquinamento atmosferico e delle acque, i vari agenti chimici. Agenti stressanti psicologici sono l'intensa competitività tra componenti dello stesso gruppo (la competitività tra membri della stessa specie, la territorialità o l'incontro con predatori), l'impatto con condizioni nuove o avverse.

Come si oppone allo stress l'organismo?

La reazione che l'organismo riesce a mettere in atto consente di superare lo stress con l'instaurarsi di una nuova condizione omeostatica, diversa da quella originaria. Questo concetto viene concretizzato nella cosiddetta **sindrome generale di adattamento**. Questa si svolge in tre fasi: una prima fase di allarme, una seconda di resistenza e una terza di esaurimento. La prima fase inizia non appena l'organismo è esposto ad una stimolazione abnorme, che



può essere rappresentata dall'esposizione al caldo o al freddo, o da traumi di vario tipo, da avvelenamenti, da processi infettivi di varia natura. In questa prima fase inizialmente l'animale subisce la nuova condizione in modo passivo, con una generale depressione delle funzioni organiche. Subito dopo si innescano fenomeni attivi, definiti di controshock, che si attuano con iperfunzione della corticale del surrene, cioè con iperproduzione di ormoni glucocorticoidi e mineralcorticoidi. Nella seconda fase, si instaura una condizione di resistenza all'originario agente stressante (che continua a persistere) destinata ad aumentare con il tempo mentre contemporaneamente si riduce la resistenza ad altri agenti stressanti. La terza fase, detta fase di esaurimento, si verifica solo nel caso in cui lo stimolo stressante perduri nel tempo ed è caratterizzata da una progressiva riduzione della capacità di resistenza a tutti gli agenti stressanti.

Questo implica che la c.d. sindrome di adattamento ha in realtà una fase iniziale in cui possiamo definire la risposta all'agente stressante, come fisiologica o positiva, in quanto cerca di mantenere immutate le condizioni organiche e lo stato di benessere dell'animale. Per ogni parametro fisiologico esiste un *range* di tolleranza verso gli stimoli ambientali, dentro i quali ogni animale è in grado di regolare detti parametri. Con il perdurare delle condizioni di stimolo (fattori stressanti), questa condizione viene superata, inizia una fase di resistenza a ulteriori cambiamenti, si passa alla vera e propria sindrome di adattamento, cioè allo stress patologico, in cui le sostanze che l'organismo è costretto a produrre per contrapporsi all'azione degli agenti stressanti, comportano delle modificazioni organiche che pongono l'animale in una condizione di malessere, di comparsa di disfunzioni, di minore resistenza alle malattie. Se i cambiamenti ambientali persistono, i limiti di resistenza vengono superati e l'animale muore.

Tutto questo può accadere in acquacoltura, quando si mantengono i pesci in condizioni di eccessiva densità, con ricambi idrici non adeguati, ma può accadere anche quando le condizioni dell'acqua non sono ottimali, oppure quando i pesci vengono spaventati o eccessivamente manipolati. Tutti fattori di disturbo che sono molto lontani dal concetto di benessere e che predispongono all'insorgenza di vere e proprie patologie.

Cosa accade nell'organismo del pesce durante la condizione di resistenza all'agente stressante e in stati di scarso benessere? Il pesce si difende aumentando la liberazione di certi ormoni, come l'aldosterone, che induce la comparsa di uno stato ipertensivo, e di glicocorticoidi, liberati dalla corticosurrenale, che favoriscono i processi di neoglicogenesi (trasformazione di grassi e proteine in zuccheri) con conseguente iperglicemia, diminuzione della



resistenza alle infezioni per ridotta anticorpopoiesi, linfocitopenia, eosinofilo-
penia. Questo significa abbassamento delle difese immunitarie e quindi
minore resistenza alle malattie.

Come possiamo quantificare lo stress?

Lo studio della fisiologia dello stress è inficiato dalla imprecisa quantificazio-
ne dell'impatto biologico di un dato agente stressante e dall'impossibilità di
misurare l'impatto relativo di differenti agenti stressanti. L'intensità dell'im-
patto di un agente stressante su un animale è generalmente basato su dati
intuitivi, piuttosto che su misurazioni scientifiche. Tra le diverse specie di
pesci esiste una sensibile differenza a livello di risposta ad uno specifico
agente stressante. Inoltre il livello di risposta, anche nell'ambito della stessa
specie, può variare con la stagione e lo stadio di sviluppo. Per esempio, alcu-
ne risposte hanno un ovvio valore adattativo, come l'evidente incremento
della concentrazione di glucosio plasmatico che segue la manipolazione o la
cattura.

Purtroppo il valore biologico di altre risposte fisiologiche del pesce sottopo-
sto ad eventi stressanti non è sempre ben evidente. A dispetto della contro-
versia esistente attorno al concetto di stress, non ci sono dubbi sul fatto che
in acquacoltura, alcune pratiche comunemente utilizzate nell'allevamento
sono riconosciute come agenti stressanti che hanno effetto limitante o dan-
noso sulla crescita, la riproduzione e la salute del pesce, e questo incide sul
benessere del pesce e sui costi di produzione.

Nella ricerca di elementi che permettono di quantificare lo stato di stress, un
posto di rilievo è assunto dalla valutazione del sistema neuroendocrino. Da
un lato perché questo sistema è indubbiamente il più coinvolto nello stato di
stress, ma soprattutto perché è possibile misurare i cambiamenti della secre-
zione di ormoni, e la seguente risposta metabolica a questi ormoni. Per que-
sto si può valutare il livello plasmatico di catecolamine e di cortosteroidi.

Metodi diagnostici utilizzati per individuare lo stato di stress

Per una valutazione diagnostica dello stato di stress sono stati utilizzati di
volta in volta la quantificazione delle catecolamine, di alcuni corticosteroidi,
del glucosio ematico e di altre sostanze. La variazione di catecolamine pla-
smatiche è raramente utilizzata perché l'ormone è relativamente difficile da
misurare, richiede tecniche cromatografiche ed è costoso; la valutazione degli
ormoni corticosteroidi (i livelli di cortisolo plasmatici sono relativamente più



semplici da misurare, perché si usano kit commerciali) offre il vantaggio di differenziare facilmente i bassi livelli di cortisolo plasmatici in pesci non stressati, rispetto agli alti livelli post-stress, che sono 10-100 volte più elevati dei valori basali. È opportuno comunque considerare che un alto livello di ormoni corticosteroidi nel sangue (tra questi il cortisolo) non è generalmente da considerare come indicativo di uno stato di stress nel pesce. Infatti, mentre è vero che certe condizioni stressanti nel pesce elevano i livelli di cortisolo plasmatico, presumibilmente come fenomeno adattativo iniziale, alcune condizioni croniche debilitanti, che possono anche esitare nella morte del pesce, non determinano una variazione del cortisolo plasmatico. Esistono inoltre delle variazioni legate alla fase di vita del pesce, alla taglia e ci sono sensibili variazioni interspecifiche. È opportuno, quindi, prima di conferire importanza ad un dato di cortisolemia, conoscere bene gli andamenti fisiologici di cortisolo di una data specie ittica.

È stato utilizzato come indicatore di stress anche il livello ematico di glucosio (facile da misurare, non costoso) e considerato anche come indicatore della risposta alla fase secondaria dello stress nel pesce. Dato che questo incremento risulta, in parte, dalla gluconeogenesi indotta dal cortisolo, i cambiamenti di glucosio ematico sono stati talvolta utilizzati come indicatori di una alterata secrezione di cortisolo.

Dopo l'azione di agenti stressanti, nel muscolo e nel plasma aumenta il livello di lattato e diminuisce il pH ematico - risposte associate alla liberazione di catecolamine. Altri metodi facilmente utilizzabili per indagini di campo possono essere:

- valore ematocrito;
- concentrazione plasmatica di cloruri e sodio;
- indici di condizione fisica (indici di crescita e indici organosomatici).

Stress e aumentata suscettibilità alle malattie

I fattori di stress che comunemente si possono incontrare nell'acquacoltura intensiva come manipolazione, pulizia, sovraffollamento, trasporto e confinamento, influiscono sul sistema immunitario riducendone, anche in modo sensibile la funzionalità, tanto da rendere i pesci meno resistenti alle infezioni. Esiste una ben documentata associazione tra fattori stressanti ambientali e insorgenza di malattie nei pesci, legata all'azione immunosoppressiva degli agenti stressanti. Come i fattori stressanti riescono a determinare uno stato di immunosoppressione nel pesce? Questo sembra collegato ad un aumento cronico del livello di cortisolo plasmatico e alla liberazione di catecolamine.



È risaputo, infatti, che i corticosteroidi giocano un ruolo importante come immunosoppressori mediante la loro azione di stabilizzazione delle membrane. Esempi non ne mancano, in quanto nel pesce gatto americano, sia il numero dei linfociti circolanti che la loro efficienza di risposta a stimolazione, appaiono sensibilmente ridotti dopo un aumento cronico del cortisolo plasmatico. Questo accade anche nel salmone atlantico, dove la suscettibilità a *Vibrio salmonicida* aumenta in caso di incremento della cortisolemia e riduzione dei linfociti circolanti. Nei pesci, gli effetti di un aumento cronico del cortisolo ematico sono: riduzione della proliferazione linfocitaria, cessazione della produzione di anticorpi da parte dei linfociti, riduzione della capacità fagocitaria da parte dei macrofagi, diminuzione di produzione di vari mediatori cellulari come le prostaglandine e alcune citochine. Questa generale riduzione degli anticorpi, dei linfociti e dell'efficienza delle cellule fagocitarie, si traduce in una minore capacità di contrastare l'aggressione di patogeni come funghi, batteri o parassiti. È per questo che prima di cercare la causa della malattia in atto, o di attuare terapie contro un determinato patogeno, è opportuno prendere in considerazione i fattori ambientali di allevamento che possono avere determinato quello stato di malessere, di predisposizione o di debilitazione delle funzioni difensive che hanno innescato la malattia. Da questo punto di vista, poche sono le malattie infettive, nei pesci, che possiamo ritenere primarie o primariamente patogene, mentre quasi tutte possono essere considerate come malattie condizionate da fattori ambientali non idonei alla vita del pesce.

Come ridurre lo stress in acquacoltura

Lo stress è un cattivo compagno dell'acquacoltura intensiva, una condizione sempre in agguato che può ridurre fortemente il benessere del pesce allevato e le rese finali dell'allevatore. A questo fine è indispensabile non improvvisarsi allevatori, ma conoscere prima la fisiologia del pesce, le sue abitudini di vita, al fine di mettere in atto una gestione ottimale dell'allevamento, per minimizzare i fattori di stress. Questa è senza dubbio la prima vera profilassi delle malattie. Le condizioni che maggiormente determinano stress nel pesce, sono gli spostamenti, le manipolazioni eccessive, la pulizia, il trasporto e il trattamento con farmaci. Inoltre determinanti sono le condizioni dell'acqua, il ricambio e la densità di allevamento. Dato che la durata della risposta del pesce all'agente stressante è proporzionale all'intensità e alla durata dell'esposizione all'agente stressante stesso, si dovranno aumentare i tempi di recupero tra una operazione e l'altra (manipolazione, pulizie) in



modo da permettere al pesce di ripristinare le normali condizioni. Infatti l'effetto degli agenti stressanti è additivo: si dovrebbe evitare il ripetersi in tempi ravvicinati di fenomeni stressanti, permettendo ai pesci di recuperare tra una operazione e l'altra. In questo modo avremo nei pesci solo l'innescò della risposta acuta allo stress (in qualche modo positiva, perché si oppone all'evento stressante) e non ricadremo nelle conseguenze più deleterie dello stress (risposta cronica).

Un altro fattore di stress nei pesci può essere l'eccessiva competizione per il cibo e la territorialità, con comportamenti aggressivi tra i soggetti. Il comportamento aggressivo può essere ridotto aggiustando progressivamente la densità. Una ottimale densità differisce molto dipendendo dalla specie. Livelli intermedi di densità tendono a diminuire il comportamento agonistico, così i pesci hanno una efficienza di crescita migliore e l'incidenza delle malattie è ridotta.

2.10.4 Il concetto di malattia

I pesci, come altri organismi animali possono essere soggetti ad alterazioni dello stato di salute. Cos'è lo stato di salute? Nel linguaggio comune viene chiamato stato di salute il risultato dell'equilibrio funzionale normalmente esistente fra le varie parti dell'organismo, al fine di mantenere una relativa costanza delle condizioni interne (omeostasi). L'omeostasi, che ha lo scopo di mantenere gli animali sufficientemente autonomi dall'influenza dell'ambiente esterno, è il risultato di una serie continua di adattamenti a stimoli modificatori. Ogni organismo animale ha una diversa resistenza a questi stimoli e una diversa capacità di adattamento. Una volta superata la capacità di adattamento si ha la comparsa di manifestazioni morbose, che sono deviazioni dalla norma dello stato di salute, di cui solo la più grave è la malattia. Le manifestazioni morbose, possono manifestarsi come semplici fenomeni, oppure come processi morbosi. Un **fenomeno morboso**, è una manifestazione patologica molto lieve: per esempio una semplice abrasione della cute che non arriva a ledere il derma sottostante, o una iperplasia del tessuto branchiale. Il processo morboso è la correlazione di più fenomeni morbosi, che in genere compaiono in regolare successione temporale, e possono essere provocati da una singola causa o da più agenti eziologici. Per esempio un **processo morboso** può essere provocato dall'abbassamento della tensione di ossigeno nell'acqua, che determina una disfunzione da scarsa ossigenazione, come da sovrassaturazione di gas nell'acqua, che ugualmente rappresenta un ostacolo allo scambio gassoso fra ossigeno disciolto nel-



l'acqua e sangue. Entrambe le condizioni determinano uno stato di malessere nel pesce, che è tanto più marcato, tanto più l'alterazione è intensa e prolungata. Se la causa che provoca la disfunzione cessa, le condizioni dell'organismo gradatamente ritornano normali e lo stato morboso si può considerare concluso.

Infine si arriva alla **malattia** vera e propria, che di per sé è una condizione dinamica, che tende ad evolvere e che si manifesta con una successione temporale di eventi che coinvolgono tutto l'organismo. Nella malattia si ha una perturbazione di una o più funzioni organiche, che permane nel tempo e che risulta caratterizzata dalla presenza di sintomi e lesioni. I sintomi sono la manifestazione esteriore della perturbazione organica: per esempio l'apertura eccessiva degli opercoli è un sintomo di necessità di aria da parte del pesce, oppure il nuoto in senso circolare è un sintomo di disfunzione nervosa. Le lesioni, invece, sono alterazioni visibili sulla superficie del pesce o sugli organi interni: per esempio la presenza di desquamazioni o erosioni esterne o la presenza di piccole emorragie sul fegato o sul grasso periviscerale. Gli stati patologici possono essere provocati nel pesce da una grande varietà di cause; la disciplina che studia le cause di malattia è l'**eziologia**. Causa di malattia o **agente eziologico** è qualsiasi evento che provoca una perturbazione dell'omeostasi organica. L'organismo animale reagisce alla perturbazione in vario modo (mediante la liberazione di enzimi, ormoni, altri metaboliti biochimicamente attivi, ecc.) al fine di opporsi alla perturbazione in atto. Lo stato di malattia è proprio la risultante di questa azione-risposta. Perché una malattia si espliciti sono fondamentali il tipo di causa in atto, la sua intensità e la durata d'azione. Per esempio, se prendiamo in considerazione l'abbassamento di temperatura dell'acqua, come ipotetica causa che ha provocato una malattia, è molto importante conoscere l'intensità dell'abbassamento di temperatura (se è solo di 2-3°C oppure di 10-15°C) e la durata, se è di alcune ore o alcuni giorni. Inoltre importante è anche il tipo di organismo che è esposto, perché organismi diversi reagiscono in modo dissimile allo stesso tipo di agente eziologico. Nel complesso rapporto tra pesce e cause che provocano le malattie si inserisce anche l'ambiente così come chiaramente delucidato da Sniezko nel 1974, dove la malattia è la risultante dell'incontro di tre fattori principali: l'ospite (il pesce nel nostro caso); il patogeno (la causa di malattia); l'ambiente nel quale l'azione-risposta avviene. Non esistono altri organismi, come gli organismi acquatici, nei quali l'interazione stabilita da Sniezko trovi la sua massima esemplificazione. I pesci, per il fatto che vivono in un *medium* acqueo e per il fatto che sono organismi eterotermi sono fortemente influenzati dalle variazioni ambientali.



Per questo l'ambiente nel quale il pesce vive è quello che più di ogni altra cosa condiziona lo sviluppo di stati morbosi o di vere e proprie malattie. Nei pesci selvatici l'ambiente è solo quello naturale inteso come acqua di fiumi, laghi o mare, con la presenza di un ecosistema complesso. Nel pesce allevato il termine ambiente comprende tutte le condizioni legate all'allevamento, al tipo di gestione, quindi anche l'alimentazione, ecc. Da questo ne deriva che un'inidonea conduzione dell'allevamento diventa uno dei fattori predisponenti lo sviluppo di malattie.

Le cause che possono provocare processi morbosi o vere e proprie malattie nei pesci possono essere distinte a seconda della loro origine nel modo seguente:

Malattie non infettive

Malattie provocate da disfunzioni genetiche

Alterazioni dello sviluppo

Patologie provocate da cause ambientali

- patologie provocate dalle variazioni di temperatura
- patologie associate alla variazione dei gas presenti nell'acqua
- patologie associate a variazione del pH nell'acqua
- patologie associate alla durezza dell'acqua
- patologie associate alla presenza di sost. nocive o gas tossici nell'acqua (ammoniaca, nitriti, cloro, acido solfidrico)
- patologie causate da pesticidi (cloroderivati, organofosfati, carbammati)
- patologie provocate da composti organici di sintesi (amine - ammidi - alcol - aldeidi - chetoni)
- patologie provocate da metalli pesanti (alluminio - arsenico - antimonio, ecc.)

Malattie nutrizionali

Malattie infettive

Malattie virali

Malattie batteriche

Malattie fungine

Malattie parassitarie



Malattie non infettive

Malattie provocate da disfunzioni genetiche

Tra le malattie non infettive appare opportuno ricordare le alterazioni genetiche che interessano soprattutto gli stadi giovanili. Molte di queste alterazioni si presentano sino dallo stadio larvale, ma spesso non vengono evidenziate perché portano a morte precoce. Altre invece sono compatibili con la vita e quindi possono essere osservate con l'accrescersi del soggetto. Dato che le alterazioni genetiche comportano spesso delle modificazioni morfologiche di tessuti o organi, possono essere confuse con alterazioni dello sviluppo. Queste ultime, che verranno considerate di seguito, sono provocate da fattori esterni che influiscono sulla crescita dei soggetti, ma non sono determinate da modificazioni nel patrimonio genetico. Le alterazioni genetiche, che si possono verificare sia nei geni regolatori che in quelli strutturali, possono provocare per esempio una mancata o una alterata sintesi di pigmento, fenomeno conosciuto come albinismo, che si associa spesso a scarsa sopravvivenza o resa, oppure alla comparsa di tumori cutanei nei pesci. Ancora si conoscono alterazioni somatiche, provocate da mutazioni genetiche, come mancanza della pinna dorsale, o deformità della colonna vertebrale, cataratta, pesci siamesi, deformità opercolari e anomala posizione del fegato.

Una considerazione importante dovrebbe essere fatta a riguardo del miglioramento genetico indotto dall'uomo. La selezione dei riproduttori ha privilegiato caratteristiche quali l'accrescimento ponderale e la precocità dello sviluppo. L'incremento della crescita viene considerato vantaggioso, ma altrettanto non si può dire della precocità di maturazione, che può talvolta risultare in un concomitante declino della qualità della carne.

Un altro problema estremamente importante legato alla selezione genetica riguarda il concetto di "biodiversità". Infatti, gli stock di pesci presenti in allevamento spesso sono geneticamente molto diversi dalle popolazioni selvatiche, come risultato di una forte selezione indotta mediante incrocio. Dopo alcune generazioni si ha infatti prevalenza di pesci con geni che inducono caratteristiche di maggiore adattamento alle condizioni dell'allevamento, fatto positivo se l'intento è quello di produrre soggetti uniformi da destinare al mercato. Tale situazione può essere considerata alterazione genetica se l'intento è quello di produrre pesci per ripopolamento delle riserve naturali (pericolo di interazione con la popolazione selvatica).

È opportuno inoltre considerare che i ripetuti incroci tendono a creare individui sempre più simili (omozigosi), e questo sembrerebbe, alla luce di numerose esperienze, un fatto decisamente deleterio. Sembra invece auspicabile



l'ottenimento di individui con caratteri "mescolati" (eterozigosi) che si ottiene mediante l'impiego di riproduttori selvatici, con buone caratteristiche fenotipiche.

Alterazioni dello sviluppo

Il fenomeno delle deformazioni fisiche nelle popolazioni ittiche allevate appare particolarmente evidente, ed inizia ad assumere una certa importanza per:

- incidenza sull'aspetto esteriore del pesce e sulla sua commercializzazione;
- incidenza sulle prestazioni produttive e sul valore commerciale.

Le deformità fisiche riscontrate nei pesci allo stadio larvale e giovanile sono state associate a:

1. Esposizione ad agenti chimico-fisici
2. Esposizione a variazioni ambientali
3. Esposizione ad agenti infettivi
4. Inbreeding
5. Deficienze nutrizionali

Classificazione delle più importanti deformità fisiche

Apparato scheletrico

1. Asse vertebrale

Scoliosi, lordosi, cifosi, combinazione delle stesse

2. Testa

Anomalie del complesso opercolare, mono o bilaterali (colpiscono prevalentemente gli Sparidi); prognatismo; spostamento laterale della mascella superiore; riduzione mascella inferiore; deformazione arco ioideo (opercolo in posizione aperta)

3. Pinne

Saddleback syndrome (assenza pinna dorsale); assenza parziale o totale pinna caudale; formazioni raggi soprannumerari

Pigmentazione

Totale o parziale albinismo; bicolorazione; xantocromatismo

Vescica natatoria

La non corretta insufflazione di questo organo durante i primi giorni della fase larvale provoca gravi ripercussioni su:

- assetto apparato scheletrico
- prestazioni zootecniche
- resistenza stress
- sopravvivenza

Tale problema è stato superato introducendo pulitori di superficie

Tegumento

Alterazioni delle squame, assenza o perdita; anomalie di taglia delle squame; irregolare orientamento

Occhio

Deficienza vitamina C provoca alterazione geometria dell'occhio per inadeguata deposizione cartilagine; deficienza riboflavina provoca cataratta e vascolarizzazione corneale; alterazione bilancio retinolo; disfunzione *rod cells*



Patologie provocate da cause ambientali

- Patologie provocate dalle variazioni di temperatura

Uno dei più importanti fattori ambientali causa di malattie nei pesci è certamente la **temperatura**. Infatti la suscettibilità verso i patogeni è notevolmente maggiore nei pesci, rispetto ai mammiferi, proprio a causa del fatto che la loro temperatura corporea dipende strettamente da quella ambientale. Tanto che si può dire che il rapporto tra patogeno (inteso come virus, batterio o parassita) e ambiente è dominato dalla temperatura.

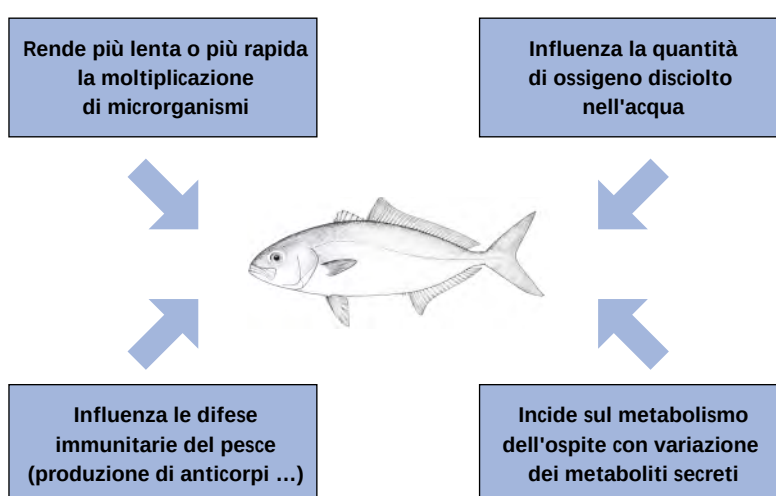


Fig. 1 - Influenza delle variazioni di temperatura su parametri che condizionano l'insorgenza di malattie.

È opportuno ricordare che la temperatura condiziona lo sviluppo di molte malattie virali: in condizioni di bassa temperatura si sviluppano più frequentemente la Setticemia Emorragica Virale (SEV) della trota, e la Necrosi emopoietica infettiva (NEI), mentre invece la Encefalopatia-Retinopatia Virale del branzino (VER), o nodaviriosi, determina maggiori perdite a temperature più elevate. Quasi tutti i batteri sia dei pesci marini che di acqua dolce provocano malattie a temperature più elevate, anche se, in questo caso, appare molto importante nel provocare la malattia un improvviso abbassamento o innalzamento di temperatura, che deprime le difese immunitarie del pesce.

- Patologie associate alla variazione dei gas presenti nell'acqua

Per quanto riguarda i **gas disciolti nell'acqua**, quando l'acqua viene somministrata, o in caso di acque provenienti da turbine (di impianti idroelettrici) si crea facilmente supersaturazione. I pesci tenuti in acqua supersatura di ossigeno e di azoto sono esposti al rischio della **malattia da gas (MG) o delle bolle**. La malattia è più comune in acquari aerati con aria compressa,



in piscicoltura alimentate da acqua sorgiva o di pozzi profondi sovrassatura di gas. Può essere determinata ancora da fughe nei sistemi delle pompe o delle valvole, durante trasporti difettosi, in ambienti troppo ricchi di piante acquatiche eccessivamente illuminati, o per un improvviso abbassamento di temperatura.

L'ipersaturazione è tendenzialmente provocata dall'**azoto**, in quanto il pesce in genere può tollerare una ipersaturazione di ossigeno fino al 300%, mentre sviluppa rapidamente MG con una ipersaturazione di azoto di solo il 103-104%.

Uno dei problemi legati all'utilizzo in allevamento di acque profonde risiede nel fatto che possono contenere concentrazioni **elevate di CO₂**.

Questa condizione, abbinata in taluni casi a deficienza di **magnesio** nella dieta (specie nei pesci marini) oppure a **ipervitaminosi D** (soprattutto per la trota), può provocare deposizione di sali di calcio a livello renale; questa condizione patologica è definita **nefrocalcinosi**. Questa malattia è infatti caratterizzata da depositi di sali minerali (tendenzialmente calcio) a livello renale (larve e adulti) e della vescica (larve). La patologia è stata segnalata in Teleostei marini e di acqua dolce. Questa patologia determina lievi tassi di mortalità, incide negativamente sull'indice di conversione alimentare e può ridurre la resa della carcassa in fase di macellazione. Inoltre rende i pesci maggiormente suscettibili a malattie infettive.

- Patologie associate alla presenza di sostanze nocive tipo gas tossici

I gas disciolti nell'acqua che più facilmente provocano effetti tossici sono: l'ammoniaca, il cloro, l'acido solfidrico e l'ozono. Queste sostanze possono avere diversa origine: dall'inquinamento industriale, dai rifiuti domestici, dall'alimentazione animale, dalle concimazioni o dai trattamenti alle piante, degradazione batterica, degradazione di sostanza organica nell'acqua, escrezione degli organismi acquatici. Tra questi gas riveste particolare importanza l'ammoniaca che è generalmente liberata come inquinante da una varietà di processi industriali, ma può anche essere prodotta in modo massivo dall'escrezione degli organismi acquatici, specie se la densità di allevamento è elevata rispetto al flusso di acqua. In più con l'aumentare della temperatura e del pH dell'acqua aumenta la quantità di ammoniaca non ionizzata che è quella più tossica. La massima concentrazione accettabile per l'esposizione continua del pesce ad ammoniaca non ionizzata è 0,01mg/l. I principali effetti tossici dell'ammoniaca si manifestano nel pesce a livello delle branchie, con manifestazioni di iperplasia delle lamelle branchiali, protrusione delle branchie dall'opercolo, tessuto branchiale edematoso con



fenomeni degenerativo-necrotici a carico dell'epitelio. Questo stato può inoltre predisporre all'insorgenza di malattie batteriche branchiali.

Da sottolineare inoltre la forte tossicità del cloro per i pesci che tollerano la concentrazione massima di 0,003 mg/litro, in caso di esposizione continua.

- Patologie associate alla presenza di pesticidi

Tra le sostanze più frequentemente utilizzate dall'uomo per controllare e limitare la vita di piante e animali dannosi, il primo posto è certamente occupato dai pesticidi. Di questi le due categorie principali sono gli insetticidi e gli erbicidi, usati in larga scala in tutto il mondo. Probabilmente gli insetticidi hanno causato il maggior numero di effetti avversi non previsti nei pesci. La maggior parte degli insetticidi nelle acque proviene da trattamenti fatti su terreni, scarichi industriali, da piogge contaminate da correnti atmosferiche, o da applicazione di insetticidi su acque superficiali, accidentale o intenzionale.

Tra gli insetticidi un gruppo estremamente importante è quello dei cloroderivati, tristemente noti per la loro alta solubilità nei depositi lipidici, dove tendono progressivamente ad accumularsi, diventando un forte rischio di contaminazione per tutto l'ecosistema. Possono dare intossicazioni di tipo acuto, con mortalità variabile o lesioni di tipo cronico caratterizzate da necrosi epatiche. Il clordano a dosi 1,2 - 12 ppm/anno provoca nelle trote adulte aree degenerativo-necrotiche a carico del fegato. Negli avannotti di trota sono sufficienti esposizioni di soli 14 giorni a 0,00032 - 3,2 ppm per provocare estese degenerazioni epatiche. L'eldrin, con esposizioni dei pesci a 0,01 ppm in acqua, oppure 0,01 mg/kg nel cibo provoca alterazioni epatiche preneoplastiche, senza che si siano mai evidenziati epatomi. Anche il lindano ha come organo bersaglio il fegato dove provoca lesioni necrotiche focali. Una forte tossicità per i pesci marini è stata evidenziata dal telodrin con la manifestazione di lesioni necrotiche focali al fegato. Infine anche il toxafene alle dosi di 0,005 ppb per soli 7 giorni, è in grado di provocare, necrosi delle cellule epatiche con perdita dell'architettura del tessuto.

Altro importante gruppo di insetticidi largamente utilizzato è quello degli organofosfati, sostanze oleose, relativamente volatili, relativamente insolubili in acqua. Le possibilità di assunzione da parte dei pesci è legata a tre vie principali: 1) la cute; 2) l'epitelio respiratorio; 3) il tratto digestivo.

A differenza dei cloroderivati, gli organofosfati, non sono persistenti e perdono tossicità in breve tempo. A causa della loro elevata affinità per l'enzima acetilcolinesterasi (AChE), presente soprattutto nelle sinapsi neuromuscolari, si legano a questo e impediscono la normale funzionalità muscolare, provocando anche fenomeni di scoliosi. Questo è un grosso problema anche



per i pesci selvatici, che, in corso di intossicazione cronica, a causa dell'alterazione muscolare, hanno difficoltà nell'approvvigionamento di cibo e non riescono ad eludere i predatori. Dato che il tempo di recupero dei pesci intossicati è di circa 25 - 42 giorni, sarebbe indispensabile, se non è possibile non utilizzarli, almeno dosarne nel tempo l'uso, in modo che si possano restaurare le quantità necessarie di AchE nelle sinapsi muscolari del pesce. Tra questi prodotti, largamente utilizzato è il malathion, verso il quale esistono grosse differenze di sensibilità tra i vari pesci: infatti la trota fario è 45 volte più sensibile di altre specie, manifestando necrosi epatica con esposizioni per 30 giorni a 0,6 ppm - 1,0 ppm. Il dursban determina atrofia accompagnata da alterazione dell'architettura epatica, e necrosi focale del pancreas. Per una corretta diagnosi di queste intossicazioni è estremamente importante non limitarsi all'individuazione delle lesioni nei pesci, peraltro sovrapponibili a quelle di altre patologie provocate da tossici, ma attuare una determinazione della quantità di AchE nel cervello e del contenuto di organofosfati nelle carni.

- Patologie associate alla presenza di composti organici di sintesi

Tra le sostanze organiche di sintesi che possono inquinare le acque e dare intossicazioni nei pesci, è opportuno citare il gruppo dei fenoli. Possono originare da acque reflue da impianti di lavorazione di oli minerali, gas e carbone. I reflui fenolici possono contenere una mistura di sostanze diverse, anche se quello che si accumula nei tessuti è il clorofenolo, pertanto si fa riferimento a questo per individuare la massima concentrazione tollerata dal pesce. Concentrazioni superiori a 3-5 mg/l possono determinare mortalità, anche se sono sufficienti quantitativi pari a 0,1-0,2 mg/l di fenoli nelle acque per determinare un sapore sgradevole delle carni. I fenoli agiscono sui pesci come potenti neurotossine, provocando una aumentata suscettibilità agli stimoli esterni, un aumento della frequenza respiratoria, movimenti spesso irregolari con perdita dell'equilibrio e morte per asfissia. Tra i composti organici di sintesi di sicura tossicità, merita attenzione il tri-n-butyl-tin (TBT), prodotto largamente utilizzato in passato (il suo impiego è stato attualmente bandito in molti paesi) per preservare le reti e le gabbie galleggianti dall'eccessiva proliferazione ed adesione di alghe ed altri organismi marini. Provocano cataratta, iperplasia delle lamelle branchiali, edema degli strati superficiali della cute.

- Patologie associate alla presenza di metalli pesanti

L'elevata industrializzazione ha accelerato la liberazione dei metalli o di ioni



nell'acqua, spesso in alte concentrazioni. Gli scarichi industriali (come lavorazione del ferro, processi di galvanizzazione, industrie chimiche, cartiere) e minerari sono le fonti più comuni di queste sostanze. Il problema maggiore è la reale stima del danno provocato dai metalli tossici per l'acquacoltura e conseguentemente per la salute umana. Non è sempre facile infatti individuare il metallo o i metalli tossici implicati nel determinare una patologia nei pesci, in quanto è difficile la loro individuazione nei tessuti, e spesso non si effettua nessuna ricerca specifica. In altri casi l'intossicazione cronica non si manifesta in modo chiaro, con una sintomatologia specifica, e a questa si sovrappone una malattia infettiva secondaria, insorta per lo stato di debilitazione dei pesci, che maschera il vero problema. La contaminazione del suolo o delle acque con composti o elementi metallici può portare a fenomeni di tossicità nei pesci che esitano:

- 1) mortalità diretta;
- 2) accumulo;
- 3) tossicità cronica e cambiamento delle funzioni fisiologiche con ridotta sopravvivenza.

I dati riportati in letteratura sui valori ai quali i metalli sono tossici non sono assoluti ma dipendono in special modo da: a) durezza dell'acqua; b) pH; c) temperatura; d) concentrazione di ossigeno disciolto; e) presenza di altre sostanze disciolte. Tutti questi fattori possono far variare anche in modo notevole la tossicità di un determinato metallo pesante. Una elevata durezza dell'acqua può ridurre la tossicità poiché gli ioni metallici precipitano come carbonati o idrossidi. Il pH dell'acqua è uno dei fattori più importanti nel regolare la tossicità dei composti disciolti nell'acqua. Alti valori di pH possono provocare la formazione di idrossidi o di carbonati con i metalli, che sono relativamente insolubili ($ZnSO_4$). Questi composti tendono a precipitare o a formare un particolato in sospensione che può essere meno tossico. La tossicità dei sali dei metalli pesanti è intensificata dal calo dell'ossigeno nell'acqua. Altri metalli possono formare sostanze più solubili nell'acqua (idrossido di alluminio), e quindi più tossiche perché più facilmente assimilabili dal pesce.

Tra le peggiori conseguenze di uno stato di tossicità cronica di molti metalli pesanti è opportuno ricordare :

- perdita della funzione riproduttiva;
- malformazioni corporee;
- incapacità di prevenire la predazione;
- suscettibilità a malattie infettive.

Tra i metalli pesanti che possono provocare intossicazione nei pesci si



ricordano: Alluminio, Arsenico, Antimonio, Cadmio, Cromo, Rame, Ferro, Piombo, Manganese, Mercurio, Nickel, Argento, Uranio e Zinco.

Malattie nutrizionali

Tra le malattie nutrizionali nelle specie ittiche si ricorda la degenerazione lipoidea epatica, indotta da somministrazione di diete contenenti elevati tassi di acidi grassi polinsaturi e carenti di antiossidanti o vitamina E; i Salmonidi, ma anche altre specie quali il cefalo ed il branzino, sono suscettibili a tale malattia. Si ricorda inoltre la steatite o pansteatite, che è l'infiammazione del tessuto adiposo viscerale, spesso conseguenza di pancreatiti, ma sembra causata anche dalla somministrazione di grassi rancidi e bassi apporti di vitamina E.

Le principali alterazioni scheletriche dei pesci (anomalie opercolari, mascellari e vertebrali) possono essere riconducibili a disordini nutrizionali, che agiscono direttamente sul metabolismo del tessuto cartilagineo e osseo, portando ad un generale indebolimento dell'apparato di sostegno. Sono almeno tre le vitamine che possono rientrare nell'eziologia di tali difetti, le vitamine A, D e C, mentre diversi elementi minerali possono concorrere nel determinismo delle affezioni scheletriche (Ca, P, Mg e Mn).

Nei Salmonidi la comparsa di anomalie dell'apparato visivo, quale la cataratta sembra sia dovuta alla carenza di aminoacidi (metionina e cistina), di zinco e riboflavina.

Anche l'ipotesi eziopatogenetica della nefrocalcinosi, di cui si è già discusso, comprende disordini alimentari quali ipervitaminosi D e squilibri dietetici nel rapporto calcio, fosforo e magnesio.

Infine non bisogna trascurare che con la dieta possono essere erroneamente somministrate sostanze tossiche e/o antinutrizionali; ad esempio aflatossine, che provocano l'insorgenza di epatomi e le tiaminasi che causano carenze vitaminiche.

Malattie infettive

L'intensificazione produttiva del settore acquacoltura è stata accompagnata da una maggiore incidenza di patologie già note, e dalla comparsa ed identificazione di nuove malattie. In questo contesto è apparso opportuno concentrarsi su quelle patologie che recentemente si sono manifestate con maggiore insistenza, e su quelle che per il loro andamento lasciano intravedere il rischio di una loro maggior diffusione. Per questo ci rifaremo in questa sede principalmente alle malattie cosiddette emergenti. Un'accurata



analisi epidemiologica consente di delineare l'esistenza di alcune patologie che, per specie colpita e per previsione di diffusione e di evoluzione, possono essere considerate come "emergenti". È evidente che il concetto di patologia emergente, deve essere ricondotto alle diverse realtà e fasi produttive, e alle molteplici tipologie di allevamento nei vari settori dell'acquacoltura. L'allevamento intensivo di specie ittiche marine ha subito nell'ultimo decennio un incremento enorme. Tra le malattie che colpiscono di più questo comparto si osserva ancora una prevalenza di malattie batteriche, tuttavia, recentemente, con l'intensificazione dell'allevamento *off-shore*, si è registrato un incremento delle malattie parassitarie. Il ruolo dei parassiti come patogeni primari è ancora oggetto di studio, sebbene si annoverino numerose segnalazioni del coinvolgimento di parassiti in episodi di malattia, soprattutto in pesci allevati in gabbie galleggianti. Tra le malattie parassitarie le **mixosporidiosi**, stanno assumendo un ruolo di primaria importanza; tra i vari mixosporidi, *Myxidium leei*, appare quello dotato di maggiore patogenicità. Altri parassiti appartenenti alla stessa classe degni di nota sono *Sphaerospora dicentrarchi*, *Polysporoplasma sparis* e *Ceratomyxa spp.* Anche le **Amilodiniasi** vengono frequentemente segnalate, legate ad episodi di elevata mortalità. Il problema più grosso da affrontare per le malattie parassitarie è l'assoluta mancanza di presidi terapeutici utilizzabili, in quanto non ne esistono di registrati presso il Ministero della Sanità. In effetti l'applicazione di rigide norme di profilassi, come la bassa densità di allevamento, la buona qualità dell'acqua, la riduzione della manipolazione e di tutte le pratiche che determinano stress nei pesci, da sole, non sono sempre sufficienti a eliminare i rischi di malattia. A nostro avviso, per cercare di far fronte all'incremento delle malattie parassitarie, sarà opportuno prendere in seria considerazione la possibilità di permettere l'utilizzo di sostanze terapeutiche a basso impatto ambientale e con assenza di residuo nelle carni. La mancanza di attenzione su questo importante problema dell'acquacoltura da parte delle autorità sanitarie, potrebbe in futuro seriamente compromettere lo sviluppo della maricoltura nel nostro paese, ma soprattutto di una maricoltura responsabile che si limita all'utilizzo di sostanze terapeutiche efficaci ma permesse e prive di rischi per l'ambiente e la salute umana.

Tra le malattie virali, la **Encefalopatia Retinopatia Virale** (VER-VNN), appare ancora molto diffusa, anche se la sua patogenicità sembra essere ridotta, in quanto sono sempre più infrequenti le forme acute che provocano mortalità. Un forte rischio di ripresa dei quadri acuti della malattia potrebbe essere causato dall'introduzione nell'acquacoltura europea di nuove specie fortemente suscettibili alla malattia, o dalla diffusione della VER in altre specie



già presenti sul territorio, come nei Mugilidi. Tra le malattie batteriche si osserva un costante aumento delle specie isolate da episodi di malattia spontanea, appartenenti sia ai Gram- che ai Gram+, tra i quali prevalgono i batteri appartenenti al genere **Vibrio** e varie specie di cocchi Gram+. Tra le Vibrionaceae è infatti in notevole aumento il numero delle specie patogene identificate, ed esse sono ancora al primo posto tra tutti gli isolamenti batterici. L'uso su larga scala della vaccinazione ridurrà comunque le perdite provocate dai *Vibrio* classici (*V. anguillarum* e *V. ordalii*). Opportuno poi ricordare tra le possibili malattie emergenti, le **micobatteriosi** descritte nel branzino in Grecia e Israele. Nelle trotticoltura, le **streptococcosi** hanno raggiunto una notevole incidenza, causando rilevanti perdite economiche al comparto, e caratterizzandosi come vera patologia emergente di questo settore. A fronte di recenti isolamenti di Streptococcaceae da specie marine, si prospetta la possibilità di una loro ampia diffusione negli allevamenti di specie marine.

In ultimo meritano attenzione anche i frequenti episodi di **mortalità larvale** che si sono verificati in questi ultimi anni nelle avannotterie del bacino mediterraneo, in taluni casi pregiudicando la produzione di specie quali l'orata ed il branzino. In passato questi episodi di malattia nelle larve di orata sono stati indentificati come "*Distended Gut Syndrome*", in quanto caratterizzati da severa distensione addominale associata alla presenza di alimento non digerito e batteri nel lume intestinale. Si manifestano talvolta in larve di 10 - 12 giorni di età, mentre in altri casi a 18 - 21 giorni. La sintomatologia è caratterizzata da letargia, nuoto anormale, posizionamento laterale della larva, addome disteso. All'osservazione allo stereomicroscopio l'intestino risulta ripieno di alimento spesso indigerito. Le principali ipotesi eziopatogenetiche, hanno chiamato in causa batteri, soprattutto quelli appartenenti al genere *Vibrio*, mentre l'implicazione di virus in questa malattia non è mai stata chiaramente confermata, se non in alcuni episodi, dove sono stati spesso individuati virus all'interno dei Rotiferi somministrati alle larve (virus singoli o in ammassi paracristallini, icosaedri, senza envelope, di 60nm di diametro, assimilabili ai Birnaviridae). Lo studio anamnestico ed epidemiologico di numerosi episodi osservati ha recentemente suggerito l'ipotesi che tali patologie larvali non abbiano un'eziologia unica, bensì multifattoriale. I fattori scatenanti (vedi scheda) sarebbero da ricercare tra i parametri, abiotici e biotici, che regolano l'allevamento larvale e la gestione igienico-sanitaria dei settori ad esso connessi (fito-zooplankton). In particolare, lo zooplankton può essere suscettibile o vettore di patologie (batteriche o virali) o sottoposto ad un erroneo *management*, compromettendone la qualità. Questo insieme ad

altri fattori può alterare la funzionalità intestinale delle larve, compromettendone la capacità digestiva e di assorbimento, con conseguente costipazione intestinale e distensione nella fase acuta. Vista la molteplicità di fattori causali e il coinvolgimento di più organi nel determinare la patologia viene proposto il termine di "**Sindrome enteropatica larvale**" **SEL**. Per le malattie ritenute più attuali vengono di seguito riportate delle schede tecniche che illustrano le principali caratteristiche della patologia corredate di alcune immagini micro e macroscopiche.

Scheda n. 1 - Sindrome enteropatica larvale (SEL)

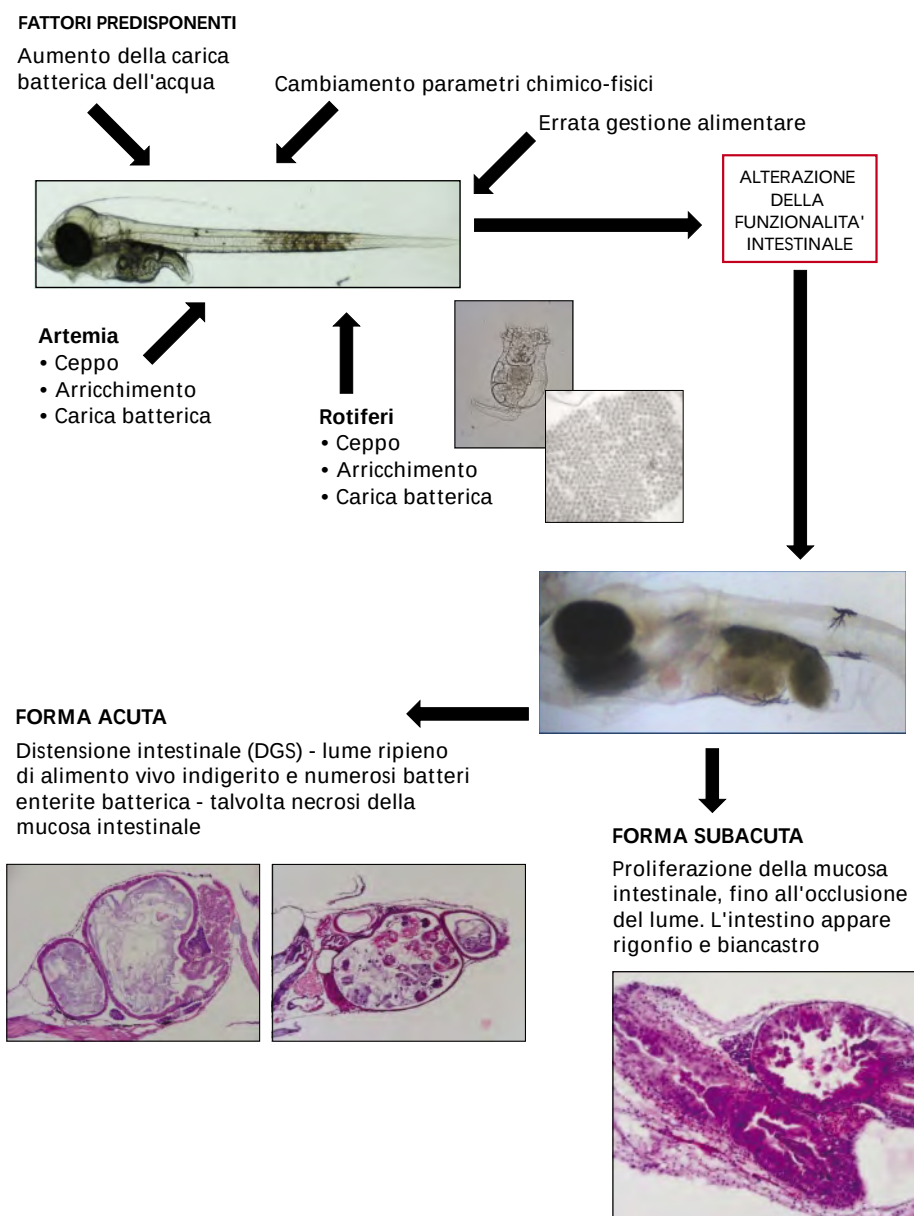


Foto di M. Galeotti





Malattie virali

Scheda n. 2 - Encefalopatia-Retinopatia virale (VER)

Agente causale

L'encefalopatia-retinopatia virale è una patologia che, dopo la prima segnalazione in branzini allevati nell'isola di Martinica, ha avuto una notevole diffusione interessando numerose specie marine allevate, in diversi distretti geografici. La VER è molto diffusa in Giappone ed in tutto il continente Asiatico, nell'Europa del Nord, nel Centro America e nel bacino del Mediterraneo. L'agente eziologico appartiene alla famiglia dei Nodaviridae, virus a RNA, di dimensioni di circa 25 nm, a simmetria icosaedrica, privi di envelope; i nodavirus isolati dai pesci possono essere filogeneticamente ricondotti a 4 gruppi principali: SJNNV, TPNNV, RGNNV, BFNNV. Sono stati isolati due ceppi virali capaci di dare patologia nel branzino, un ceppo Sb1 Atlantico ed un ceppo Sb2 Mediterraneo; quest'ultimo sembra essere meno patogeno per le larve rispetto al primo ma è comunque responsabile di gravi forme patologiche per gli stadi successivi.

Specie suscettibili

La VER ha una elevata prevalenza in tutti i distretti geografici mondiali, estrinsecandosi in diverse tipologie d'allevamento ed in differenti condizioni climatiche. Recenti stime indicano che sono circa 30 le specie in cui è stato evidenziato il nodavirus. In Giappone il virus è responsabile di gravi episodi di patologia in *striped jack* (*Pseudocaranx dentex*) ed in numerose specie di cernia mentre in Norvegia la malattia ha provocato ingenti perdite in allevamenti di larve e giovanili di *halibut* (*Hippoglossus hippoglossus*). Nel bacino del Mediterraneo la VER ha interessato soprattutto gli allevamenti di branzino colpendo sia gli impianti di ingrasso a terra, sia le gabbie flottanti a mare, sia le valli da pesca ed in qualche caso condizionando le possibilità di allevamento. L'ombrina (*Umbrina cirrosa*) è ritenuta ancora più sensibile rispetto al branzino.

Fattori predisponenti

Fattori predisponenti all'insorgenza della malattia sono le cattive condizioni igienico-sanitarie degli allevamenti e lo scarso controllo sanitario del pesce vivo in entrata. La forma clinica di malattia è condizionata da eventi stressanti quali il trasporto o l'elevata densità di allevamento e dalle alte temperature dell'acqua anche se, recentemente, sono stati segnalati episodi di VER in branzino durante la stagione invernale. Si sospetta che il pesce selvatico si comporti da portatore asintomatico della malattia.



Trasmissione

È stata dimostrata sia la trasmissione verticale tramite eliminazione del virus dalle gonadi di riproduttori infetti asintomatici sia la trasmissione orizzontale per coabitazione di pesci infetti e pesci sani. L'infezione può essere causata anche dall'ingestione di particelle virali.

Sintomatologia clinica e mortalità

Nei giovanili di branzino la forma acuta di malattia si manifesta con la tipica sintomatologia nervosa caratterizzata da nuoto rapido, rettilineo o circolare, che porta spesso i soggetti interessati a procurarsi delle lesioni in zona cefalica in seguito all'urto contro le pareti della vasca. Alcuni soggetti si lasciano trasportare dalla corrente, presentando iperreattività ad ogni minima sollecitazione, altri possono mostrare movimenti spiraliformi, altri ancora tenendo la testa fuori dell'acqua, emettono evidenti rigurgiti d'acqua. In questi casi la mortalità può raggiungere l'80% dell'effettivo. Nelle forme sub-acute croniche, evidenti a temperature inferiori ai 20°C e per pesci di taglia maggiore, la sintomatologia nervosa è meno manifesta; i pesci presentano letargia, cecità, e possono sviluppare ampie aree necrotiche in regione cefalica. La mortalità raramente raggiunge il 15%.

Lesioni macro e microscopiche

Generalmente non vengono evidenziate lesioni anatomopatologiche. Lesioni istologiche tipiche sono la spongiosi della sostanza grigia del sistema nervoso centrale a carico di diencefalo e telencefalo, cervelletto e midollo spinale. Le tipiche vacuolizzazioni cellulari sono osservabili anche a livello di strati bipolare e nucleare interno della retina. È ormai assodato, comunque, che le lesioni istologiche descritte sono evidenziabili solo in larve o giovanili manifestanti quadri sintomatologici acuti di malattia.

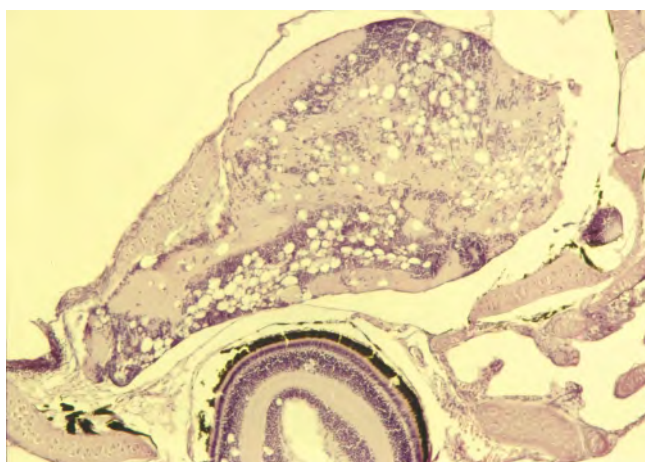
Diagnosi

L'esame che permette ottimi risultati è l'immunoistochimica che si può attuare sia su tessuti freschi (mantenuti a +4°C ed immediatamente portati al laboratorio) poi congelati per tecniche al criostato, che su tessuti fissati in formalina tamponata. Di validità simile sono l'immunofluorescenza e la microscopia elettronica a trasmissione che consente l'individuazione di particelle virali nei tessuti infetti. È possibile anche effettuare l'isolamento del virus utilizzando apposite linee cellulari. Inoltre, per la diagnosi di questa malattia è possibile impiegare tecniche biomolecolari (PCR) e tests sierologici quali l'ELISA.

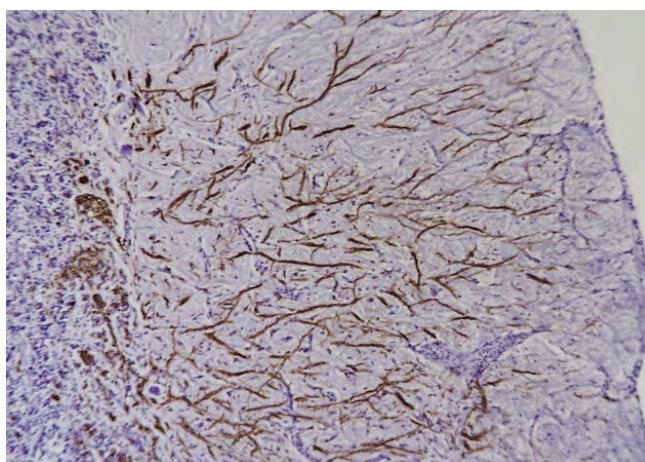


Profilassi

La profilassi diretta si attua attenendosi a rigide norme igienico-sanitarie relative alla gestione dell'allevamento e dei pesci. In particolare è opportuno accertarsi dello stato sanitario dei pesci in entrata in impianto attuando misure profilattiche quali la quarantena. Recentemente si dà molta importanza al controllo dello stato sanitario dei riproduttori al fine di ottenere delle uova e delle larve esenti da virus. È in fase di studio un vaccino, la cui efficacia è stata testata in *halibut* e rombo.



Larva di branzino. Si osservano numerose lesioni vacuolari nel cervello e negli strati retinici. Foto di M. Galeotti.



Giovanile di branzino. Intensa immunopositività per encefalo-retinopatia virale a carico delle cellule del Purkinje nel cervelletto. Foto di M. Galeotti.



Malattie batteriche

Scheda n. 3 - Streptococcosi

Agente causale

Le streptococcosi sono patologie emergenti nel bacino del Mediterraneo. Sono provocate da cocchi Gram positivi, catalasi ed ossidasi negativi, appartenenti a più generi e specie convenzionalmente divisi in base alle capacità di esprimere la loro maggior virulenza a temperature superiori o inferiori a 15°C. Tra i primi i più diffusi sono *Lactococcus garvieae* e *Streptococcus iniae*, tra i secondi *Vagococcus salmoninarum* e *Carnobacterium piscicola*.

Specie suscettibili

Nella realtà acquacolturale italiana, *Lactococcus garvieae* è responsabile di gravi episodi infettivi in allevamenti di trota iridea durante la stagione estiva. Vengono preferibilmente colpiti pesci prossimi alla taglia commerciale. Lo stesso agente eziologico è stato isolato in salmerino di fonte ed in Spagna ha provocato gravi problemi negli allevamenti di rombo. In Israele *Streptococcus iniae* è segnalato in trota iridea, in ricciola e in tilapia. Isolati episodi di streptococcosi sono stati registrati anche nel branzino. In alcune regioni del centro e del nord ovest d'Italia ed in diversi allevamenti francesi di trota iridea sono stati segnalati episodi di streptococcosi invernale da *Vagococcus salmoninarum*.

Fattori predisponenti

Oltre alla temperatura, alla taglia e all'età dell'animale, essenziale per l'insorgenza della patologia, risulta essere la densità dell'allevamento. Ancora non è conosciuto il ruolo di altri animali (p.e. uccelli, ratti, gasteropodi d'acqua ecc.) nel determinare e nel mantenere la malattia.

Trasmissione

Essenzialmente la trasmissione avviene per via orizzontale per contatto diretto con pesci infetti.

Sintomatologia clinica e mortalità

Sintomi comuni sono un intenso esoftalmo mono e bilaterale che può portare alla rottura delle cornee in seguito a eventi traumatici; iperpigmentazione cutanea anoressia ed un atteggiamento letargico dei pesci che tendono ad addossarsi alle griglie di scarico delle vasche. Nelle epidemie più gravi la mortalità può raggiungere il 50% dell'effettivo.

Lesioni macro e microscopiche

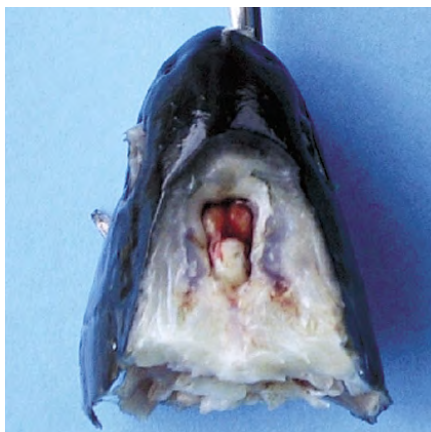
Nelle trote infette da streptococcosi da *Lactococcus garvieae* (malattia sistemica a decorso acuto), all'apertura del pesce si osservano splenomegalia,



Trota iridea. Soggetto con evidente iperpigmentazione cutanea ed esoftalmo bilaterale, tipici segni clinici della malattia. Foto di M. Galeotti.



Trota iridea. In sede necroscopica, a livello epatico si notano tipiche emorragie petecchiali. Per gentile concessione di Massimo Sarti.



Trota iridea. Notare l'evidente congestione emorragica delle meningi. Foto di M. Galeotti.

emorragie petecchiali epatiche, enterite catarrale-emorragica, congestione ed emorragie alle meningi e raccolte emorragiche retrobulbari. Nei casi più gravi si possono evidenziare emorragie sparse nel grasso periviscerale nella vescica natatoria e nel peritoneo.

Le lesioni istologiche più frequentemente osservabili sono un'intensa panoftalmite ed una forte infiltrazione emorragico-infiammatoria delle sierose, in particolare delle meningi, del pericardio e del peritoneo. È comune osservare enterite fibrinoide con necrosi e desquamazione delle mucose, nefrite interstiziale e peliosi epatica.

Diagnosi

La diagnosi è essenzialmente microbiologica attuata tramite isolamento dell'agente causale su piastre di agar-sangue. Dopo 24 ore di incubazione a 23°C le colture positive per *Lactococcus garvieae* denotano crescita di colonie piccole, bianche e con il classico alone di α -emolisi.

L'identificazione può essere basata su criteri biochimici mediante l'impiego di strisce API 20 STREP, ZYM, 50CH.

Recentemente, al fine di eseguire una diagnosi rapida e precisa, e per studi epidemiologici ed eziopatogenetici, sono state messe a punto tecniche ELISA, immunostochimiche e di PCR.

Terapia

I trattamenti antibiotici, al momento, non hanno dato gli effetti sperati. L'utilizzo dei presidi farmaceutici consentiti fornisce risultati solo parziali; frequentemente si ha recidivazione con l'instaurarsi di fenomeni di antibiotico-resistenza.

Profilassi

Interventi di profilassi indiretta, quali una maggiore attenzione all'igiene dell'allevamento, una riduzione della densità di allevamento ed una riduzione del livello nutritivo, possono limitare le perdite. Sono in fase di studio vaccini da somministrare sia per bagno sia per via intraperitoneale che possono dare protezione almeno per i periodi più caldi.

Al momento i risultati sono ancora parziali; presidi vaccinali efficaci non sono stati ancora registrati.

Scheda n. 4 - Vibriosi

Agente causale

Infezione batterica imputabile a specie del genere *Vibrio*. *Vibrio anguillarum* è la specie patogena dominante, seguita da *Vibrio ordalii* e *Vibrio salmonicida* (agente della *Hitra disease* dei Salmonidi, vibriosi d'acqua fredda). Altre specie isolate sporadicamente sono *V. damsela*, *V. vulnificus*, *V. alginolyticus*. Si tratta di batteri Gram negativi, flagellati, bastoncelli ricurvi, anaerobi facoltativi. Crescono rapidamente a 25°-30°C in BHI, TSB su agar contenente 1,5% NaCl. Su quest'ultimo formano colonie circolari color crema.

Specie suscettibili

Le specie suscettibili alla malattia sono numerose (circa 50 descritte in letteratura), di acqua dolce e salata. Le più importanti nell'ambito dell'allevamento intensivo sono: salmone, trota, merluzzo, rombo, pesce gatto, branzino, orata, cefalo, anguilla, ricciola.

Fattori predisponenti l'insorgenza della malattia

Temperatura e qualità dell'acqua; fattori stressanti i pesci; virulenza del ceppo.

Trasmissione

Avviene tramite l'acqua, l'alimento, le attrezzature di allevamento, il contatto con pesci portatori (anche selvatici). È stata verificata una prolungata sopravvivenza dell'agente causale nel sedimento.

Sintomatologia clinica e mortalità

V. anguillarum provoca, nella forma iper-acuta, letargia, anoressia, iperpigmentazione della livrea, elevata mortalità dei giovanili (fino all'80%).

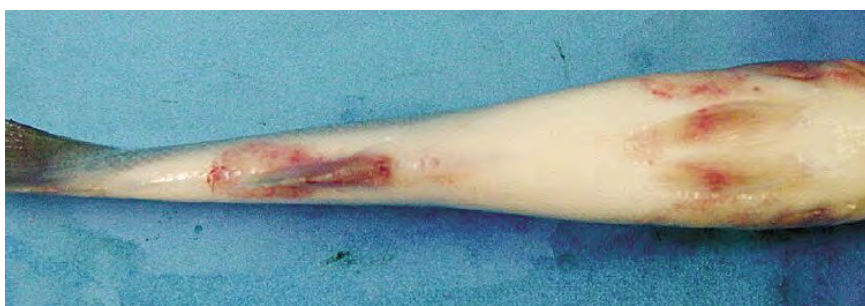
Lesioni macro- e microscopiche

Gli episodi acuti provocati da *Vibrio anguillarum* evidenziano lesioni emorragiche e necrotiche a livello cutaneo e muscolare, arrossamento alla base delle pinne e in corrispondenza della bocca. All'apertura viene evidenziata splenomegalia; la milza assume una caratteristica consistenza friabile.





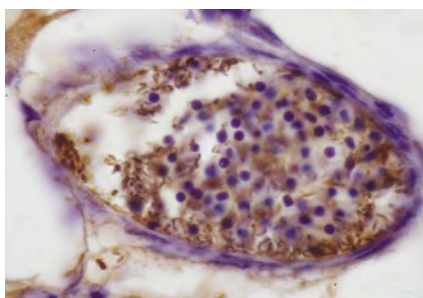
Si osservano inoltre emorragie in corrispondenza delle branchie e degli organi viscerali, in particolare l'intestino. Istologicamente sono visibili lesioni necrotiche a carico di milza, fegato, cuore, intestino. Nella forma cronica sono comuni lesioni granulomatose a carico di vari organi, lesioni oculari: edema corneale; ulcerazione; esoftalmo. *Vibrio ordalii* coinvolge preferibilmente la cute, i muscoli scheletrici e cardiaci, le branchie, il tratto gastro-intestinale. In queste sedi si osservano microcolonie batteriche. La batteriemia è riscontrabile più tardi rispetto a quanto avviene con *V. anguillarum*. I soggetti colpiti presentano leucopenia.



Branzino. Tipiche lesioni ulcerate, emorragiche, necrotiche a livello cutanee ed arrossamento alla base delle pinne pettorali ed anale. Foto di M. Galeotti.



Branzino. Tipiche lesioni emorragico-ulcerative a livello cutaneo prodotte dal batterio. Foto di M. Galeotti.



Branzino. Immunoperoxidasi positiva per *V. anguillarum* notare i batteri positivi all'interno di un vaso sanguigno. Foto di M. Galeotti.

Diagnosi

Identificazione della specie di *Vibrio* mediante coltura con *medium* selettivo, determinazione del profilo biochimico e della sensibilità ad agente vibriostatico O/129; sieroagglutinazione; ELISA, immunoistochimica.

Terapia

Prevede l'impiego di antibiotici addizionati all'alimento, anche se negli ultimi anni è stata riscontrata la diffusione di ceppi antibiotico resistenti. Il trattamento antibiotico viene scelto in base ai risultati dell'antibiogramma.

Profilassi ed aspetti legislativi

Sono attualmente disponibili vaccini sperimentali e commerciali, da somministrare intraperitonealmente

e per bagno, costituiti da batteri inattivati con formalina o frazioni batteriche; inoltre recenti indagini hanno evidenziato che alcune specie batteriche non patogene, che normalmente colonizzano il tratto intestinale dei pesci, possono limitare l'insorgenza di infezioni da *V. anguillarum*. Questi xenobiotici vengono somministrati al fine di accentuare la colonizzazione intestinale dei pesci suscettibili.

Malattie parassitarie

Scheda n. 5 - PKD (Proliferative Kidney disease)

Agente causale

Malattia estiva tipica dei Salmonidi allevati in acqua dolce. L'agente causale è un mixosporide recentemente identificato come *Tetracapsula renicola*. Nel pesce è possibile riconoscere una forma vegetativa capace di dare setticemia; attraverso i tubuli renali viene espulsa una forma presporogonica che sporula all'interno di piccoli celenterati d'acqua dolce perpetuando il ciclo. In Italia il parassita è particolarmente diffuso negli allevamenti di trota iridea distribuiti nel Nord-Est.

Specie suscettibili

La malattia è segnalata soprattutto in allevamenti di trote iridee, ma colpisce anche le trote fario, il salmerino ed il luccio. Recentemente è stato registrato un episodio di malattia anche in trota marmorata.

Fattori predisponenti

Avvenuta l'infezione e superato il periodo di incubazione (circa 40-45 giorni), la gravità della malattia dipende dalla temperatura dell'acqua. Perdite maggiori si hanno a temperature superiori ai 16°C. Il maggior tasso di mortalità si verifica durante la notte o nelle prime ore del mattino quando la concentrazione di ossigeno in acqua è più bassa.

Trasmissione

Essenzialmente per via orizzontale tramite ingestione delle forme protozoarie sporulate.

Sintomatologia clinica e mortalità

I pesci infetti presentano iperpigmentazione cutanea, esoftalmo ed un addome particolarmente dilatato. Manifestano inoltre anoressia e letargia addossandosi preferibilmente in prossimità delle griglie di scarico delle vasche. I pesci muoiono anche in buono stato di nutrizione, tenendo gli opercoli dilatati, evidenziando così uno stato asfittico. Il tasso di mortalità dipende dalla pressione infettante del parassita, dalla temperatura dell'acqua e dallo stato immunitario del pesce. Gli animali maggiormente colpiti sono i giovanili al 1° anno di allevamento.





Lesioni macro e microscopiche

Nella forma tipica, oltre alle lesioni esterne già ricordate, il pesce infetto presenta, all'apertura, ascite ed un tipico rigonfiamento del rene (in particolare del caudale) che assume un aspetto marmorizzato. In generale i soggetti colpiti si presentano anemici e con pallore branchiale evidente. È possibile osservare splenomegalia e la presenza di emorragie petecchiali epatiche.

L'esame istologico evidenzia una forte nefrite cronica interstiziale a carattere granulomatoso attorno alle forme vegetative del protozoo (cellule PKX). Il tessuto proliferante tende a distruggere e rimpiazzare i tubuli ed i glomeruli renali.

In corso di setticemia è possibile osservare la forma vegetativa del protozoo anche in fegato, milza, pancreas e lamelle branchiali dove è responsabile di lesioni infiammatorie croniche e necrosi.

Diagnosi

È possibile effettuare diagnosi mediante osservazione ad un ingrandimento di 1000X di impronte renali colorate con il metodo May Grunwald Giemsa. L'esame istologico, la colorazione con il metodo PAS e l'esame immunoistochimico permettono una migliore evidenziazione del parassita.

Terapia

La malattia può essere controllata con la Fumagillina ed il Verde malachite, il cui uso è però vietato nei paesi della UE. Non esistono altri presidi farmaceutici efficaci.

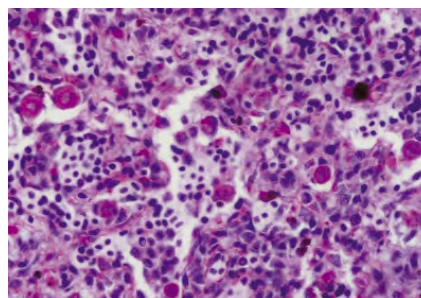
Profilassi

Nei bacini idrografici in cui la pressione infettante del parassita è particolarmente elevata si preferisce seminare i giovanili di trota in autunno in modo che sviluppino delle forme atipiche di malattia in primavera ed acquisiscano una certa resistenza durante i mesi più caldi.

In corso di infezione è opportuno controllare eventuali patologie ad insorgenza secondaria.



Trota marmorata: la foto mostra alcuni soggetti privati del pacchetto viscerale. Notare la forte iperplasia del rene, che assume aspetto marmorizzato ed appare di colore più chiaro del normale. Foto di M. Galeotti.



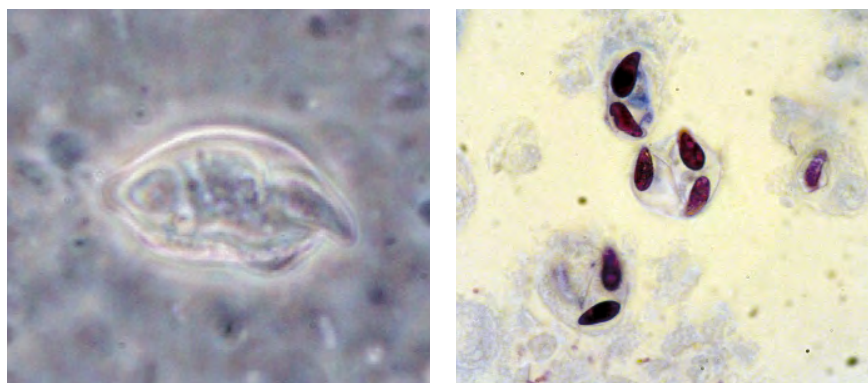
Trota marmorata-rene: microfotografia di tessuto renale colorato con il metodo PAS. Si notano numerosi trofozoiti PAS-positivi del parassita *Tetracapsula renicola* distribuiti nell'interstizio renale. Foto di M. Galeotti.

Il controllo della qualità dell'acqua con particolare riferimento all'O₂, la diminuzione della densità di allevamento e la diminuzione del livello nutritivo sono fattori che possono determinare un calo delle perdite.

Scheda n. 6 - Enterite parassitaria

Agente causale

M. leei è un mixosporide istozoico appartenente alla famiglia Myxidiidae (genere *Myxidium*), produce spore a due valve, di forma arcuata, quasi semi-circolare contraddistinte dalla presenza di due capsule polari, allungate ed affusolate alle estremità.



Spore di *Myxidium leei* in un preparato a fresco e colorate tramite Gram, che mette in evidenza le capsule polari. Foto di M. Galeotti.

Specie suscettibili

Questo parassita sembra avere un basso livello di specificità per l'ospite in quanto interessa specie appartenenti a diverse famiglie, come l'orata, il puntazzo, il madai e il pagro (Sparidae), i cefali (Mugilidae) ed anche il *red drum* (Sciaenidae).

Fattori predisponenti

Presenza di fattori stressanti (patologie virali e/o batteriche, eccessiva manipolazione, disordini alimentari, ecc.) che possono indurre immunosoppressione.

Trasmissione

Al momento non esistono dati completi sul ciclo biologico di questo parassita, tuttavia prove sperimentali hanno dimostrato la trasmissione orizzontale della malattia (coabitazione con soggetti infetti e/o acqua reflue di soggetti infetti).

Sintomatologia clinica e mortalità

I soggetti infetti appaiono emaciati, letargici, iperpigmentati e sovente presentano l'addome prominente. Questa malattia parassitaria è caratterizzata da basse mortalità anche se persistenti.





Lesioni macro- e microscopiche

L'organo di elezione di questo parassita è l'intestino; infatti in fase autoptica si osserva una severa dilatazione del tratto enterico (soprattutto il tratto rettale), la mucosa appare assottigliata ed emorragica mentre il lume intestinale appare ripieno di materiale necrotico e caseoso. L'esame istologico evidenzia una severa enterite necrotizzante causata dalla presenza del parassita nelle diverse fasi di sviluppo (trofozoiti, sporoblasti e spore).

Diagnosi

Le spore di questo parassita sono facilmente identificabili tramite l'osservazione al microscopio ottico di preparati ottenuti da raschiamento della mucosa intestinale. L'esame istologico e l'utilizzo di colorazioni specifiche (Giemsa, Gram secondo Twort) permettono una migliore evidenziazione del parassita.

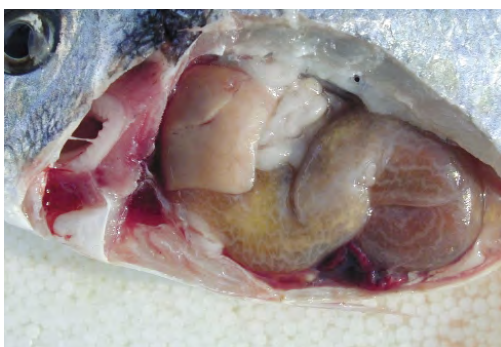
Terapia

Attualmente non sono noti trattamenti terapeutici efficaci contro questa mixidiosi.

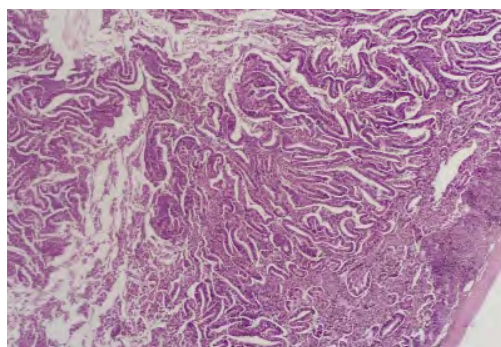
Profilassi

Questa malattia parassitaria è presente solo nel bacino mediterraneo e nel Mar Rosso (introdotta dal Mediterraneo), quindi le misure di profilassi dovrebbero cercare di impedire l'introduzione di questo parassita in altri siti geografici, soprattutto in America dove il *red drum* è allevato intensamente. Inoltre è consigliato non utilizzare acque reflue di pesci infetti in altri settori ed evitare il contatto tra pesci infetti e sani. La riduzione della densità e l'es-

sposizione ad adeguate correnti marine possono ridurre l'infezione nei soggetti allevati in gabbia galleggiante.



Myxidium leei in *Sparus aurata*.
Notare l'intensa ectasia intestinale.
Foto di M. Galeotti.



Severo sovvertimento della morfologia intestinale in orata affetta da *Myxidium leei*. Foto di M. Galeotti.



2.10.5 La vaccinazione nelle specie ittiche

Lo scopo della vaccinazione è quello di stimolare, nel pesce, l'immunità specifica, e quindi una risposta protettiva nei confronti di determinate malattie virali, batteriche o parassitarie.

La vaccinazione può essere realizzata somministrando all'animale un antigene derivato dall'agente infettivo. Tale stimolo presuppone il coinvolgimento della memoria immunologica e deve generare una risposta anticorpale (IgM) specifica e prolungata. Nella pratica della vaccinazione è prevista la possibilità di rinnovare la risposta specifica tramite un richiamo, ossia una esposizione ripetuta all'antigene, definito *booster*.

Lo sviluppo di un vaccino presuppone la conoscenza delle caratteristiche di immunogenicità del microorganismo che provoca la malattia, o di sue componenti strutturali. Per immunogenicità si intende la capacità di stimolare una risposta anticorpale specifica. In base alla loro composizione, i vaccini possono essere distinti nelle seguenti categorie: **a) inattivati**, ossia costituiti dal microorganismo ucciso con calore o formalina; **b) vivi attenuati**, ossia sottoposti ad un trattamento che ne limita la virulenza, ma ne mantiene l'immunogenicità; **c) polivalenti**, ossia contenenti diversi agenti eziologici; **d) composti da sub-unità**, ovvero da frazioni batteriche e virali purificate; **e) ricombinanti**, definiti vaccini a DNA.

La tecnica del DNA ricombinante rappresenta l'approccio più innovativo per lo sviluppo dei vaccini, destinati all'impiego umano e veterinario. Esistono patogeni per i quali risulta ancora difficile o impossibile produrre vaccini con procedure convenzionali, come alcuni virus, batteri a crescita lenta, parassiti e funghi, pertanto la tecnica ricombinante risulta piuttosto promettente. Essa consiste nell'identificazione della proteina con funzione immunogena e mappatura del gene che codifica per tale proteina nel genoma virale/batterico, asportazione del gene dal patogeno e inserimento in un vettore (plasmide). Il vettore, che può essere un batterio, un lievito o una linea cellulare, inizia a produrre la proteina in notevole quantità e questa può essere purificata per entrare a far parte del vaccino.

Diversi vaccini ricombinanti destinati al settore dell'acquacoltura sono in fase di sperimentazione, in particolare contro malattie batteriche, quali foruncolosi (*Aeromonas salmonicida*) e nefrite batterica (*Renibacterium salmoninarum*), e virali, quali necrosi ematopoietica infettiva, necrosi pancreatica infettiva, setticemia emorragica virale. L'unico vaccino a DNA disponibile in commercio, in Norvegia, è quello per la necrosi pancreatica infettiva (IPN). Per il momento la commercializzazione di questi vaccini risulta limitata dalla mancanza di una



precisa legislazione sull'impiego di prodotti DNA ricombinanti in acquacoltura. L'eventualità che tali sostanze persistano nel pesce fino al momento del consumo, o vengano rilasciate nell'ambiente dopo il trattamento vaccinale, non è remota, e tale aspetto deve essere approfondito prima di promuovere l'impiego di tali composti in acquacoltura intensiva.

Numerosi vaccini commerciali prodotti con tecniche convenzionali, quindi regolarmente registrati, sono disponibili in Europa a partire dalla metà degli anni '80. Il loro impiego negli allevamenti intensivi ha consentito di ridurre considerevolmente l'impatto di patologie batteriche, limitando l'uso di sostanze disinfettanti ed antibiotiche. La formulazione può contenere: batteri inattivati mediante formalina od esposizione al calore; frazioni batteriche (es. lipopolisaccaridi, polisaccaridi capsulari, antigene O); prodotti extracellulari.

Per quanto riguarda le **malattie batteriche dei Salmonidi**, vengono impiegati in Europa vaccini contro vibriosi (da *V. salmonicida* e *V. anguillarum*), bocca rossa (*Y. ruckeri*), foruncolosi (*A. salmonicida*). Questi sono disponibili in formulazioni commerciali, mono o polivalenti, somministrabili mediante immersione o inoculo intraperitoneale. I soggetti vengono trattati quando la taglia è vicina ai 15 g. Recentemente è stato introdotto l'impiego di un vaccino contro *Lactococcus garvieae*, agente eziologico della streptococcosi. Si tratta di un prodotto non ancora registrato, che tuttavia risulta protettivo se somministrato mediante inoculo intraperitoneale.

Le **specie ittiche allevate nell'area mediterranea** (orata, branzino, altre emergenti) vengono vaccinate con formulazioni commerciali per la vibriosi (*V. anguillarum*) e la pasteurellosi (*Photobacterium damsela sub. piscicida*). Si tratta in questo caso di vaccini per immersione, mono o bivalenti, somministrati a soggetti di circa 0,5 g, eventualmente supportati da un richiamo orale da impiegare prima di eventi stressanti quali il trasporto o la selezione. Le **modalità di somministrazione dei vaccini** sono varie, come già accennato, e la scelta del metodo deve tenere in considerazione la specie, la taglia dei soggetti, la suscettibilità alla malattia.

I metodi più utilizzati sono l'**iniezione intraperitoneale e l'immersione**. Il primo metodo richiede una blanda anestesia dei soggetti, viene attuato mediante delle siringhe a dosaggio multiplo (tipo pistola) e solitamente consente di vaccinare pesci di taglia superiore ai 15 g o i riproduttori. Risulta indubbiamente molto efficace per quanto concerne la protezione indotta, ma laborioso in termini di tempo e denaro. La tecnica per immersione può essere attuata mediante bagno (30 min.-1 ora) o più spesso *dip* (pochi secondi) in una sospensione vaccinale diluita opportunamente in acqua.

Con questo metodo è possibile vaccinare contemporaneamente numerosi soggetti, anche di taglia molto piccola (0,1-0,5 g).

Un metodo suggerito sperimentalmente è anche quello di **nebulizzazione** del vaccino sulla cute e sulle branchie, tuttavia l'applicazione è poco diffusa. Recentemente è stata introdotta la tecnica di somministrazione **orale**. Questa pratica comporta l'integrazione del vaccino al mangime, pertanto evita ai pesci lo stress da manipolazione e consente richiami *booster* periodici. La somministrazione viene fatta per più giorni consecutivi in modo da garantire un prolungato contatto tra l'antigene e il sistema immunitario associato alla mucosa intestinale. Il principale inconveniente, che per il momento limita questa pratica, è l'inattivazione del vaccino da parte degli enzimi e dell'acidità a livello gastrico. Pertanto le ricerche finalizzate ad implementare l'utilizzo dei vaccini orali si concentrano sullo studio dell'integrazione con antiproteasi (anti-tripsina), dell'incorporazione del vaccino nell'alimento vivo (rotiferi ed artemia), della protezione dell'antigene con sistemi di microincapsulazione (liposomi, particelle di alginato, polylactide-co-glycolide o PLG). Tutti questi sistemi possono garantire la veicolazione "protetta" del vaccino orale, fino al momento in cui esso incontra il sistema immunitario del pesce.





Bibliografia

- Actis L.A., Tolmasky M.E., Crosa J.H. (1999). *Vibriosis*. In: Fish diseases and disorders, vol.3, pp 523-557.
- Barton B.A., Iwama G.K. (1991). *Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the responses and effects of corticosteroids*. Annual Review of Fish Diseases, 1: 3-26.
- Brown G.E., Brown J.A., Srivastava R.K. (1992). *The effect of stocking density on the behaviour of Arctic charr (Salvelinus alpinus)*. Journal of Fish Biology, 41: 955-963.
- Diamant A., Lom J, Dikova I. (1994). *Myxidium leii n.sp., a pathogenic myxosporean of cultured sea bream Sparus aurata*. Disease of Aquatic Organisms, 20: 137-141.
- Diamant A., Wajsbrot (1997). *Experimental transmission of Myxidium leii in gilthead sea bream*. Bulletin of the European Association of Fish Pathologists, 17 (3/4): 99-103.
- Eldar A., Ghittino C. (1999). *Lactococcus garvieae and Streptococcus iniae infections in rainbow trout Oncorhynchus mykiss: similar, but different diseases*. Disease of Aquatic Organisms, 36: 227-231.
- Galeotti M., Beraldo P., Patarnello P., Sarli G., Volpatti D. (1999). *Encefalopatia-retinopatia virale (VER-VNN) in giovanili di branzino (D. labrax) in assenza di lesioni tipiche di vacuolizzazione cellulare*. Bollettino Società Italiana di Patologia Ittica, 27: 45-56.
- Ghittino C., Prearo M., Ghittino M., Eldar A. (1998). *Recenti acquisizioni sulle "Streptococcosi" d'acqua calda nella trota iridea*. Bollettino Società Italiana di Patologia Ittica, 23: 43-49.
- Jeney G., Galeotti M., Volpatti D., Jeney Z., Anderson D.P. (1997). *Prevention of stress in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) fed diets containing different doses of glucan*. Aquaculture, 154: 1-15.
- Kent M.L., Khatra J., Hedrick R.P., Devlin R.H. (2000). *Tetracapsula renicola n. sp. (Myxozoa: Saccosporidae); the PKX Myxozoan-The cause of proliferative kidney disease of salmonid fishes*. Journal of Parasitology, 86 (1): 103-111.
- Lom J., Dyková (1999). *Myxosporea (Phylum Myxozoa)*. In: Fish diseases and disorders, vol. 1: 97-148.
- Manning M.J., Nakanishi T., (1996). *The specific immune system: cellular defenses*. In "The Fish immune System". Iwama and Nakanishi (Eds.), Academic Press: 159-204.
- Maule A.G., Schreck C.B., Kaattari S.L. (1987). *Changes in the immune*

- system of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) during the parr-to-smolt transformation and after implantation of cortisol. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 44: 161-166.
- Péducasse S., Castric J., Thiéry R., Jeffroy J., Le Ven A., Baudin Laurencin F., (1999). *Comparative study of viral encephalopathy and retinopathy in juvenile sea bass Dicentrarchus labrax infected in different ways*. Disease of Aquatic Organisms, 36: 11-20.
 - Pickering A.D., Duston J. (1983). *Administration of cortisol to brown trout, Salmo trutta L., and its effects on the susceptibility to Saprolegnia infection and forunculosis*. Journal of Fish Biology, 21: 163-175.
 - Secombes C. J. (1996). *The non specific immune system: cellular defenses*. In "The Fish immune System". Iwama and Nakanishi (Eds.), Academic Press: 63-103.
 - Snieszko S.F. (1974). *The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes*. Journal Fish Biology 6: 197-208.
 - Suzuki Y., Lida T. (1992). *Fish granulocytes in the process of inflammation*. Annual Review Fish Diseases, 2: 149-160.
 - Wedemeyer G.A., Barton B.A., McLeay D.J. (1990). *Stress and acclimation*. In "Methods for Fish Biology". Schreck C.B. and Moyle P.B. (Eds.), American Fisheries Society, Bethesda, Maryland: 451-489.
 - Zapata A.G., Chiba A., Varas A. (1996). *Cells and tissues of the immune system of fish*. In "The Fish immune System". Iwama and Nakanishi (Eds.), Academic Press: 1-62.





Riferimenti al CCPR

Il controllo delle patologie è uno dei punti cruciali nello sviluppo dell'acquacoltura responsabile. Con l'intensificazione delle produzioni, e con il trasferimento di materiale biologico vivente, uova fecondate, giovanili, molluschi, crostacei e pesci vivi, è collegato un crescente rischio di diffusione di patologie.

Con riferimento all'art. 9 del CCPR, al 9.4, che tratta l'acquacoltura responsabile al livello della produzione (da 9.4.4 a 9.4.7) sotto differenti angolature, il tema della patologia in acquacoltura assume un ruolo centrale e viene esaminato anche per le strette relazioni che evidenzia con la sicurezza alimentare. Lo sviluppo di un'acquacoltura sempre più intensiva richiede tecnologie avanzate ed una notevole abilità degli operatori, per offrire agli animali in allevamento le migliori condizioni. È pensabile che in condizioni ambientali ottimali il rischio di patologie sia più basso. Dove questi requisiti di base non sono rispettati, l'intensificazione può comportare notevoli costi ambientali, ad esempio se è sostenuta dal forte impiego di farmaci, che possono consentire il controllo di alcune patologie.

Al 9.4.4 ed al 9.4.5 il CCPR raccomanda l'impiego di vaccini e di misure igieniche, un uso regolato di prodotti pericolosi per la salute umana e per l'ambiente.

Emerge spontaneamente la considerazione che è necessario un enorme sforzo di ricerca scientifica per affrontare il problema delle patologie in acquacoltura. È soprattutto nei Paesi Emergenti, dove il numero delle specie allevate cresce esponenzialmente, che proporzionalmente si assiste ad una crescita dei rischi legati alle patologie, in un quadro spesso recessivo per quanto riguarda il supporto alla ricerca scientifica veterinaria.

È praticamente impossibile sviluppare un'acquacoltura responsabile e buone pratiche da parte dei produttori in assenza della capacità di controllo delle patologie. Questo spiega anche lo spazio dato in questo testo a questo capitolo.

S.C.

2.11 NUTRIZIONE UMANA ED ACQUACOLTURA

E. Orban, G. Di Lena, T. Nevigato, M. Masci, F. Sinesio, I. Casini

Il contributo dei prodotti ittici al regime dietetico di Nazioni Sviluppate, come Giappone, Spagna, Norvegia, ecc., ma anche di Paesi in Via di Sviluppo è notevolmente elevato.

L'aumento della popolazione e l'eccessiva domanda hanno portato negli ultimi anni al miglioramento delle tecnologie di pesca e ad un conseguente eccessivo sforzo di cattura che ha gravemente ridotto le riserve ittiche. Parallelamente l'acquacoltura, nelle sue diverse forme, ha avuto un enorme sviluppo. Una recente sessione della FAO Committee on Fisheries (COFI) ha messo in luce il ruolo complementare dell'acquacoltura nella produzione di pesce per l'alimentazione umana e la sua capacità di alleviare la povertà in molte aree rurali. Le proiezioni globali per il futuro vedono tali produzioni in continuo aumento. La promozione ad un'acquacoltura sostenibile è divenuta una esigenza sia nei Paesi a più alto reddito sia nei Paesi Terzi dove tali produzioni, che spesso costituiscono un'integrazione ad una dieta carente di importanti principi nutritivi (proteine di buon valore biologico, acidi grassi essenziali, ferro, ed altri elementi minerali), sono in molti casi ottenute attraverso forme di acquacoltura integrata o altre piccole realtà produttive, con l'impiego di tecnologie tradizionali di tipo estensivo. Nelle Società Sviluppate, invece, il soddisfacimento dei bisogni primari è stato ampiamente raggiunto ed i consumatori occidentali hanno modificato le aspettative rivolgendo la loro attenzione alla qualità dei prodotti, alla loro salubrità e ai modelli di vita più appaganti. Nello stesso tempo è sorta la consapevolezza di una qualità del prodotto sempre più legata alla qualità dell'ambiente. La filosofia della sostenibilità e della valorizzazione e conservazione delle risorse naturali con il mantenimento di determinati equilibri è uno dei temi portanti, oltre che per il settore pesca, di tutto il sistema agroalimentare. A tal fine, si sono sviluppate tecnologie di allevamento sempre più evolute, con il duplice intento del rispetto dell'ambiente e dell'ottenimento di un prodotto di elevata qualità, sicurezza d'uso e con caratteristiche nutrizionali quanto più simili a quello selvaggio. Molte aziende hanno predisposto disciplinari tecnici di produzione allo scopo di avviare un processo di certificazione del prodotto e dell'intero sistema produttivo. Allo stesso modo è nata l'esigenza di informare il consumatore, come richiamato oltre che dal Codice di Condotta per la Pesca Responsabile redatto dalla FAO anche dal Regolamento (CE) n.





104/2000 del Consiglio del 17/12/1999 relativo all'Organizzazione Comune dei Mercati per la Pesca ed Acquacoltura e dal Regolamento (CE) n. 2065/2001 della Commissione del 22/10/2001, da realizzarsi attraverso forme di etichettatura che consentano la tracciabilità del prodotto allo scopo di permettere al consumatore una scelta responsabile.

2.11.1 Prodotti ittici: composizione e ruolo nella dieta dell'uomo

Il pesce, ma più in generale i prodotti ittici, forniscono proteine di elevato valore biologico, bilanciate nella composizione in aminoacidi essenziali, ricche di metionina e lisina. Tale fattore rende i prodotti ittici importanti non solo per l'alimentazione della popolazione dei Paesi industrializzati, ma anche per quella delle popolazioni più povere, la cui dieta è spesso basata sul consumo di tuberi o cereali, nei quali tali aminoacidi sono limitati. I prodotti ittici sono anche caratterizzati da una composizione dei grassi particolare che li differenzia dai Vertebrati omeotermi. Questi sono ricchi di acidi grassi polinsaturi, in buona parte a catena lunga (20, 22 atomi di carbonio), e fra questi di particolare rilevanza sono quelli della serie $\omega 3$, in particolare l'acido eicosapentaenoico (EPA) e l'acido docosaesaenoico (DHA) dei quali i prodotti ittici sono l'unica fonte alimentare significativa. Come per gli acidi grassi $\omega 6$ (o n-6), è stata dimostrata l'essenzialità degli acidi grassi $\omega 3$ (o n-3). Nell'uomo gli n-6 predominano nelle membrane di muscoli, fegato, rene, adipociti. Studi recenti hanno dimostrato che una dieta mancante di n-3 provoca visione ridotta, anormalità nell'elettroretinogramma, profonde modificazioni biochimiche nella composizione in acidi grassi delle membrane di cervello, retina ed altri organi. Il DHA costituisce il 25-33% degli acidi grassi dei fosfolipidi cerebrali e il 40-50 % nella retina. È stato dimostrato come sia fondamentale con l'allattamento il trasferimento del DHA dalla madre al feto. L'uomo può ricavare tali acidi grassi dal loro precursore, l'acido linoleico (18:3 n-3). Tale capacità può risultare deficitaria in talune situazioni patologiche (diabete, squilibri ormonali), nel digiuno, nell'invecchiamento, quando l'attività delle desaturasi diminuisce di efficienza e quindi diminuisce la possibilità di operare tale trasformazione.

Dall'EPA vengono poi prodotte prostaglandine caratterizzate da un'azione antiaggregante piastrinica, quindi antitrombotica e vasodilatatrice.

L'assunzione abituale di pesce è in grado di determinare un abbassamento del livello dei trigliceridi e del colesterolo diminuendo quindi i fattori di rischio coronarico. Tali acidi grassi, uniti ad un'alimentazione equilibrata, possono quindi contribuire alla prevenzione delle malattie cardiovascolari.



Per tutti questi motivi, l'American Dietetic Association include i prodotti ittici tra i *functional foods* e la quantità di acidi grassi n-3 da inserire nella dieta giornaliera (1 g/giorno) viene inclusa, da Società di Nutrizione Nazionali ed Internazionali, tra i livelli di assunzione raccomandati di nutrienti.

Le sostanze minerali sono presenti nei diversi tipi di pesce in quantità superiore a quella degli animali terrestri. Tra esse meritano di essere menzionate il selenio, lo iodio (nei pesci di mare), il fosforo, lo zinco.

Nei pesci grassi si può segnalare una discreta presenza di vitamine A ed E nel tessuto muscolare mentre nei pesci magri la vitamina A è abbondante nel fegato dove è presente anche la vitamina D.

Molluschi e crostacei hanno una composizione simile al pesce magro, i loro grassi sono anch'essi ricchi di polinsaturi, in particolare n-3. I molluschi bivalvi sono anche ricchi di ferro, magnesio e zinco.

2.11.2 I prodotti di acquacoltura e l'alimentazione umana: qualità nutrizionale, organolettica e sicurezza d'uso

In Europa ed in particolare in Italia il consumo dei prodotti ittici è andato aumentando negli ultimi anni fino ad arrivare a 23 kg annui pro capite. A fronte di questa domanda indirizzata verso specie medio-pregiate, le produzioni da acquacoltura hanno fornito un contributo fondamentale rendendo possibile la presenza costante sui nostri mercati, nella pezzatura desiderata, di trote, spigole ed orate e anguille ma anche di nuove specie da acquacoltura come saraghi, dentici e pagelli, in passato presenti solo stagionalmente in quanto legati esclusivamente ad attività di pesca. Si è ricorsi inoltre sempre di più all'importazione, sia dai Paesi Comunitari che dai Paesi Terzi (Grecia, Tunisia, Turchia, Malta), creando molto spesso problemi di competizione con le produzioni nazionali. Anche la molluschicoltura, ha assunto una grande importanza dal punto di vista alimentare con l'allevamento dei mitili (*Mytilus galloprovincialis*) e delle vongole veraci (*Tapes philippinarum*) alle quali si affiancano, seppure in quantità ridotte, ostriche appartenenti alla specie *Crassostrea gigas*. Tali specie sono presenti anch'esse tutto l'anno sui nostri mercati e presso la Grande Distribuzione in differenti taglie, favorendo un aumento del loro consumo. La qualità dei prodotti di acquacoltura in termini di Qualità Totale (nutrizionale, organolettica, sicurezza d'uso, tecnologica, ecc.) è in funzione della qualità della filiera produttiva fino al piatto del consumatore.



L'approvvigionamento dei prodotti ittici ha un ruolo fondamentale nelle aree più povere del globo. Pesca di foresta in Africa.
Foto di S. Cataudella.



Pesci

Le differenti modalità di allevamento: estensivo, intensivo in gabbia in mare o in vasca, semi-intensivo aprono interessanti prospettive di controllo della qualità del pesce prodotto. Oltre ai fattori genetici, il differente tipo e modalità di alimentazione, la densità dei pesci nelle vasche o nelle gabbie, l'attività natatoria e vari fattori ambientali (temperatura, salinità, pH, ossigenazione, ecc.) possono influenzare le caratteristiche organolettiche (colore, aroma, texture) ed entro certi limiti la composizione chimica dei pesci, in particolare la componente lipidica. La sicurezza d'uso di tali prodotti è determinata da vari fattori quali la qualità dell'ambiente acquatico, l'igienicità degli ambienti di allevamento, la somministrazione moderata e responsabile di medicinali ed antibiotici, le modalità e l'igienicità dei processi di manipolazione, conservazione e vendita. Dal punto di vista nutrizionale è importante, dato il ruolo dei prodotti ittici nella dieta dell'uomo per le peculiarità sopra descritte, che tali caratteristiche vengano mantenute quanto più possibile anche nel prodotto allevato. A dimostrazione di quanto sopra esposto, si riportano dati sperimentali da noi ottenuti che illustrano le differenze più macroscopiche rilevabili nei pesci allevati intensivamente e selvatici o da estensivo. Per brevità tali dati sono riportati come *range* di valori reperibili sul mercato e non vengono riportati distinti per taglia o periodo di cattura.

Spigole ed orate

Indipendentemente dal periodo, dalla taglia e dalla zona di prelievo si sono sempre rilevate alcune differenze significative di composizione chimico-nutrizionale ed organolettica che hanno contraddistinto i prodotti provenienti dalle due differenti realtà produttive. In particolare: 1) tenore lipidico più elevato nel prodotto allevato, soprattutto per le spigole (Tab. I); 2) acidi grassi saturi superiori nel selvatico (Fig. 1); 3) acidi grassi polinsaturi superiori nelle orate allevate mentre per le spigole allevate erano superiori i monoinsaturi (Fig. 1); 4) contenuto in n-3 totali equivalente in spigole allevate e da laguna, e superiore in orate allevate; 5) per il profilo in acidi grassi saturi e monoinsaturi: 14:0, 20:1, 22:1 n-9 e n-11, superiori nell'allevato (dati non riportati); 6) per il profilo in polinsaturi: 18:2 n-3, 18:3 n-3, 18:4 n-3, 20:5 n-3



Orate (*Sparus aurata*). Foto di S. Cataudella.



superiori nell'allevato (Fig. 2); 7) contenuto in colesterolo/g di olio più elevato nel selvatico (espresso per 100 g di prodotto il valore è chiaramente influenzato dal contenuto lipidico) (Tab. I); 8) mercurio sempre più elevato nel prodotto di laguna, in alcune realtà a volte superiore o prossimo al limite di legge. Anche il selenio, importante nel sistema di difesa da danni ossidativi, è in leggera misura superiore nel pesce selvatico. L'analisi sensoriale, effettuata in un laboratorio attrezzato (secondo la norma UNI-ISO 8589) dell'INRAN (Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione) ha rivelato differenze nella colorazione ed iridescenza della pelle, odore marino di alga e compattezza delle carni sempre superiori nel prodotto lagunare.

Tab. I - Composizione in nutrienti (g/100 g peso fresco) e della frazione lipidica insaponificabile (mg/100 g peso fresco) di filetti di spigole (*Dicentrarchus labrax*) ed orate (*Sparus aurata*).

	Allevato				Selvatico				t-test
	Min.	Max.	V.M.	ds	Min.	Max.	V.M.	ds	
Spigole									
Umidità	66.95	73.19	70.83	2.09	76.11	77.19	76.67	0.46	***
Proteine	19.22	19.93	19.56	0.22	18.92	20.12	19.75	0.57	ns
Lipidi totali	5.66	11.71	8.12	2.03	1.54	3.25	2.15	0.75	***
Ceneri	1.09	1.30	1.22	0.07	1.24	1.34	1.28	0.05	ns
Colesterolo	58.03	74.86	66.35	4.54	60.28	72.94	67.44	5.77	ns
α - tocoferolo	0.75	2.08	1.47	0.40	0.62	0.97	0.73	0.16	**
Squalene	0.70	1.90	1.24	0.44	0.26	0.69	0.51	0.18	**
All-trans retinolo (μg)	8.15	63.64	31.01	18.32	3.44	12.57	5.95	4.42	*

	Allevato				Selvatico				t-test
	Min.	Max.	V.M.	ds	Min.	Max.	V.M.	ds	
Orate									
Umidità	62.40	72.75	68.76	2.80	67.57	73.42	70.10	2.16	ns
Proteine	18.68	20.99	19.65	0.64	19.58	21.04	20.21	0.60	ns
Lipidi totali	4.59	15.00	9.56	2.74	5.84	10.42	8.41	1.73	ns
Ceneri	0.32	1.52	1.26	0.26	1.21	1.43	1.31	0.09	ns
Colesterolo	45.75	82.50	70.26	8.50	52.27	79.74	67.51	11.18	ns
α - tocoferolo	0.39	1.50	0.97	0.29	0.43	1.48	0.80	0.40	ns
Squalene	0.71	2.26	1.37	0.43	0.62	0.93	0.81	0.14	*
All-trans retinolo (μg)	3.16	43.55	12.92	10.09	9.83	15.60	13.21	2.47	ns

V.M.= valore medio; ds=deviazione standard; ns= non significativo; * P ≤ 0.05; ** P ≤ 0.01; *** P ≤ 0.001.

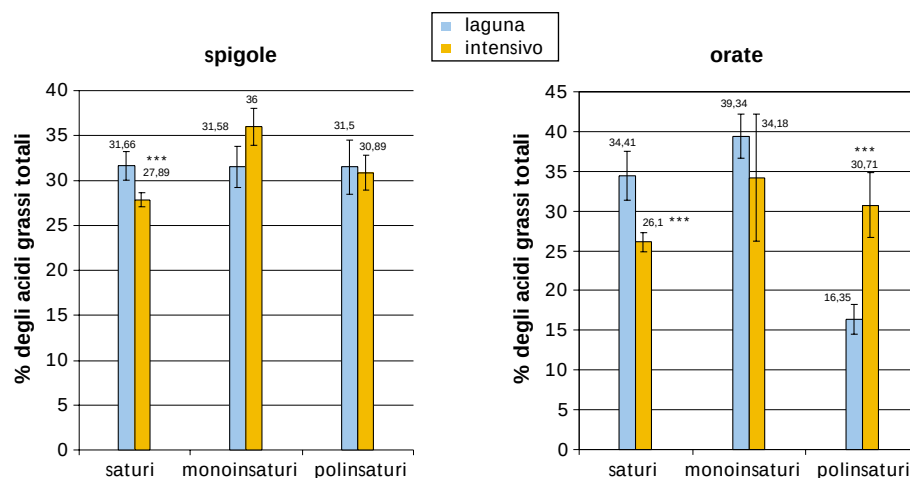


Fig. 1 - Contenuto percentuale di acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi totali nei lipidi di spigole (*D. labrax*) ed orate (*S. aurata*) allevate (intensivo) e selvatiche (laguna).

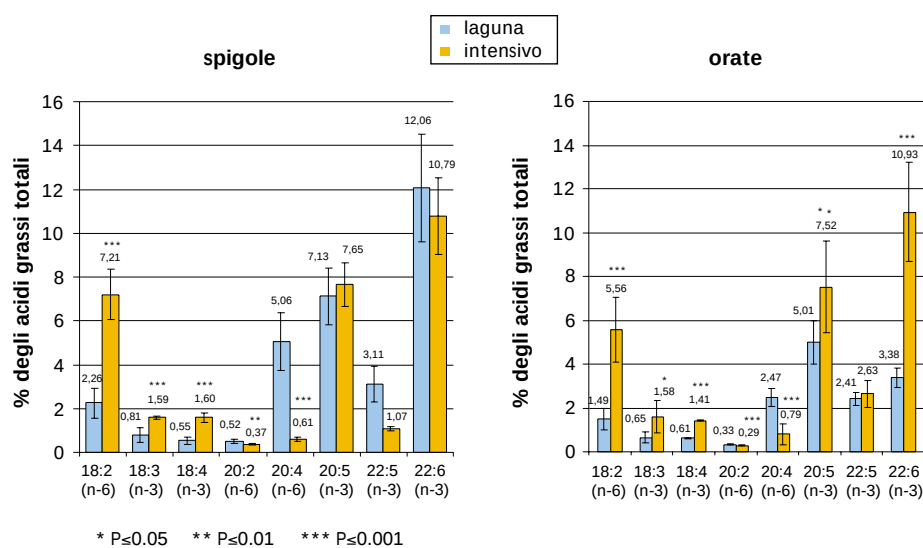


Fig. 2 - Contenuto percentuale dei singoli acidi grassi polinsaturi nei lipidi di spigole (*D. labrax*) ed orate (*S. aurata*) allevate (intensivo) e selvatiche (laguna).



Tab. II - Analisi sensoriale di spigole e orate allevate e selvatiche. (Valore quantitativo dei descrittori: 0 = min 9 = max.)

		Spigole				
	Allevato media	ds		Selvatico media	ds	t-test
Descrittori valutati sul prodotto crudo						
1. Colore della carne	4.0	1.9		5.3	1.2	**
2. Consistenza della carne	6.3	0.9		6.8	0.7	*
3. Odore di alga	1.6	0.8		2.0	1.3	
4. Odore marino	4.9	1.1		5.6	0.8	*
5. Odore melmoso	1.7	1.8		0.4	0.6	**
6. Odore amminico	0.0	0.1		0.3	0.6	*
Descrittori valutati sul prodotto cotto						
1. Odore marino	4.6	1.7		5.6	1.5	*
2. Odore di pesce/amminico	0.0	0.0		0.0	0.0	
3. Odore di ristagno	0.0	0.2		0.4	0.8	*
4. Flavour marino di alga	3.5	1.7		4.9	1.5	**
5. Flavour di ristagno	0.7	1.3		0.1	0.4	**
6. Fibrosità	2.3	1.9		2.6	1.6	
7. Succosità	6.3	1.2		5.2	1.5	**
		Orate				
	Allevato media	ds		Selvatico media	ds	t-test
Descrittori valutati sul prodotto crudo						
1. Luminosità della pelle	7.0	1.6		6.9	1.2	
2. Iridescenza della pelle	6.2	1.1		8.3	0.8	**
3. Lucentezza della pelle	6.0	1.1		6.2	0.9	
4. Odore marino, di alga	3.3	1.2		5.7	1.1	**
5. Freschezza del flavour	6.3	1.9		6.8	1.3	
6. Compattezza della carne	6.0	0.9		8.0	0.4	**
7. Facilità di rimozione della pelle	2.1	2.4		1.7	2.2	
Descrittori valutati sul prodotto cotto						
1. Flavour marino, di alga	4.1	0.8		4.1	1.0	
2. Freschezza del flavour	6.4	1.1		7.2	0.9	
3. Fibrosità	3.6	1.5		5.1	1.2	
4. Succosità	7.0	1.3		6.6	1.2	

* $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$



Anguille

Campioni di anguille provenienti da laguna e da allevamento intensivo (taglia 550-650 g) hanno mostrato differenze significative nella colorazione della pelle e delle carni, risultata più intensa in anguille provenienti da laguna, nel tenore lipidico (influenzato dalla taglia) e nel profilo in acidi grassi. Il colesterolo è risultato elevato in ambedue le realtà produttive, mentre i contenuti in vitamina A ed in vitamina E, entrambi elevati, sono risultati superiori nel selvatico (Tab. III). Per quanto riguarda il profilo in acidi grassi, le stesse differenze legate all'alimentazione riscontrate fra spigole ed orate di allevamento intensivo e di laguna, sono state evidenziate nel caso delle anguille. Citiamo per brevità fra i saturi il 14:0, e fra i polinsaturi 18:2 n-6, 18:3 n-6 e n-3, 18:4 n-3 e 22:6 n-3, tutti superiori nei campioni di allevamento (Fig. 3-4). Importante è anche il tenore in selenio (49 mg/100 g per il selvatico e 24 mg/100 g per l'allevato).

Tab. III - Composizione in nutrienti (g/100g peso fresco) e della frazione lipidica insaponificabile (mg/100 g peso fresco) di anguille con pelle.

	Allevato		Selvatico		t-test
	media	ds	media	ds	
Umidità	53.29	0.27	59.16	0.96	***
Proteine	13.92	0.23	14.85	0.62	ns
Lipidi totali	26.85	0.80	20.93	0.92	***
Ceneri	1.15	0.02	1.15	0.03	ns
Colesterolo	157.75	4.01	158.57	1.00	ns
Squalene	3.29	0.14	2.49	0.01	***
α -tocoferolo	7.87	0.04	10.01	0.05	***
All-trans retinolo (μ g)	814.68	94.57	1920.42	70.27	***

ns= non significativo; *** $P \leq 0.001$

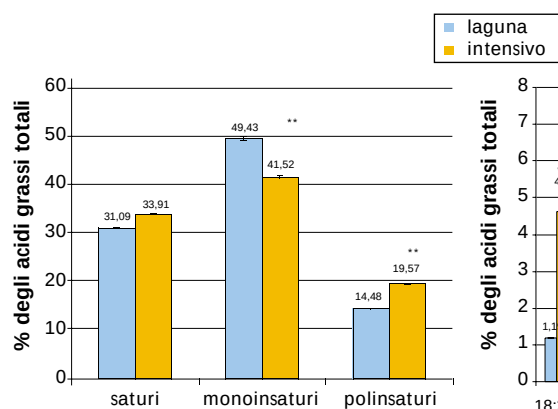


Fig. 3 - Contenuto percentuale di acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi totali in anguille allevate (intensivo) e selvatiche (laguna).

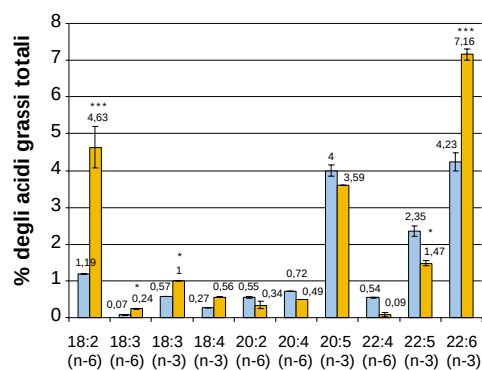


Fig. 4 - Contenuto percentuale di acidi grassi polinsaturi nei lipidi di anguille allevate (intensivo) e selvatiche (laguna).

Trote

In uno studio effettuato su trote (250-400 g) e trote salmonate (500-650 g) entrambe allevate intensivamente si sono evidenziati una certa variabilità nel tenore lipidico, anche nell'ambito di una stessa taglia, ed un elevato tenore in acidi grassi polinsaturi. Nelle trote salmonate sono stati rilevati contenuti maggiori in vitamina E e vitamina A (Tab. IV; Fig. 5-6).

In queste ultime bisogna anche evidenziare un contenuto pari a circa 800 µg/100 g di cantaxantina, pigmento carotenoidale somministrato ai pesci per la colorazione delle carni e che, pur non essendo precursore di vitamina A nell'uomo, può svolgere, nella misura in cui è assorbita, un ruolo protettivo nei confronti di fenomeni ossidativi. Attualmente si stanno svolgendo prove di colorazione delle carni con derivati naturali (crostacei, alghe, lieviti) in sostituzione di prodotti di sintesi.





Tab. IV - Composizione in nutrienti (g/100 g peso fresco) e della frazione lipidica insaponificabile (mg/100 g peso fresco) di filetti di trote (*Oncorhynchus mykiss*)

	Trote				Trote salmonate			
	Min.	Max.	V.M.	ds	Min.	Max.	V.M.	ds
Umidità	71.46	77.30	74.61	2.95	70.10	71.74	70.89	0.82
Proteine	16.94	18.92	18.20	1.10	18.34	20.41	19.49	1.05
Lipidi totali	3.29	8.06	5.89	2.41	5.86	8.62	7.64	1.54
Ceneri	1.29	1.35	1.32	0.03	1.31	1.32	1.32	0.01
Colesterolo	61.50	75.02	73.61	18.60	50.89	59.72	54.63	4.57
Squalene	0.79	1.64	1.12	0.46	0.85	1.55	1.09	0.40
α -tocoferolo	0.53	1.19	0.95	0.36	1.46	1.81	1.58	0.20
All-trans retinolo (μ g)	1.80	2.52	2.16	0.51	11.29	13.23	12.36	0.98

V.M.= valore medio; ds=deviazione standard

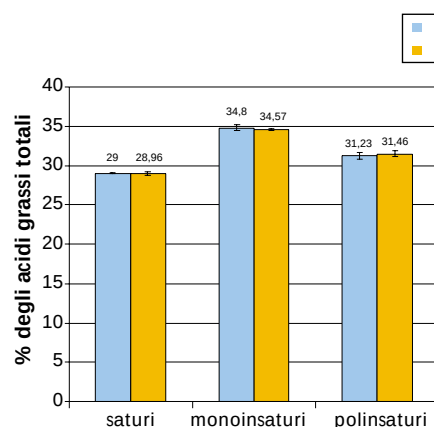


Fig. 5 - Contenuto percentuale di acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi totali nei lipidi di trote e trote salmonate (*Oncorhynchus mykiss*).

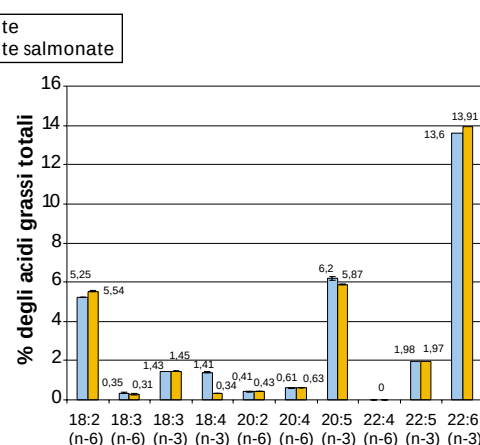


Fig. 6 - Contenuto percentuale dei singoli acidi grassi polinsaturi totali nei lipidi di trote e trote salmonate (*Oncorhynchus mykiss*).

Molluschi Bivalvi

Anche in questo settore accanto alle tecnologie di allevamento tradizionali si stanno individuando nuove tecniche di allevamento, *off-shore* per i mitili, allo scopo di ridurre tempi di lavorazione e costi di produzione e di avere un prodotto di qualità superiore. La resa in parte edibile, le proprietà nutrizionali ed organolettiche e la sicurezza d'uso dei Molluschi Bivalvi sono dipendenti dalle caratteristiche e qualità dell'ambiente, dalla temperatura, dalla disponibilità alimentare e dal ciclo riproduttivo.

In studi da noi condotti su diverse specie di Molluschi Bivalvi (*Tapes decussa-*



tus, *Tapes semidecussatus*, *Chamelea gallina*, *Mytilus galloprovincialis*), prelevati in diversi periodi dell'anno, sono stati riscontrati bassi livelli di lipidi totali (0.7-2.5 g/100g) e colesterolo (25-50 mg/100 g di parte edibile), una elevata percentuale di acidi grassi polinsaturi totali (35-49% degli acidi grassi totali) con prevalenza di EPA e DHA, ed una varietà di steroli di origine vegetale (desmosterolo, fucosterolo, brassicasterolo, stigmasterolo, campesterolo, β -sitosterolo) presenti in quantitativi variabili nei diversi periodi dell'anno anche in relazione al sito di prelievo. Dal punto di vista nutrizionale i fitosteroli svolgono un ruolo importante nella riduzione dei livelli di colesterolo plasmatico, in virtù della loro capacità di competere con il colesterolo per l'assorbimento a livello intestinale. A scopo esemplificativo si riportano alcuni dati relativi allo studio effettuato su mitili (*Mytilus galloprovincialis*) prelevati nel corso di un anno solare ad intervalli stagionali a 1,5 miglia dalla costa adriatica (Cattolica, Rimini) e presso il Lago di Sabaudia (Latina), nel Mar Tirreno. Nei mitili di entrambe le provenienze il contenuto in parte edibile e l'Indice di Condizione, parametro di rilevanza merceologica in quanto collegato alla resa in parte edibile, seguivano andamenti fra loro simili nel corso dell'anno ed opposti a quelli del contenuto in acqua intervalvare (Fig. 7 a-b). La composizione chimica della parte edibile era caratterizzata da fasi di accumulo e di utilizzo delle riserve energetiche, lipidi e glicogeno in particolare, differenti nei due siti in relazione alla disponibilità alimentare ed alle fasi del ciclo riproduttivo (Fig. 8 a-b). Il profilo degli acidi grassi era caratterizzato da una prevalenza di polinsaturi (37-48% degli acidi grassi totali) sui saturi (26-37%) e monoinsaturi (16-29%) (Fig. 9 a-b). In particolare, fra i polinsaturi prevalevano EPA e DHA, la cui tendenza a variare in senso opposto nel corso dell'anno, frequente in diverse specie di Molluschi Bivalvi, può riflettere sia la prevalenza di diversi organismi planctonici nell'ambiente acquatico che l'efficienza dei meccanismi metabolici di conversione del 20:5 n-3 in 22:6 n-3 (Fig. 9 a-b).

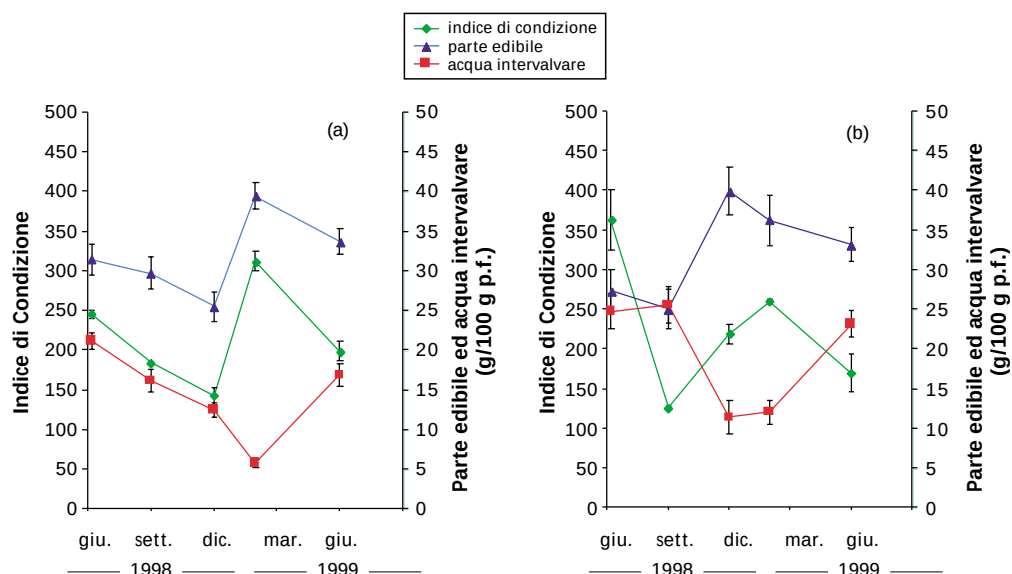


Fig. 7 - Andamenti stagionali di Indice di Condizione, contenuto in parte edibile ed in acqua intervalvare di mitili (*M. galloprovincialis*) provenienti da Mar Adriatico (a) e dal Mar Tirreno (b).

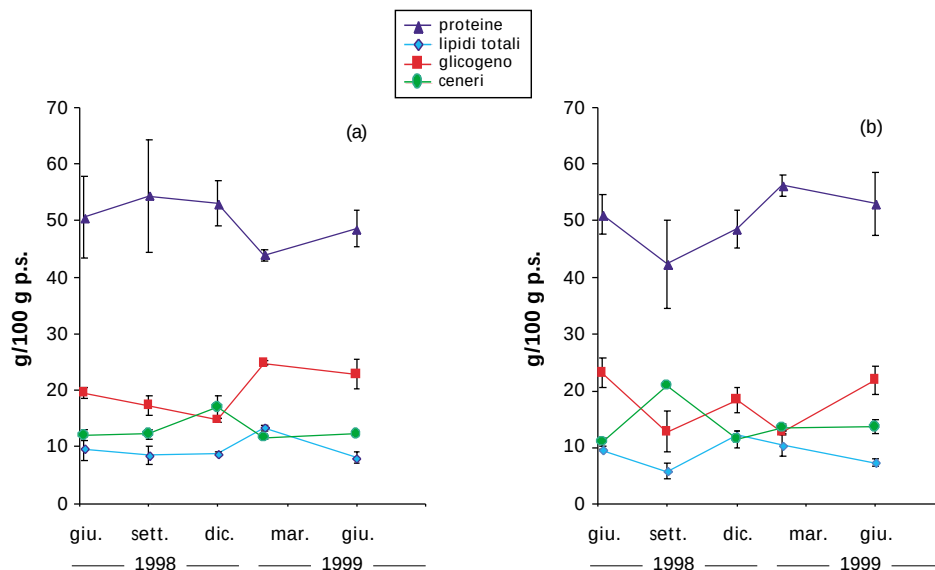


Fig. 8 - Andamenti stagionali dei contenuti in proteine, lipidi totali, glicogeno e ceneri in mitili (*M. galloprovincialis*) provenienti dal Mar Adriatico (a) e dal Mar Tirreno (b).

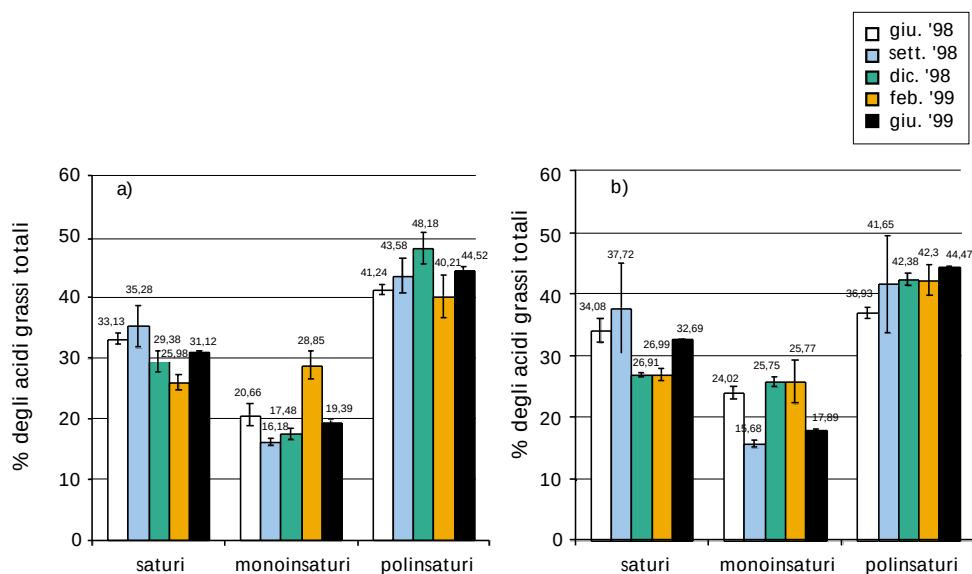


Fig. 9 - Andamenti stagionali della distribuzione percentuale di acidi grassi saturi, monoinsaturi e polinsaturi totali in estratti lipidici di mitili (*M. galloprovincialis*) provenienti dal Mar Adriatico (a) e dal Mar Tirreno (b).

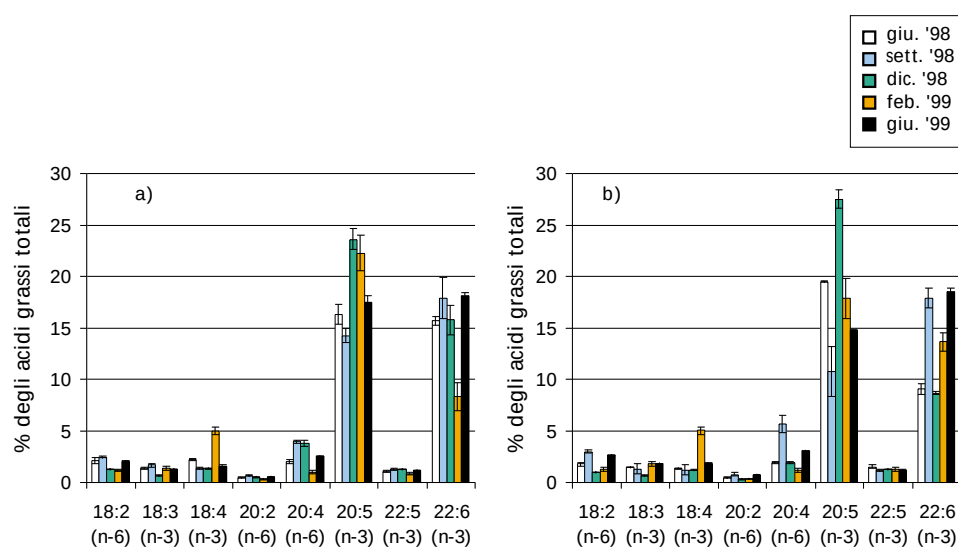


Fig. 10 - Andamenti stagionali del profilo in acidi grassi polinsaturi di mitili (*M. galloprovincialis*) provenienti dal Mar Adriatico (a) e dal Mar Tirreno (b).



2.11.3 Considerazioni conclusive

L'elevato contenuto lipidico riscontrato in tutti i campioni provenienti da allevamento intensivo ha implicazioni dietetiche, oltre che organolettiche, in quanto spigole, orate e trote da allevamento non possono più essere annoverate tra i pesci magri. Dato l'elevato contenuto in acidi grassi polinsaturi della serie n-3, paragonabile o addirittura superiore a quello di campioni di laguna, come nel caso delle orate, la qualità dei grassi di pesci da allevamento intensivo di origine nazionale può considerarsi elevata e fortemente influenzata dalla composizione e dalle modalità di somministrazione della dieta. Il contenuto in colesterolo delle carni era equivalente nei pesci allevati e di laguna nonostante il maggior tenore in grassi di questi ultimi. Tra gli elementi in traccia, il mercurio è risultato sempre più elevato nel pesce di provenienza lagunare, più esposto, rispetto a quello allevato intensivamente, al rischio di un bioaccumulo sia per il prolungato contatto con i fondali, che risentono della particolare situazione geochimica di alcune zone, che per un possibile fenomeno di accumulo nella catena alimentare. I fattori qui considerati portano, nel loro insieme, a ritenere che il prodotto di acquacoltura intensiva può offrire una garanzia di sicurezza al consumatore, qualora siano sottoposte a controllo tutte le fasi della filiera produttiva, la qualità delle acque e quella dei mangimi.

L'elevata presenza sui mercati, per le specie sopra riportate, di prodotto allevato rispetto al selvatico (75%) esige quindi una gestione attenta e responsabile della filiera produttiva dal momento che, come dimostrato, le modalità di allevamento possono influenzare la qualità e la sicurezza dei pesci allevati. Nell'ottica di realizzare un processo di certificazione di prodotto, derivante da una filiera produttiva certificata, accanto agli standard igienico-sanitari definiti dalle Normative, l'elaborazione di standard volontari, tra i quali quelli nutrizionali, costituirebbe garanzia per il consumatore che i requisiti peculiari per le singole specie vengano mantenuti anche per i corrispettivi pesci allevati.



Affumicatoio per pesci nell'Africa equatoriale per garantire la conservazione del pescato.
Foto di S. Cataudella.



La qualità dei prodotti dell'acquacoltura dipende dalle modalità di allevamento.
Foto di S. Cataudella.



Bibliografia

- Bakir H.M., Melton S.L., Wilson J.L. (1993). *Fatty acid composition, lipids and sensory characteristics of white amur (*Ctenopharyngodon idella*) fed different diets*. Journal of Food Science, 58: 90-95.
- Bang H.O., Dyerberg J. (1985). *Fish consumption and mortality from coronary heart disease*. New England Journal of Medicine, 313: 822-823.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1995). *Code of Conduct for Responsible Fisheries*. FAO, Rome.
- Gordon D.T. (1986). *Minerals in seafood: availability and interactions*. In: Kramer DE and Liston J. (Eds). *Seafood quality determination*. Elsevier: Amsterdam: 517-542.
- ISMEA (1998). *Filiera pesca ed acquacoltura*. Roma.
- LARN (1996). *Livelli di Assunzione Raccomandata in Energia e Nutrienti per la Popolazione Italiana*. Società Italiana di Nutrizione Umana.
- Mohr V. (1987). *Control of nutritional and sensory quality of cultured fish*. In: "Seafood Quality Determination". Kramer D., J. Liston (Eds.), Elsevier, Amsterdam: 487-496.
- Orban E., Sinesio F., Paoletti F. (1997). *The functional properties of the proteins, texture and sensory characteristics of frozen Sea bream (*Sparus aurata*) fillets from different farming system*. Food Science and Technology /Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 30: 214-217.
- Orban E., Di Lena G., Ricelli A., Paoletti F., Casini I., Gambelli L., Caproni R. (2000). *Quality characteristics of sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) from different intensive rearing systems*. Food Chemistry, 70: 27-32.
- Orban E., Di Lena G., Navigato T., Casini I., Caproni R. (2001). *Seasonal changes in meat content, condition index and chemical composition of mussels (*Mytilus galloprovincialis*) cultured in two different Italian sites*. Food Chemistry (in stampa).
- Orban E., Di Lena G., Navigato T., Casini I., Santaroni G., Marzetti A., Caproni R. (2001). *Quality characteristics of Sea Bass intensively reared and from lagoon as affected by growth conditions and the aquatic environment*. Journal of Food Science (in stampa).
- Commissione delle Comunità Europee (2000). *Libro Bianco sulla Sicurezza Alimentare*.
- Commission of the European Communities, Directorate - General Industry (1993). *Scientific Committee for Food (Thirty-first series), Nutrient and Energy Intakes for the European Community, 7th Report*.



- Simopoulos A.P., Kifer R.R., Martin R.E., Barlow S.M. (1991). *Health effects of ω 3 polyunsaturated fatty acids in seafoods*. Karger, Basel.
- Vanhouette P.M., Shimokawa H., Boulanger C. (1991). *Fish oil and the platelet blood vessel wall interaction*. In "Health Effect of ω 3 Polyunsaturated Fatty Acids in Seafoods". Simopoulos R.R. (Ed.). World Review of Nutrition and Dietetics.

Riferimenti al CCPR

“Fin dall’antichità, la pesca è stata una delle maggiori fonti di alimenti per l’umanità...” Così recita la prefazione del CCPR, definendo fin dall’inizio il contesto applicativo in cui il Codice sviluppa la serie di raccomandazioni finalizzate all’uso sostenibile delle risorse acquatiche viventi che non possono essere, come in passato, considerate “un inesauribile dono della natura”. Al punto f, dell’art. 2, in cui sono elencati gli obiettivi, è specificato che il CCPR deve promuovere il contributo delle produzioni ittiche per la sicurezza e per la qualità alimentare, considerando come priorità i bisogni nutrizionali delle comunità locali.

Le relazioni tra produzioni acquatiche, nel nostro caso quelle da acquacoltura, ed alimentazione umana sono senza dubbio un punto sensibile del CCPR. Questo aspetto si presta ad una serie di considerazioni. Lo scopo primo dell’acquacoltura è quello di produrre alimenti per il consumo umano. L’acquacoltura responsabile dovrebbe essere uno degli strumenti delle politiche tendenti (CCPR 11.1.9) ad incoraggiare il consumo dei prodotti ittici, ciò significa che tali prodotti dovrebbero essere sani e risultato di strategie produttive sostenibili. Ed anche il miglioramento dello standard di qualità dei prodotti, a cominciare dagli aspetti igienico-sanitari, dovrebbe essere accelerato dalla diffusione di processi produttivi responsabili. Negli ultimi dieci anni la percezione delle relazioni tra politiche alimentari ed ambientali è andata crescendo. Le più chiare evidenze dei riflessi della contaminazione ambientale sulla salute umana, attraverso l’acqua che beviamo, gli alimenti di cui ci nutriamo, e l’aria che respiriamo, ha posto consumatori ed ambiente in una relazione molto stretta. Il CCPR indirizza una serie di raccomandazioni perché l’acquacoltura generi bassi impatti ambientali, producendo alimenti sicuri. La qualità degli organismi da acquacoltura per l’alimentazione non è indipendente dalla qualità ambientale in cui questi vengono allevati, dalle materie prime dei mangimi somministrati, dalla qualità della vita animale e dallo stato di benessere che ne consegue, per i soggetti allevati.

Ancora una volta può risultare utile ricordare che il CCPR ha valenza globale, ed alcune raccomandazioni agli Stati possono essere interpretate in maniera diversificata, in riferimento alle differenti condizioni socio-economiche cui ci si riferisce. Il contributo alla sicurezza alimentare e gli aspetti igienico-sanitari assumono ruolo centrale per le aree geografiche ad economie più povere. Gli aspetti igienici nelle economie ricche sono quasi garantiti da norme e sistemi di controllo, spesso molto avanzati. In queste aree la stessa definizione di sicurezza alimentare può andare ben oltre le aspettative e comprendere nozioni





di qualità più o meno avanzate. Il fine primo del CCPR è quello di integrare la conservazione dell'ambiente e delle risorse naturali in scenari produttivi cui non è possibile rinunciare, come quello dell'acquacoltura, il cui sviluppo richiede modalità nuove e, appunto, responsabili per garantire il futuro. Il ruolo dei prodotti dell'acquacoltura nella nutrizione umana è certo rilevante, i prodotti della pesca sono notoriamente ricchi di tante buone molecole. Grazie allo sviluppo tecnologico e alla capacità di controllo delle qualità, l'allevamento responsabile consentirà nel prossimo futuro di mantenere e migliorare gli standard delle produzioni naturali, per l'igiene e per la salute di tutti.

S.C.



2.12 ECONOMIA ED ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

F. Donati, G. Ruol

La trattazione dei problemi di convenienza all'investimento viene normalmente effettuata attraverso l'esame di singoli casi aziendali. Di conseguenza gli investimenti primari e quelli agro-industriali del comparto ittico sono stati spesso il frutto di decisioni prese in modo isolato dal contesto territoriale. In tempi più recenti il problema è visto nella sua complessità e l'analisi degli investimenti prevede, anche in campo acquicolo, accanto al tradizionale bilancio, la valutazione degli effetti (economici, sociali ed ambientali) di questi interventi sulle altre imprese della filiera e più in generale sulla collettività. La programmazione degli investimenti acquicoli deve tenere conto di diversi fattori quali:

- la **crescente immissione** di mezzi tecnici, che tende ad avvicinare sempre più le aziende ittiche alle imprese di tipo industriale (aspetti finanziari, rischi, management, ecc.);
- lo sviluppo dei **processi che si svolgono “fuori azienda”**, che danno luogo ad una filiera ittica che ingloba in misura crescente attività del secondario e del terziario;
- l'**intensificazione dei processi produttivi** e di filiera, che determina quasi sempre esternalità ambientali e sociali (positive e negative).

La validità di un'attività, come l'acquacoltura, deve essere considerata sotto tre aspetti:

- a) costi e benefici aziendali;
- b) marketing e rapporti tra i segmenti della filiera ittica;
- c) bilancio ambientale.

2.12.1 Costi e benefici aziendali

La gestione dell'impresa acquicola è in primo luogo condizionata da fattori esterni, come accade per quasi tutte le attività del primario: alternanza delle stagioni, condizionamento dei processi biologici e forte dipendenza da fattori naturali.

Essa presenta inoltre una rilevante dinamica tecnico-economica, in particolare per quanto concerne:

- i rapporti *input/output* (es. efficienza dell'alimentazione e del bilancio energetico);



- integrazione con attività agroindustriali nell'ambito della filiera (mangimi-fici, impianti di trasformazione, ecc.);
 - interrelazioni tra comparto ittico e sistema economico territoriale (distretto).
- Per l'imprenditore, preso atto dei fattori esterni (vincoli ed opportunità), sorge la necessità di organizzare i fattori produttivi interni per raggiungere il miglior risultato economico. Quest'ultimo può variare a seconda delle tipologie di impresa e di sensibilità dell'imprenditore: massimo tornaconto, massimo ritorno sui capitali investiti, massimo reddito netto di lungo periodo⁽¹⁾, ecc.

Nella fase di organizzazione aziendale rivestono un ruolo determinante:

- la scala o dimensionamento degli impianti aziendali;
- il rapporto capitale tecnico e capitale sociale;
- il rapporto fra i fattori naturali e quelli indotti dall'uomo.



Casa di pesca e peschiere di un'azienda valliva. Sistema produttivo tra i più dipendenti da fattori naturali. Foto di A. Vacchi.

Per quanto riguarda il **dimensionamento dell'impresa**, l'obiettivo del singolo, fatti i conti con la disponibilità di capitale⁽²⁾, è quello di realizzare una sorta di economia di scala, onde avere bassi costi fissi unitari. Tale economia di scala si realizza più facilmente in un'ottica territoriale che tenga conto del contesto di appartenenza dell'impresa in oggetto.

Circa il **rapporto tra capitale tecnico e capitale sociale** si richiama il concetto di capitale inteso come fattore limitante. Un'insufficiente disponibilità di capitale finanziario rischia di rallentare il rinnovo delle strutture obsolete, quindi l'immissione di nuove tecnologie e di *know-how*, facendo perdere competitività alle imprese. Nondimeno risulta indispensabile una buona



gestione del capitale sociale a tutti i livelli. Pur disponendo di addetti specializzati e di tecnici qualificati, il fattore limitante può essere rappresentato dal solo *management*, come accade in molte imprese cooperative.

Circa i **rapporti fra i fattori naturali e quelli indotti dall'uomo**, si richiama il concetto di sostenibilità, oltretutto l'insieme delle norme che disciplinano l'uso delle risorse collettive.

2.12.2 *Marketing e rapporti tra i segmenti della filiera ittica*

L'efficienza economica dell'impresa di pesca o di acquacoltura è soggetta anche ad allee dipendenti dai rapporti tra la produzione e gli altri segmenti della filiera. L'espansione del comparto ittico non è un problema che riguarda solo l'azienda intesa come momento produttivo ma è anche condizionata dai rapporti tra i segmenti della filiera agro-industriale ittica.

Per valorizzare al meglio la produzione non basta preoccuparsi del prezzo realizzato oggi sul mercato, ma è molto importante che tale prezzo sia remunerativo nel lungo periodo, cioè nell'arco di tempo che coincide con la durata economica dell'investimento. Inoltre, l'impresa si trova spesso nella situazione di dover affrontare ciclicità di mercato dipendenti da crisi di *surplus* di prodotto od anche di approvvigionamento dei fattori di vario genere (capitale tecnico, finanziario, energia ed anche capitale umano).

Per puntare alla migliore redditività dell'impresa, attraverso la valorizzazione della produzione, si possono prospettare, al di là delle classiche strategie di intervento sul costo di produzione, delle strategie di prodotto.

Strategie di costo

Circa gli interventi sul costo di produzione occorre considerare che gli allevamenti di tipo intensivo presentano elevati consumi di alimenti e di energia, quindi hanno una forte incidenza di costi variabili unitari (CVU) rispetto a quelli fissi unitari (CFU). Occorre pertanto tenere in grande considerazione le fluttuazioni di prezzo di questi *input* correnti, in quanto rappresentano l'elemento critico della redditività. Per ridurre il costo unitario di produzione (CMU)⁽³⁾ si può intervenire fondamentalmente attraverso due vie:

- integrando la produzione all'agroindustria;
- realizzando impianti di allevamento con criteri di elevata flessibilità gestionale.

Per promuovere l'integrazione tra gli anelli della filiera si possono stipulare contratti tra impresa di allevamento e agroindustria, che diventa fornitrice esclusiva di mezzi tecnici correnti (mangimi, medicinali, ecc.), ma che può



anche impegnarsi al ritiro del prodotto finale a condizioni di prezzo stabilite in partenza. È evidente che questo tipo di contratto, pur abbattendo il rischio di impresa per il singolo allevatore, riduce anche i gradi di libertà di quest'ultimo.

Circa il concetto di flessibilità si ricorda come il costo unitario sia gravato da una forte incidenza dei costi fissi (CFU), per cui l'imprenditore deve essere in grado di intervenire sugli stessi anche in periodi intermedi dell'arco di vita dell'investimento. Gli impianti vanno quindi programmati e realizzati con criteri di modularità e di flessibilità, onde permettere un recupero finanziario a medio termine e consentire i necessari ammodernamenti ed aggiornamenti tecnici degli impianti.

Strategie di produzione

Il produttore deve tenere sempre in considerazione le esigenze della domanda. Queste si evolvono continuamente sotto la spinta sia di fattori socio-culturali sia di natura economica. Nell'insieme le diverse misure che si possono adottare riguardano:

- l'analisi della domanda e delle tendenze di consumo;
- l'integrazione tra le imprese della filiera e la creazione di una rete territoriale;
- la programmazione del ciclo di produzione.

2.12.3 Analisi della domanda

All'interno dell'analisi della domanda vanno collocate le strategie di *marketing*, dirette a valutare l'atteggiamento e le preferenze del consumatore e l'efficienza delle possibili destinazioni del prodotto.

Negli ultimi decenni, i grandi mutamenti sociali e la spinta a raggiungere un più elevato tenore di vita hanno contribuito a modificare la struttura dei consumi alimentari. Con l'aumento del benessere economico è cresciuto il potere d'acquisto dei consumatori, di conseguenza si sono modificate le modalità di scelta che non si basano più sul solo fattore prezzo e sulle tipiche consuetudini alimentari. La concentrazione della popolazione nei maggiori centri urbani ha condotto allo sviluppo di nuove tecnologie per la conservazione e trasformazione di questi. Tutto ciò ha dato la possibilità di nutrirsi con una maggiore sicurezza e varietà di cibi e ha comportato indubbi benefici. Per contro, la tendenza a mangiare più del necessario, ha portato i consumatori dei paesi ricchi ad essere più esposti a rischi per la salute. Le stesse tecniche di produzione e trasformazione dei prodotti agro-alimentari, a fron-



te di una maggiore sicurezza e praticità d'uso degli stessi, hanno condotto ad una perdita di naturalità. Molti consumatori cercano ora di recuperare questa naturalità attraverso il controllo della qualità.

Avendo già acquisito i parametri indotti dalla normativa igienico-sanitaria, la qualità spazia oggi su nuovi campi che vanno da quello della “qualità intrinseca”, a quello della “qualità immagine” e della “qualità servizio”.

In sostanza, il “prodotto pesce”, in virtù delle caratteristiche organolettiche, del riconosciuto valore nutrizionale, della genuinità e naturalezza e dell'elevata digeribilità ha conquistato fasce crescenti di consumatori, sempre più attenti alla salute ed alla qualità della vita.

Lo sviluppo di nuovi segmenti di mercato per il pesce fresco confezionato potrebbe rappresentare un'importante occasione per la creazione di nuove aree merceologiche e di nuovo valore aggiunto, per un prodotto che rientra ancora sostanzialmente in uno schema di scelte di consumo di tipo tradizionale. Per questo è importante sottolineare, anche nel comparto ittico, l'importanza dal *packaging* nella politica di sviluppo del prodotto.

I prodotti ittici devono sapersi adeguare alla linea evolutiva del “prodotto-servizio” seguendo il *trend* di domanda, in particolare per quanto riguarda i prodotti freschi di seconda generazione (es. prodotti eviscerati, tranci e filetti), quelli surgelati, quelli di terza e quarta generazione (es. spiedini-involtini di pesce, piatti confezionati, porzionati e/o pronti per la cottura).

Nel prossimo futuro, al di là della qualità servizio, uno dei parametri più importanti per le preferenze del consumatore sarà la “qualità-ambiente”, verso la quale i produttori stanno manifestando una crescente sensibilità.

2.12.4 Integrazione tra imprese e creazione di una rete territoriale

In merito all'integrazione tra imprese della filiera e alla creazione di una rete territoriale, bisogna considerare le attività di pesca ed acquacoltura in connessione con altre attività territoriali. Il territorio costiero presenta peculiari caratteristiche spaziali, economiche e sociali legate spesso alle attività ittiche. Attorno a determinate tipologie di pesca e/o specie catturate od allevate ruota una popolazione di famiglie, di imprese e di mestieri.

Al riguardo si possono quindi individuare:

- dal lato della produzione, **imprese di pesca territoriali**;
- dal lato della trasformazione e commercializzazione, quelle che si possono definire **imprese distrettuali**, che sono in connessione con la pesca e l'acquacoltura.



Le prime sono direttamente interessate e coinvolte nella tutela e nel mantenimento della risorsa naturale marina, in quanto essa rappresenta contemporaneamente fattore di produzione e prodotto.

Le seconde, operando a valle del settore produttivo locale, agiscono a guisa di tessuto socio-economico e vengono a costituire, in integrazione con l'attività di pesca, l'atmosfera necessaria al mantenimento e allo sviluppo dell'area sistema (laboratori di lavorazione dei prodotti, turismo ed altri servizi collegati al territorio locale). Si viene così a determinare una sorta di **distretto** fondato sulla coesistenza di piccole-medie imprese caratterizzate da una **specificità produttiva e culturale** (valori etici, storici, cultura del lavoro, del risparmio, ecc.) e da una propria rete **istituzionale locale** (usi e costumi commerciali, associazionismo economico e sociale, scuole di specializzazione, ecc.). Il sistema economico del distretto assume così un'immagine unitaria per cui, i suoi prodotti-servizi, vengono ad assumere caratteri di tipicità, spesso riconosciuti sia all'interno che all'esterno dello stesso.

A tal fine si ricorda come, nelle zone costiere, le relazioni economiche e sociali tra imprese e territorio non dipendano tanto dal mero recepimento del diritto nazionale e comunitario, quanto da norme e consuetudini locali fortemente radicate nel tessuto storico e culturale locale.

Ed è proprio per questo che il sistema economico della pesca può definirsi un **quasi-mercato**⁽⁴⁾ (Fig. 1).

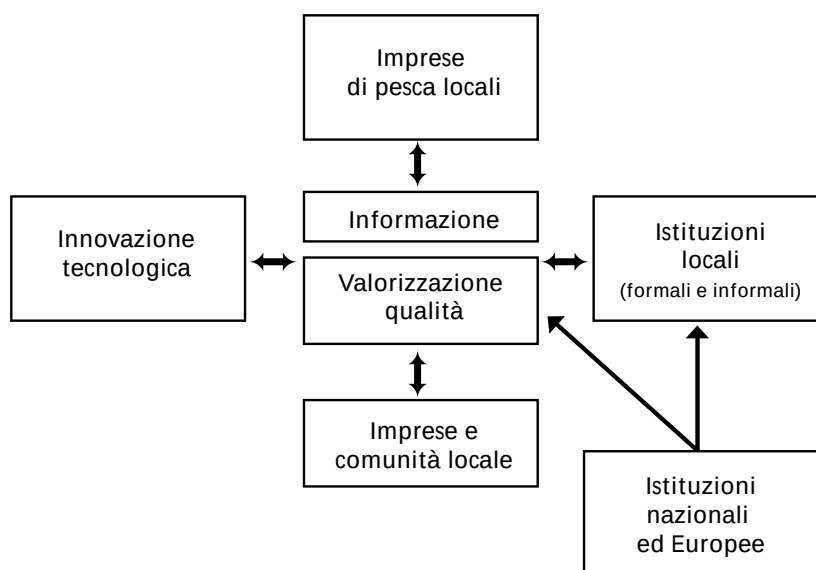


Fig. 1 - Il sistema economico del "quasi-mercato" della pesca.



In un'ottica di distretto il sistema di imprese locali risulta essere un agente intermedio tra il mercato e la singola azienda: le imprese si scambiano reciprocamente i prodotti e l'*output* di un'impresa risulta essere *input* per l'altra. Grazie a questa serie di processi, i costi di transazione possono risultare ridotti rispetto ad un mercato tradizionale, proprio in virtù del fatto che il mercato viene ad assumere caratteri di "mercato locale integrato". Questo tipo di mercato assume quindi caratteri di trasparenza per quanto riguarda le informazioni inerenti la tecnologia e l'accesso all'innovazione. Quest'ultima diventa pertanto un elemento interno al sistema e la sua diffusione avviene quasi in modo spontaneo e volontario. In un'ottica di mercato globalizzato e fortemente dipendente dal fattore prezzo, i distretti locali di pesca consentono di avvalersi di una strategia che punta molte delle sue carte sull'aumento di competitività in connessione con la valorizzazione della qualità (politiche di *no-price competition*). Ciò viene a determinare, per il prodotto e le imprese del distretto:

- la creazione di un sistema che alimenta sicurezza e fiducia e contribuisce ad accrescere il valore aggiunto locale;
- un nesso tra prodotto, paesaggio, cultura e tradizioni;
- la salvaguardia del patrimonio culinario e l'esaltazione degli elementi che definiscono l'identità di zona;
- sinergie con altri settori, tra cui il turismo e la comunicazione;
- una sorta di "remunerazione indiretta" dei connessi beni ambientali, naturali e culturali.

2.12.5 Programmazione del ciclo di produzione

Oltre agli interventi di programmazione aziendale, già indicati in precedenza e legati a fattori di medio-lungo periodo, si può intervenire sull'offerta attraverso la diversificazione del prodotto finale. Partendo da uno stesso prodotto si può raggiungere il consumatore con prodotti diversificati a prezzi differenziati. Un'efficace strategia di diversificazione richiede però investimenti che superano di norma la scala del singolo produttore e che necessitano spesso di un'integrazione tra le imprese. Queste forme di integrazione possono interessare sia il prodotto primario, sia gli altri segmenti



Conta di giovanili di *Mugil cephalus* da riproduzione controllata.
Foto CIRSPE.



della filiera, sia ancora la rete dei servizi connessi. Da notare che l'acquacoltura, essendo un settore ad elevata dinamica tecnologica, si avvantaggia in larga misura dei perfezionamenti apportati dalla sperimentazione. Quest'ultima, venendo ad assumere il ruolo di strumento essenziale di sviluppo, non può essere disgiunta dalla programmazione delle diverse fasi della filiera. Va tuttavia tenuto conto che il grande incremento di produttività degli ultimi anni è stato realizzato a spese di forti *input* trofici ed energetici. D'ora in avanti si dovrà quindi valutare molto attentamente il legame tra acquacoltura intensiva e pesca, dal momento che quest'ultima non può essere intesa come fornitrice di beni intermedi (mangimi) a favore della prima.

Infine lo sviluppo della moderna acquacoltura è stato reso possibile grazie alla disponibilità di adeguato "materiale da semina". In questo specifico segmento occorre però evitare che si incorra nei ben noti problemi che affliggono i produttori di semi vegetali. In sostanza la programmazione della produzione deve essere in grado di assicurare un adeguato margine di sicurezza al consumatore a partire dalle prime fasi del suo ciclo.

2.12.6 Bilancio ambientale

Gli ambiti costieri e lagunari sono stati da sempre sede di attività diverse, tutte accomunate da una forte dipendenza dall'ambiente e da una reciproca compatibilità di funzioni. Tale territorio è un contenitore cui afferiscono attività che vanno dal primario sino al terziario ed al turismo in particolare. In questi ambiti le attività di pesca ed acquacoltura presentano aspetti multifunzionali e multisettoriali che devono essere quantificati e valutati in relazione alle diverse situazioni. Il bilancio ambientale rappresenta pertanto lo strumento di valutazione economico-ambientale e di gestione integrata dei sistemi produttivi di pesca ed acquacoltura.

Per poter sviluppare tale bilancio, le strategie di impresa devono essere considerate in stretta connessione con quelle di carattere ambientale da una duplice angolazione:

- sostenibilità delle attività produttive;
- miglioramento ambientale e valorizzazione delle risorse e dei prodotti.

Nel paragrafo precedente è stato evidenziato come, a livello di comparto pesca-acquacoltura, si possano realizzare importanti sinergie tra i diversi protagonisti del sistema locale.



Imboschimento di arginelli di valle salsa da pesca. Foto di S. Cataudella.

Come punto di partenza per l'impostazione di questo bilancio sono da sottolineare i seguenti aspetti:

- l'orientamento dei consumatori/fruitori verso prodotti legati alla qualità ambientale e territoriale;
- il ruolo strategico degli operatori del primario che, per la promozione qualitativa dei propri prodotti, si orientano sempre più verso la valorizzazione dell'ambiente;
- le opportunità offerte, sia in termini di occupazione che di nuovo reddito, dalle altre attività connesse alla produzione primaria (forme di produzione congiunta);
- la spinta innovativa che deriva dalla produzione integrata (valorizzazione di processo e di prodotto trasformato);
- le ricadute sulle attività del terziario ed in particolare sul turismo.

Analizzando in questo contesto ambienti peculiari dal punto di vista naturalistico e paesaggistico, come quelli costieri, qualsiasi attività produttiva genera esternalità sia di segno positivo che negativo.

Il problema delle esternalità negative è affrontato dalla vasta letteratura di settore e riguarda la sostenibilità ambientale di attività che danno luogo a varie forme di inquinamento.



Le esternalità positive sono rappresentate, invece, dalle possibili connessioni tra attività produttive integrate e forme di valorizzazione delle risorse ambientali.

Pertanto, oltre ai tradizionali costi e ricavi aziendali bisogna valutare i costi e benefici sociali in merito alla fattibilità di impianti ed attività di pesca ed acquacoltura.

L'impostazione dello schema di bilancio passa attraverso l'individuazione dei costi/ricavi privati e dei costi/benefici sociali che vengono evidenziati nella tabella che segue.

Tab. I - Multifunzionalità delle attività produttive di pesca ed acquacoltura.

Tipo di funzione	Benefici privati Analisi finanziaria	Benefici pubblici Analisi economica
Produttiva	• Produzione primaria di pesca ed acquacoltura tradizionale; • Produzione di specie ittiche di nuova introduzione; • Produzione di mitili di nuova introduzione, di poriferi e di policheti; • Produzione di prodotti secondari (es. alghe e collagene); • Valorizzazione eventuale dei prodotti primari ed integrati (maggior VA).	• Attività economiche legate alla pesca ed acquacoltura e all'industria di trasformazione; • VA delle imprese di pesca e trasformazione.
Naturalistico ambientale	• Biorimediazione e miglioramento della qualità delle acque; • Aumento delle risorse del primario; • Aumento prodotti innovativi integrati.	• Biorimediazione e miglioramento della qualità delle acque; • Aumento stock di risorse naturali; • Aumento biodiversità e produttività congiunta.
Turistico-ricreativa	• Ricavi per attività di pesca-turismo e ittio-turismo.	• Benefici ricreativi e benessere; • Ricadute sul terziario.
Paesaggistica	• Miglioramento estetico aziendale.	• Miglioramento paesaggio con vantaggi per il terziario.
Occupazionale		• Maggiore occupazione e PN di comparto; • Formazione professionale.

I suddetti costi/benefici possono essere esaminati attraverso un'analisi **economico-finanziaria**, così come si opera per l'analisi di progetti di investimento aventi valenza ambientale. L'analisi degli elementi **finanziari** comporta un loro diretto riscontro monetario. L'analisi di carattere economico si riferisce invece alle esternalità non direttamente traducibili in termini monetari. Le valutazioni dei costi/benefici pubblici si avvale delle metodologie dell'estimo riconducibili principalmente al concetto di **utilità sociale** (*hedonic price, travel cost e contingent valuation*).

Con il bilancio ambientale si possono analizzare ad esempio le modalità di



gestione e la fattibilità economica di policolture integrate nelle quali si introducano specie alternative, sia per finalità di “biorimediazione”, sia per motivi commerciali. In merito alle “policolture integrate”, le strategie produttive devono essere studiate in relazione ai possibili effetti ambientali, per riuscire ad instaurare un insieme di relazioni e legami tra le stesse attività produttive ed il territorio.

Attraverso l'affermazione delle potenzialità multifunzionali delle attività di pesca ed acquacoltura, oltre alla funzione di produzione primaria, è possibile erogare diversi servizi tra i quali quelli ricreativi, scientifico-culturali e di tutela del territorio.

In ultima analisi, se si vuole massimizzare l'utilità sociale⁽⁵⁾, occorre procedere secondo un approccio di gestione globale del territorio. Vista la crescente attenzione della società verso le tematiche ambientali è evidente che si cerchi anche di creare un “mercato” attorno a questi beni. In linea con questa filosofia, gli imprenditori devono cercare di adeguare l'offerta alle nuove esigenze del pubblico. Anche nel caso dei distretti di pesca ed acquacoltura, la domanda si sta evolvendo passando dai semplici servizi informali, a servizi strutturati (aree turistico-ricreative, pesca-turismo ed ittioturismo, ecc.). È quindi indispensabile che i pescatori e gli acquicoltori, soprattutto quelli dell'estensivo, si preparino ad operare come “imprenditori dell'ambiente”, capaci cioè di porre sul mercato prodotti e servizi collegati alle specificità territoriali dell'ambiente costiero.

⁽¹⁾Nel caso di grandi imprese, ad es. *corporation* o imprese globali, l'obiettivo fondamentale che si propone il *management* delle stesse è in molti casi la massima quota di mercato in quanto, una volta presenti e radicati sullo stesso si interviene con opportuni strumenti di fidelizzazione al marchio creando così situazioni di concorrenza imperfetta.

⁽²⁾Il capitale costituisce un fattore limitante in quanto l'esigua disponibilità di credito agevolato (peraltro riservato quasi esclusivamente a talune categorie di operatori e zone) si riflette in termini di costi crescenti sulla gestione dell'impresa. Il vincolo di capitale costituisce pure motivo di rallentamento nel periodico e necessario rinnovo delle strutture obsolete, per cui la mancata immissione di nuove tecnologie fa perdere competitività alle imprese costringendo quelle meno efficienti ad uscire dal mercato.

⁽³⁾Il costo medio unitario è dato dalla somma dei costi fissi unitari e dei costi variabili unitari ($CMU = CFU + CVU$)

⁽⁴⁾La pesca, da sempre, ha rappresentato per i distretti costieri un'attività di basilare importanza. Le istituzioni si sono poste il problema di una sua tutela e di uno sfruttamento sostenibile in virtù del fatto che si tratta di una risorsa naturale ed esauribile, a disposizione della collettività locale. Con l'obiettivo di ripristinare un equilibrio tra potenzialità di pesca e biomasse sono state elaborate ed attuate, soprattutto nell'ultimo ventennio, normative volte a diminuire lo sforzo di pesca. Non sempre, comunque, la standardizzazione delle norme e dei regolamenti è riuscita ad interpretare le peculiarità locali dei territori.

⁽⁵⁾Intendendo con ciò l'insieme di benefici netti che coinvolgono diversi soggetti quali privati diretti fruitori (pescatori, vallicoltori, cacciatori, diversi fruitori di risorse naturali, ecc.), privati indiretti fruitori (operatori del commercio, della ristorazione, dell'artigianato e dei servizi vari) e collettività (fruitori dei patrimoni genetici e della qualità visiva del paesaggio e dell'ambiente).



Bibliografia

- AA.VV. (1996). *Habitat e acquacoltura*. Agribusiness, Management e Ambiente, Suppl. n. 1, Udine.
- Donati F. (1990). *Analisi delle gestioni acquicole e delle attività produttive in zone umide*. C.L.U.F., Udine.
- Donati F. (1983). *Economia ed organizzazione aziendale in acquacoltura*, Edagricole, Bologna.
- Donati F., Clocchiatti S., Agostini P. (1992). *Cost and benefits in valliculture in Italy: a case of study*. Aquaculture Science, vol. 17 (1).
- Donati F., Clocchiatti S., Donda M. (1994). *The energetic balance sheet in aquaculture*. Aquaculture Europe, n. 3.
- Donati F., Vasciaveo M. (1995). *Quality and brand policy for aquaculture products*. Atti del convegno "Aquaculture Europe '95", Trondheim, Norway.
- Donati F., Cossutta G., Roncarati A. (1996). *L'impatto dell'avifauna ittiofaga: costi e benefici dei sistemi di copertura negli allevamenti intensivi*. Supplemento n. 2 ad Agribusiness Management & Ambiente 1 (1999), Ed. Forum, Udine.
- Donati F., Ruol G., Vasciaveo M. (1999). *Information and packaging in fish marketing*. Atti del convegno "Aquaculture, Economics and Marketing", 30 agosto-01 settembre, Debrecen, Ungheria.
- Hatch U., Kinnucan H. (1993). *Aquaculture - models and economics*. Westview Press, Boulder.
- Jolly C. M., Clonts H. A. (1993). *Economics of aquaculture*. Food Product Press, New York.
- Meade J. W. (1989). *Aquaculture Management*. AVI Book - Van Nostrand Reinhold, New York.
- Rackam D. R. (1993). *Adding value and commercialization of aquaculture products*. Presented at the World Aquaculture and European Aquaculture Conference, Torremolinos, Spain, May: 26-28.
- Ruol G. (1999). *Packaging e qualità dei prodotti ittici*. Largo Consumo, n. 11.
- Shang Y.C. (1990). *Aquaculture Economic Analysis: An Introduction*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge.

Riferimenti al CCPR

Un'attività di acquacoltura è sostenibile se consente di offrire prodotti e servizi utili all'umanità, senza generare impatti negativi sulle risorse naturali che utilizza, non pregiudicandone la disponibilità per le future generazioni. Questa potrebbe essere una delle tante definizioni di acquacoltura sostenibile, in cui ambiente e sviluppo debbono trovare dei punti di saldatura, perché la nozione di sostenibilità sia rispettata.

Economia ed Ecologia sono alla base di ogni analisi che ci consenta di misurare quanto una attività sia destinata a durare nel tempo, sia perché capace di mantenere l'efficienza produttiva ed economica, sia perché strutturata e funzionante in modo tale da consentire un uso duraturo delle risorse naturali (ad esempio: acqua, risorse genetiche, popolazioni, ecosistemi), senza generare conflitti.

Il CCPR in tutti i 12 articoli che lo compongono fa riferimento ai contenuti della Teoria Economica applicata alle produzioni acquatiche, si tratta delle fondamenta su cui costruire ogni relazione tra attività antropiche e consumo delle risorse naturali.

La stessa esigenza di elaborare e pubblicare il CCPR nasce appunto dal bisogno di dare anche al mondo della pesca, compresa l'acquacoltura, uno strumento per elaborare un nuovo modello di sviluppo economico che consideri la vulnerabilità dell'ambiente, inteso come insieme di relazioni complesse. La sfida vera non sta nell'estromettere le attività produttive dal contesto della conservazione naturale, bensì nella capacità di saperle dimensionare e renderle appropriate per evitare che uno sfruttamento irrazionale comporti la perdita di opportunità future, considerando nel conto anche quelle che oggi non possiamo conoscere.

Oltre alle economie della utilità, il CCPR apre la strada per economie etiche. Queste dovranno considerare i valori della biodiversità, il fatto che ogni forma di vita merita rispetto. Della stessa famiglia di considerazioni fanno parte la serie di relazioni tra biodiversità, cultura, tradizione, tempo libero. Ci troviamo in un contesto nuovo, almeno sul piano teorico e delle prospettive siamo all'inizio di un processo, che è sentito almeno nelle società più ricche del pianeta.

Se da un lato è necessario programmare gli investimenti in acquacoltura considerando l'immissione dei mezzi tecnici e l'intensificazione delle produzioni (tra lo sviluppo dei processi che si svolgono fuori azienda oltre alla filiera produttiva) è anche necessario considerare la natura degli impatti sui processi naturali.





Dunque diventa sempre più utile la capacità di saper fare un Bilancio Ambientale che può essere uno degli strumenti di valutazione economico-ambientale dei sistemi produttivi.

All'art. 5 il CCPR raccomanda al 5.1 ed al 5.2 di considerare le esigenze particolari dei Paesi in Via di Sviluppo, richiedendo un impegno generalizzato degli Stati, delle ONG, delle Agenzie finanziarie, ecc. per determinare tutte le circostanze nelle quali gli obiettivi del CCPR siano raggiungibili nelle peculiari e diversificate condizioni in cui tali Paesi si trovano.

Il fatto che l'art. 5 sia dedicato alle specificità dei PVS, pur ricordando che il CCPR si occupa soprattutto di pesca, ci fa riflettere sulla consapevolezza del rischio che molti Paesi fortemente coinvolti nello sviluppo dell'acquacoltura non sono di fatto pronti ad iniziare uno sviluppo responsabile, perché pressati da esigenze tali da far considerare in secondo piano il peso delle esternalità negative. Così come avveniva nelle economie oggi ricche, quando il problema era ignorato.

I mondi delle scienze economiche e delle scienze sociali hanno uno dei lavori più duri da fare, proprio nella costruzione di modelli nuovi di intervento e di valutazione dei risultati ottenuti che tengano conto di nuove modalità di misurare il successo delle imprese e delle istituzioni.

S.C.

2.13 DIRITTO IN ACQUACOLTURA

G. Fanigliulo

2.13.1 L'attività di acquacoltura - Definizioni

Il diritto dell'acquacoltura, analogamente al diritto della pesca, è un diritto composito, costituito da norme che fanno capo ai diversi settori dell'ordinamento (civile, amministrativo, comunitario) e, pertanto, esso non può essere considerato una autonoma partizione del diritto, in considerazione dei variegati profili che acquisiscono rilevanza giuridica.

Da un punto di vista normativo generale occorre comunque rilevare che l'acquacoltura, sia a livello comunitario che statale e regionale, risulta tradizionalmente inquadrata nel settore della pesca.

Per ricostruire le linee fondamentali dell'istituto occorre quindi fare riferimento al concetto legislativo di pesca, attività comprensiva non solo delle catture di specie animali acquatiche in mare ed in acque interne ma anche dell'allevamento di queste.

La definizione legislativa di pesca è quella contenuta nell'art. 1 della L. n. 963/65, secondo cui "la pesca è ogni attività diretta a catturare esemplari di specie il cui ambiente naturale o abituale di vita siano le acque", ma comprende altresì l'attività di acquacoltura come si deduce all'art. 10 del D.P.R. n. 1639/68 che amplia la nozione di pesca stabilendo che "pesca professionale è anche quella esercitata mediante lo stabilimento di apprestamenti fissi o mobili, temporanei o permanenti, destinati alla cattura di specie migratorie, alla piscicoltura, alla molluschicoltura ed allo sfruttamento dei banchi marini".

Quindi la pesca in senso ampio abbraccia ambedue le attività di cattura e di allevamento di specie acquatiche.

La prima tecnica di produzione viene impiegata preminentemente nelle acque marine e si avvale dell'uso di mezzi nautici, mentre la seconda può svilupparsi anche nelle acque interne a mezzo di tecniche di allevamento.

L'inquadramento dell'acquacoltura nella più ampia nozione di pesca



Prime prove di allevamento in gabbie in Mediterraneo. MEDRAP FAO. Foto di S. Cataudella.



Le derivazioni di acqua pongono molteplici problemi giuridici. Opera di presa. Foto di S. Cataudella.





professionale ha determinato il costante apparentamento delle due attività sia sotto il profilo delle attribuzioni amministrative, attualmente spettanti, nell'ambito del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, alla Direzione generale della pesca e dell'acquacoltura, sia sotto il profilo della politica settoriale che, in base alla L. n. 41/82, è condensata nei Piani triennali della pesca e dell'acquacoltura.

Occorre comunque tener presente che più recentemente si è sviluppata una legislazione che tende a ricomprendere l'allevamento del pesce nell'ambito dell'impresa agricola.

Il D.Lgs. n. 226/2001, in materia di orientamento e modernizzazione del settore pesca, a norma dell'art. 7 della legge 5 marzo 2001, n. 57, stabilisce che "ai soggetti che svolgono l'attività di acquacoltura si applica la legge 5 febbraio 1992, n. 102, e successive modificazioni".

In base a tale ultima legge, per attività di acquacoltura s'intende, più precisamente, l'insieme delle pratiche volte alla produzione di proteine animali, in ambiente acquatico, mediante il controllo parziale o totale, diretto o indiretto, del ciclo di sviluppo degli organismi acquatici.

Sotto il profilo soggettivo, l'art. 2, comma 2, della medesima L. n. 102/92 stabilisce che "sono imprenditori agricoli, ai sensi dell'art. 2135 del Codice Civile, i soggetti, persone fisiche o giuridiche, singoli o associati, che esercitano l'acquacoltura e le connesse attività di prelievo sia in acqua dolce, sia in acque salmastre e marine".

Tale norma, nella sua originaria formulazione, aveva disposto l'inquadramento nel settore agricolo, ai fini della normativa civilistica, dell'attività di acquacoltura in acque dolci e salmastre. Successivamente, la L. n. 122/2001 ha integrato tale disposizione con le parole "e marine", ricomprendendo nel concetto di impresa agricola anche l'attività di acquacoltura in mare.

In proposito, la giurisprudenza anteriore aveva frequentemente ritenuto che la piscicoltura non costituisse attività agricola sotto il profilo dell'allevamento del bestiame, né attività connessa all'agricoltura, ancorché esercitata su stagni o su terreni solo saltuariamente coperti dalle acque.

La L. n. 102/92 e le successive modifiche hanno consentito il superamento di tale tradizionale orientamento e delle frequenti controversie insorte con gli istituti previdenziali in merito alla classificazione delle attività di allevamento.

Il D.Lgs. n. 228/2001, in materia di orientamento e modernizzazione del settore agricolo, a norma dell'art. 7 della legge 5 marzo 2001, n. 57, ha ribadito che è imprenditore agricolo chi esercita l'allevamento di animali utilizzando le acque dolci, salmastre e marine.



2.13.2 Acquacoltura e legislazione vincolistica

Un'indagine sui fattori giuridici limitanti lo sviluppo dell'acquacoltura equivale, in gran parte, ad un approfondimento delle tematiche giuridiche relative alla fascia costiera, dovendo l'attività in questione integrarsi positivamente nel ciclo della risorsa acqua.

Tali fattori limitanti risiedono: nelle normative poste a tutela dei beni ambientali; nel complesso ed incerto regime concessorio e gestionale delle aree demaniali; nella incerta collocazione del comparto negli assetti istituzionali; nella difficoltà di recepimento e di attuazione delle normative sanitarie internazionali.

Secondo il Codice di Condotta FAO, l'acquacoltura responsabile passa attraverso la valorizzazione dei sistemi marini costieri, con un dimensionamento delle produzioni adeguato alla ricettività dell'ambiente e con l'adozione di tutti i possibili accorgimenti tecnologici per la neutralizzazione degli inquinanti.

Nonostante le innumerevoli implicazioni presenti nel rapporto fra acquacoltura e ambiente che, probabilmente, acquisteranno maggiore evidenza nella legislazione futura, è importante sottolineare che nella normativa vigente, alquanto frammentaria e disorganica, appaiono prevalenti alcuni limitati profili: la considerazione degli effetti dei reflui degli allevamenti sull'ambiente e la previsione di disposizioni vincolistiche connesse alla tutela delle aree marine protette.

La normativa fondamentale in materia di inquinamento delle acque è contenuta nel D.Lgs. n. 152/99 recante "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole".

In particolare, l'art. 37 stabilisce che "Con decreto del Ministero dell'Ambiente, di concerto con i Ministri per le Politiche Agricole, dei Lavori Pubblici, dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, della Sanità e previa intesa con la Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le Regioni, le Province autonome di Trento e Bolzano, sono individuati i criteri relativi al contenimento dell'impatto sull'ambiente derivante dalle attività di acquicoltura e piscicoltura".

Con riferimento alla legislazione ambientale, la legge n. 979/82 definisce le riserve marine come ambienti marini formati da acqua, fondali e tratti di costa che presentano un rilevante interesse per caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche, biochimiche con particolare riguardo alla flora e alla



fauna marina e costiera esistente. La normativa contenuta nei decreti istitutivi delle riserve marine, oltre ai vincoli espliciti per la pesca, prevede frequentemente divieti per l'attività di cattura, raccolta, danneggiamento e, in genere, per qualunque attività che possa costituire pericolo o turbamento delle specie animali e vegetali, ivi compresa l'immissione di specie estranee. Per tale motivo è da ritenere che l'attività di acquacoltura sia generalmente preclusa nelle riserve marine, fatte salve alcune eccezioni che gli enti gestori potrebbero autorizzare nelle zone di riserva non integrale.

L'incidenza della legislazione vincolistica sull'attività di allevamento è testimoniata dal fatto che la concessione dei finanziamenti pubblici per impianti di acquacoltura è subordinata, di regola, alla presentazione della certificazione rilasciata dal servizio ambientale, competente per territorio, attestante che l'iniziativa proposta è compatibile con la vigente normativa comunitaria, nazionale e regionale in materia ambientale.



Ricostruzioni ambientali in vallicoltura. Foto di S. Cataudella.

2.13.3 L'intervento pubblico a sostegno dell'acquacoltura

Nella fase attuale, segnata da una crescente domanda mondiale dei prodotti ittici, l'allevamento di organismi acquatici appare la soluzione più credibile per garantire una crescita consistente delle produzioni ittiche.

In tale ottica, la Comunità Europea ha previsto importanti fonti di finanziamento per tale attività ed, in questo senso, particolare menzione meritano i regolamenti 2080/93 del 20 luglio 1993, recante disposizioni di applicazione del regolamento CEE n. 2052/88 per quanto riguarda lo Strumento Finanziario di Orientamento della Pesca (SFOP), ed il regolamento 3699/93



del 21 dicembre 1999, che definisce i criteri e le condizioni degli interventi comunitari a finalità strutturale nel settore della pesca, dell'acquacoltura e della trasformazione e commercializzazione dei relativi prodotti.

Il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, in attuazione del regolamento 2080/93, ha emanato la circolare 10 aprile 1995 n. 60473 avente ad oggetto "Programma settoriale pesca - Reg. (CEE) n. 2080/93 del Consiglio del 20 luglio 1993 - Modalità di presentazione dei progetti".

Attualmente lo Strumento finanziario di orientamento della pesca è disciplinato dal Reg. (CE) n. 2792/99 che, per quanto riguarda la misura relativa all'acquacoltura, dovrà essere attuato e gestito dalle Regioni e non più dal MIPAF.

Accanto alle fonti di finanziamento comunitarie, debbono essere segnalati, nell'ambito del diritto interno, i Piani triennali della pesca e dell'acquacoltura (da ultimo il VI Piano 2000-2002 contenuto nel D.M. 25 maggio 2000) che prevedono tutta una serie di interventi economici diretti o indiretti per il settore e che si estendono anche all'attività di ricerca applicata.

Normativa nazionale

Legge 14 luglio 1965, n. 963, sulla disciplina della pesca marittima;

D.P.R. n. 1639/68 contenente il regolamento di esecuzione della legge n. 963/68;

Legge 17 febbraio 1982 n. 41 contenente norme sul piano per la razionalizzazione e lo sviluppo della pesca marittima;

Legge n. 979/82 recante norme per la difesa del mare;

Legge 5 febbraio 1992 n. 102 recante norme concernenti l'attività di acquacoltura;

D.P.R. 30 dicembre 1992 n. 555 contenente regolamento per l'attuazione delle direttive 91/67/CEE che stabilisce norme per la polizia sanitaria per i prodotti di acquicoltura;

D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152, recante disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole;

D.M. 25 maggio 2000, che adotta il VI Piano Triennale della pesca e dell'acquacoltura;

Legge 27 marzo 2001, n. 122, recante disposizioni modificative e integrative alla normativa che disciplina il settore agricolo e forestale;



D.Lgs. 18 maggio 2001, n. 226, in materia di orientamento e modernizzazione del settore pesca, a norma dell'articolo 7 della legge 5 marzo 2001, n. 57.

Normativa regionale

Regione Emilia Romagna, Legge Regionale 14 febbraio 1979, n. 3 "Interventi per la valorizzazione e lo sviluppo delle attività ittiche";

Regione Veneto, Legge Regionale 31 ottobre 1980, n. 88 "Legge generale per gli interventi nel settore primario";

Regione Emilia Romagna, Legge Regionale 4 settembre 1981, n. 29 "Interventi per lo sviluppo dell'acquacoltura";

Regione Liguria, Legge Regionale 27 aprile 1982, n. 25 "Interventi per lo sviluppo dell'acquacoltura";

Regione Emilia Romagna, Legge Regionale 16 maggio 1988, n. 19 "Ricerca e innovazione in agricoltura";

Regione Calabria, Legge Regionale 25 maggio 1987, n. 16 "Interventi per lo sviluppo dell'acquacoltura e della pesca";

Regione Friuli Venezia Giulia, Legge Regionale 13 giugno 1988, n. 46 "Interventi a favore della pesca e dell'acquacoltura in acque marine e salmastre";

Regione Emilia Romagna, Legge Regionale 5 settembre 1989, n. 33 "Attuazione del programma integrato mediterraneo per le zone lagunari dell'Adriatico settentrionale";

Regione Friuli Venezia Giulia, Legge Regionale 27 dicembre 1989 n. 40 "Norme per l'attuazione del Programma integrato Mediterraneo (P.I.M.) per la laguna di Marano e Grado";

Regione Toscana, Legge Regionale 26 maggio 1993, n. 34 "Norme per lo sviluppo dell'acquacoltura e della produzione ittica";

Regione Toscana, Legge Regionale 20 marzo 2000, n. 33 "Norme per lo sviluppo dell'acquacoltura e della produzione ittica".

Normativa comunitaria

Dir. 75/440/CEE relativa alla qualità delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile;

Dir. 76/464/CEE concernente l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico;

Dir. 78/659/CEE relativa alla qualità delle acque dolci che richiedono protezione o miglioramento per essere idonee alla vita dei pesci;

Dir. 79/869/CEE relativa ai metodi di misura, alla frequenza dei campionamenti e delle analisi delle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile;

Dir. 79/923CEE relativa ai requisiti di qualità delle acque destinate alla molluschicoltura;

Dir. 80/68/CEE relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose;

Dir. n. 85/337 contenente norme sulla disciplina di impatto ambientale;

Dir. 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane;

Dir. 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque da inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole;

Reg. del 29 giugno 1993 n. 1836/93 (EMAS);

Reg. del 20 luglio 1993 n. 2080/93 recante disposizioni di applicazione del regolamento n. 2052/88 per quanto riguarda lo strumento finanziario di orientamento della pesca;

Reg. del 21 dicembre 1993 n. 3699/93 che definisce i criteri e le condizioni degli interventi comunitari a finalità strutturale nel settore della pesca, dell'acquacoltura e della trasformazione e commercializzazione dei nuovi prodotti;

Dir. 98/15/CE recante modifica della direttiva 91/271/CEE per quanto riguarda alcuni requisiti dell'allegato 1;

Reg. del 17 dicembre 1999 n. 2792/99 che definisce i criteri e le condizioni degli interventi strutturali nel settore della pesca e dell'acquacoltura.





Bibliografia

- Giannini M.S. (1973). *Ambiente: Saggio sui diversi suoi aspetti giuridici*. In: Riv. trim. dir. pubbl.
- Di Giandomenico (1985). *Il diritto della pesca*. Dir. Mar. 934.
- Palladino L. (1987). *Pesca marittima, acquicoltura e inquinamento del mare*. Corr. della pesca e dell'acquicoltura, 20.
- Di Giandomenico V., Angelone C. (Eds) (1988). *Pesca e tutela dell'ambiente marino*. Milano Giuffrè.
- Pescatore G. (1988). *L'ambiente e il diritto: considerazioni di sintesi*. In: "Pesca e tutela dell'ambiente marino". Milano: 165 pp.
- Di Giandomenico G. (1989). *Pesca e piscicoltura, le divaricazioni del diritto della pesca*, Riv. Dir. Agr. 71.
- Spreafico E. (1989). *Il ruolo dell'acquicoltura nella valorizzazione delle zone costiere*. Ambiente Risorse Salute, 11.
- Franco M. (1990). *Il diritto dell'ambiente (lineamenti e materiali)*. Padova.
- Consorti A. (1990). *Aspetti legislativi disciplinanti il settore dell'acquicoltura*. Rass. dir. e tecn. dell'alimentazione, 38.
- Moro R. (1990). *Il finanziamento della pesca*. Milano.
- Costato C. (1993). *Commento alla legge 102/92 "Norme concernenti l'attività d'acquicoltura"*. Nuove leggi civili, 1274.
- Panettoni A., Salvini E. (1993). *Opportunità e linee programmatiche per lo sviluppo dell'acquicoltura in Toscana*. Firenze.
- Alesii L., Panunzio P. (1994). *La disciplina giuridico amministrativa inerente la realizzazione di impianti di acquicoltura*. Quaderni ICRAM n. 15, Roma.



Riferimenti al CCPR

Il CCPR è volontario. Così recita l'articolo 1 al paragrafo 1. Questa affermazione serve a dissolvere tutti i timori che si tratti di un nuovo strumento di sviluppo e non di un sistema di regole internazionali rigide, capaci di ingabbiare la crescita dei Paesi emergenti.

In questa ultima decade, in cui si è costruito il seguito del CCPR, le riserve generate dal timore di un nuovo sistema di regole internazionali sono state superate, ed i principi del CCPR hanno assunto un ruolo centrale, almeno sulla carta.

Nello stesso paragrafo si fa comunque riferimento al fatto che alcune parti del CCPR si basano sulle più rilevanti norme internazionali che trattano di pesca e/o di materie affini.

Si fa particolare riferimento alla Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare del 1982, in particolare sottolineando che in alcun modo i contenuti del CCPR possono pregiudicare i contenuti della Convenzione stessa.

All'annesso 1 del CCPR viene descritto l'iter che ha portato alla preparazione ed all'approvazione del codice, segnando le tappe di un percorso fatto di accordi internazionali.

Il CCPR affronta la materia giuridica con grande attenzione, essendo di fatto negli obiettivi la costruzione di leggi nazionali che definiscano regole nuove per accelerare lo sviluppo sostenibile della pesca.

Al 9.1.1, in apertura dell'articolo dedicato allo sviluppo dell'acquacoltura, si fa riferimento alla necessità che gli Stati definiscano un appropriato quadro di riferimento giuridico ed amministrativo.

È banale ricordare che senza un sistema di regole certe ed eque lo sviluppo sostenibile è inattuabile.

I contesti giuridici dell'acquacoltura sembrano più di rilevanza nazionale e meno complessi di quelli che regolano la pesca, soprattutto quando questi ultimi trattano le risorse condivise, ad esempio nel caso dei grandi pelagici che sono forti migratori.

In realtà l'applicazione dei principi del CCPR alle realtà regionali apre una serie di nuove aree che richiedono regolamentazione.

Ad esempio, la fuga di un organismo indesiderato che colonizza un ecosistema con effetti negativi, o la diffusione di una patologia in una regione geografica che riguarda più Stati sovrani, vuole nuove regole. Sono materie poste all'attenzione degli organismi regionali della pesca e dell'acquacoltura, che richiedono la formulazione di norme internazionali appropriate, la cui definizione richiede la risoluzione di lunghi ed articolati contenziosi.



Una materia che il CCPR non ha considerato, anche in relazione al fatto che la crescita esponenziale dell'acquacoltura ha interessato proprio la decade successiva alla sua pubblicazione, riguarda la serie di relazioni tra pesca ed acquacoltura.

Si tratta di materia giuridica in gran parte da costruire.

Per citare un fatto di attualità, mentre si pubblica questo libro, soffermiamoci sul tema, già considerato, dell'acquacoltura del tonno rosso.

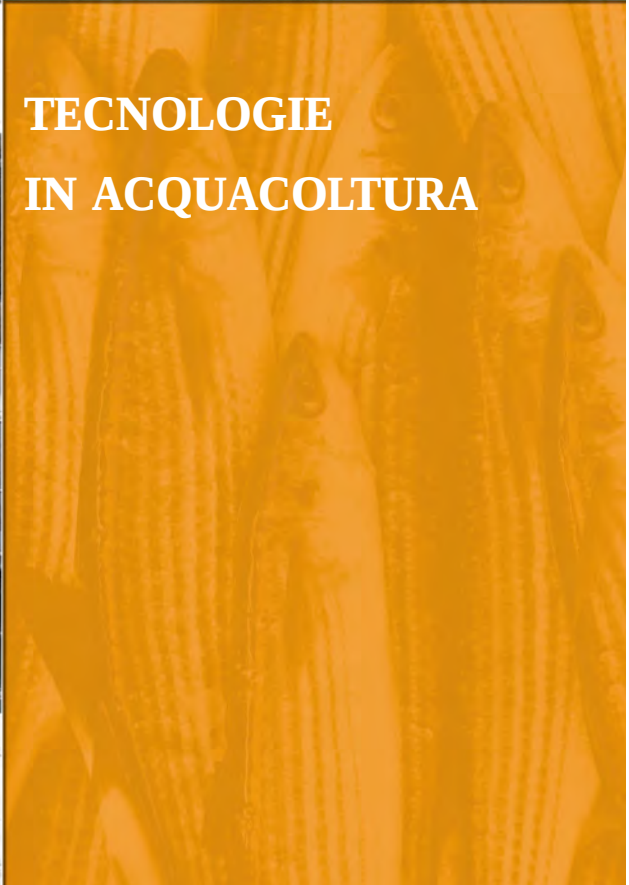
Questa nuova attività si basa sul trasferimento di tonni rossi vivi dalle reti a circuizione alle vasche di ingrasso. I trasferimenti possono avvenire in acque internazionali, gli allevamenti vengono praticati in acque sotto giurisdizione nazionale. Come definire quota pescata e quota allevata? Come disporre, in alto mare, di sistemi di stima delle biomasse e di certificazione? Forse una innovazione ha evidenziato i punti deboli di una politica di regolazione basata su un sistema di quote?

Certamente sarà data una serie di risposte, in una materia che è stata sottovalutata quando si pianificava la pesca senza considerare il ruolo crescente dell'acquacoltura.

All'11.3, il CCPR dedica ben 8 paragrafi alle leggi ed alle regole del mercato ittico internazionale. Sono soprattutto gli effetti della regolazione sui Paesi in Via di Sviluppo che potrebbero ritardare un armonico sviluppo della pesca mondiale. Il CCPR raccomanda agli Stati trasparenza, capacità di aggiornare le norme, volontà di partecipare ad un confronto internazionale, di facilitare l'opera di coordinamento del WTO (World Trade Organization).

Il CCPR concluderà la sua funzione in un sistema di norme nazionali ed internazionali, armonizzate e condivise, tali da garantire lo sviluppo di una acquacoltura responsabile. Si tratta di processi lunghi ed articolati, che domandano periodi di pace e di crescita economica per essere accelerati.

S.C.



TECNOLOGIE IN ACQUACOLTURA

3.1 L'ACQUACOLTURA ESTENSIVA

S. Cataudella, L. Tancioni, A. Cannas

L'acquacoltura estensiva si basa sull'utilizzo delle risorse trofiche degli ecosistemi confinati da parte degli organismi "bersaglio" dell'attività di allevamento. L'intervento dell'uomo può limitarsi al solo controllo idraulico o spingersi all'incremento delle produzioni, attraverso le semine, il controllo dei predatori, le concimazioni, e la somministrazione di diete integrative.

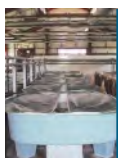
Molte forme di acquacoltura estensiva sono al confine tra pesca ed allevamento, le tecniche di cattura sono quelle tipiche della pesca artigianale, con l'impiego di sistemi fissi, o con l'impiego di reti, trappole ed ami in vario modo utilizzati.

Molti dei bacini estensivi, soprattutto dulcacquicoli, pur coprendo vaste superfici, possono essere svuotati completamente; in questi casi la cattura avviene in bacini di raccolta ubicati in prossimità delle opere di scarico con l'uso di reti a tratta manuale e/o meccanica.

Gli allevamenti estensivi hanno un immenso valore nella conservazione degli ambienti acquatici e, per la loro natura di ambienti aperti a tutte le forme di colonizzazione, sono ricchi di comunità vegetali ed animali, spesso rare a causa delle bonifiche fondiarie.



Visione dalla chiavica del colauro, dei lavorieri, della casa di pesca di una valle da pesca.
Foto di S. Cataudella.



Le piscicoltura estensive contribuiscono dunque alla conservazione della biodiversità. Ed anche se l'obiettivo del produttore è quello di ridurre la diversità biologica canalizzando tutta l'energia verso la produzione di poche specie "foraggio" e di pochissime specie "prodotto", la natura degli spazi sfugge al controllo e genera comunque ambienti di tipo naturale, con la presenza di varie specie tipiche delle comunità proprie delle latitudini in cui si opera. I limiti di queste forme di allevamento sono rappresentati dalla necessità di disporre di vaste superfici e dalla difficoltà di controllo degli uccelli ittiofagi. I vantaggi sono, da un lato, l'elevata qualità dei prodotti, se si opera con acque non inquinate, dall'altra, la possibilità di ricevere "buoni punteggi" nel processo di certificazione ambientale su cui si ripongono alcune aspettative.

Sul piano più generale le produzioni estensive si prestano ad integrarsi in progetti multifunzionali, in cui l'acquacoltura si integra con la pesca sportiva, con la caccia e soprattutto con la conservazione della natura. Dunque sul piano dell'interesse pubblico possono rappresentare una modalità sostenibile di conservazione naturale e sul piano delle imprese possono avere un ruolo nella conservazione fondiaria, anche grazie alle molteplici forme di sostegno diretto ed indiretto.

Naturalmente per le imprese, nel quadro di regole certe e definite, è necessario disporre di una serie di deleghe, ad esempio per il controllo degli uccelli ittiofagi.

Riferendoci in questo capitolo all'esperienza italiana, saranno considerati in particolare il caso della gestione "piscicola" delle lagune costiere e quello della Vallicoltura nord Adriatica che ne rappresenta la modernizzazione.

3.1.1 Le lagune costiere

È facile ritenere che le lagune costiere siano state la culla dell'acquacoltura delle specie marine, in varie latitudini del globo. La natura fisica delle stesse, con confini ben definiti e talvolta di dimensioni tali da prestarsi al controllo dell'accesso, e la possibilità di isolare le popolazioni ittiche residenti da quelle marine, grazie a sbarramenti di varia fattura, hanno caratterizzato la produzione ittica di questi ambienti come "tra pesca ed acquacoltura".

In Mediterraneo l'acquacoltura marina è nata nelle lagune costiere, ed in Italia l'evoluzione verso la Vallicoltura ha segnato una vera ottimizzazione di pratiche basate sui cicli e sulle dinamiche naturali.



Pesca nelle Acadjas del Benin, formate da rami di albero conficcati sul fondo lagunare per attrarre i pesci. Foto di G. Buonfiglio.

Le lagune costiere e gli stagni litorali salmastri sono degli ambienti acquatici di “transizione” tra i sistemi idrografici continentali, rappresentandone spesso la sezione di chiusura, e quelli marini. Questi ambienti sono rappresentati da bacini costieri confinati dal mare da cordoni litorali ed in contatto con questo attraverso canali di marea (lagune) o varchi (stagni).

La maggior parte delle lagune è caratterizzata da acque poco profonde; fatto che espone l'intero sistema agli effetti di forzanti meteo-climatiche, come la temperatura dell'aria ed i venti.

I fattori che condizionano l'ecologia lagunare sono principalmente le caratteristiche idrodinamiche e quelle edafiche, naturalmente nel quadro di relazioni dinamiche tra componenti abiotiche e biotiche.

La qualità delle acque lagunari dipende dagli scambi idrici che si attuano attraverso i canali di marea, grazie ai quali si hanno gli afflussi marini ed i deflussi lagunari, dagli eventuali apporti delle acque di origine continentale e freatica e dai venti che ne condizionano fortemente l'idrodinamismo, consentendo il rimescolamento dei sedimenti ricchi di nutrienti con la matrice acquosa ed il conseguente svolgimento dei processi di ciclizzazione della sostanza organica.

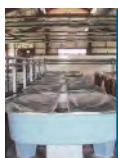


Arginello in fango e vegetali in un “howash” egiziano per delimitare un tratto di laguna.
Foto di S. Cataudella.

Di particolare importanza è il ruolo dei canali di marea, attraverso i quali gli ambienti lagunari sono collegati idraulicamente e biologicamente con l'ambiente marino. In primo luogo, questi rappresentano una sorta di “sorgente accessoria” di biodiversità della laguna: numerosi organismi di origine marina, infatti, penetrano nella laguna, sia passivamente (forme planctoniche) che attivamente (es. avannotti di specie ittiche eurialine nella cosiddetta fase di montata), dove, in relazione alle caratteristiche ambientali, possono svolgere buona parte del ciclo vitale.

I canali di marea delle lagune costiere, oltre a svolgere questo ruolo di “nastro trasportatore” di stadi larvali e giovanili di tutti gli organismi “bersaglio” della produzione, costituiscono i corridoi attraverso i quali gli esemplari adulti delle specie eurialine, per stimolo riproduttivo, ed i sub-adulti delle stesse, per avverse condizioni ambientali, fanno ritorno al mare (smontata). Tuttavia, per la produzione lagunare risultano importanti anche gli eventuali apporti idrici di origine continentale che contribuiscono alla diversificazione ambientale, con la formazione di spazi acquei, più o meno estesi, caratterizzati da elevati





livelli di nutrienti disponibili per l'innescare delle reti trofiche, da basse salinità delle acque, ottimali per l'accrescimento di diverse specie eurialine di interesse produttivo (anguilla, spigole e mugilidi) e per l'avifauna acquatica. L'acqua dolce, anche se di falda, è inoltre indispensabile per la gestione di eventuali aree naturali di sverno dei pesci da proteggere contro i freddi invernali.

Le lagune e gli stagni costieri salmastri sono generalmente ecosistemi molto produttivi, nei quali la produttività è superiore a quella degli ambienti marini, nell'ambito dello stesso sistema costiero, ciò grazie agli elevati flussi ed alla capacità di intrappolamento dell'energia di varia origine. Ad esempio, basti considerare che la produttività di una laguna, caratterizzata da un buono stato di funzionalità ecologica, può raggiungere i 20 g di biomassa/m²/giorno; mentre quella di una foresta temperata non supera mediamente i 3 g di biomassa/m²/giorno. Proprio in relazione a questa elevata produttività, che si traduce in una notevole disponibilità trofica anche per gli organismi acquatici di interesse per l'uomo, questi ambienti sono stati considerati, fin dall'antichità, come aree di elezione per la pesca e per l'allevamento.

Nel corso della storia, dai modelli primitivi di sfruttamento delle risorse lagunari, l'uomo ha sviluppato sistemi di gestione sempre più complessi, basati sulla "manipolazione" delle componenti abiotiche e biotiche, per l'esaltazione delle potenzialità produttive di questi ambienti. In molti casi, si è passati quindi da modelli di utilizzo delle risorse basati soltanto sulla "pesca di cattura" a modelli produttivi integrati di pesca/acquacoltura estensiva.

I principali elementi strutturali/gestionali e giuridici/amministrativi che contraddistinguono le lagune gestite come estensivi da quelle dove si pratica soltanto la pesca, sono rappresentati dalla presenza di sistemi fissi per il controllo idraulico (sbarramenti, chiuse, ecc.), dai sistemi fissi di cattura (lavorieri) e dalla proprietà esclusiva dei prodotti, ad esempio da parte di un gruppo di pescatori-acquacoltori, in vario modo organizzati, che ha in concessione gli spazi acquei.

La gestione produttiva delle lagune, equipaggiate con sistemi fissi di cattura e di regolazione dei flussi idrici con il mare e le acque interne, si connota quindi come uno dei tradizionali modelli di acquacoltura estensiva. Tale modello produttivo è basato sull'uso delle reti trofiche naturali come unico supporto alla produzione delle biomasse vendibili. Naturalmente, l'uomo, mirando a produrre soltanto alcune specie di interesse commerciale, tende a canalizzare l'energia trofica verso queste, tentando di controllare i fattori ambientali che ne consentono il corretto accrescimento. Le specie ittiche di maggiore rilevanza produttiva tipiche delle comunità lagunari sono: *Mugil*



cephalus (cefalo), *Chelon labrosus* (muggine labbrone), *Liza ramada* (muggine calamita), *Liza aurata* (muggine dorato), *Liza saliens* (muggine musino), tra i Mugilidi; *Sparus aurata* (orata), tra gli Sparidi; *Dicentrarchus labrax* (spigola), tra i Moronidi; *Anguilla anguilla* (anguilla), tra gli Anguillidi; *Atherina boyeri* (latterino), tra gli Aterinidi.

Naturalmente il popolamento ittico, in termini di diversità, tenderà ad essere simile a quello marino, in prossimità delle foci, con una progressiva sostituzione da parte delle specie più euriali, verso gli apporti continentali, o verso le aree ipersalate delle lagune prive di apporti continentali. Per quanto riguarda le comunità fito-zooplanctoniche e fito-zoobentoniche, nelle lagune si ritrovano popolamenti tipici che ne fanno degli ecosistemi del tutto peculiari.



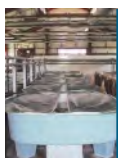
La regola generale delle produzioni estensive lagunari si basa sulla tradizionale conoscenza delle migrazioni di specie marine verso e dalla laguna e sulla gestione ambientale attraverso il controllo idraulico, secondo un ciclo produttivo

Acquadelle (*Atherina boyeri*) in alto, schie (*Crangon crangon*) in basso, prodotti accessori della pesca lagunare Nord adriatica. Foto di S. Cataudella.

semplice, articolato nelle seguenti fasi: reclutamento dei giovanili (montata) - accrescimento di questi a carico delle risorse trofiche naturali - cattura ai lavorieri degli esemplari di taglia commerciale o dei subadulti migranti.

Impatti di attività esterne al sistema, ostacoli meccanici alla circolazione, come la progressiva tombatura dei canali, sfruttamento non razionale delle risorse biologiche, ecc., possono tuttavia condizionare la funzionalità del sistema e, nel tempo, la stessa sopravvivenza della laguna come tale. Inoltre, la presenza di aree protette, oasi faunistiche, attività turistiche e di acquacoltura possono comportare conflitti per l'utilizzo delle stesse risorse.

In realtà, ogni ambiente lagunare è difficilmente paragonabile ad altri. Le specificità dipendono dalle interazioni tra substrato fisico e tipologia delle



comunità biotiche, su cui incide la lunga storia degli interventi e delle manipolazioni umane, sia da prelievo che da modellature sulla morfologia del sistema. Interventi attuati, da un lato, per contrastare le dinamiche naturali, dall'altro, per ottimizzare la già naturale vocazione delle lagune ad essere pascoli privilegiati per specie ittiche e, in alcuni casi, molluschi di pregio. Dunque le lagune come le vediamo sono il risultato di un lungo processo coevolutivo tra uomo e natura. Molte delle lagune mediterranee si formavano quando le civiltà costiere fiorivano, in alcuni casi diecimila anni di interazioni.

Per questo è difficile analizzare questi ambienti come se si trattasse di pezzi di “mondo selvaggio” da separare da quegli usi antropici, che, per amore della storia, le hanno salvate da bonifiche e da altri usi con ben altri livelli di esternalità negative. La pesca e la caccia, per esempio, in molti casi le hanno conservate, prima della nascita di una coscienza ambientale che ne ha poi impedito lo scempio, ed in molti casi ne ha attivato il restauro.



Chiusa su un canale di marea della laguna di Lesina (FG).
Foto di L. Tancioni.

Per poter identificare appropriati modelli gestionali, si rende quindi necessaria la conoscenza approfondita del sistema, nella consapevolezza che qualsiasi processo di sviluppo nelle lagune non può prescindere dalla conservazione di un buono stato di integrità ambientale.

3.1.2 Caratteristiche generali delle lagune italiane

Le lagune costiere caratterizzano l'acquacoltura mediterranea e la sua evoluzione. In Italia, questi ambienti sono rappresentati da bacini di diversa dimensione e morfologia che complessivamente coprono una superficie residua di oltre 100.000 ettari, dei quali oltre 40.000 ettari “bagnati”, gestiti come estensivi (vallicoltura e gestione lagunare). Ad esempio, si possono citare bacini di alcune decine di ettari, come molti stagni della Sardegna, e di 5.000 ettari, come la Laguna di Lesina, fino ad oltre 15.000 ettari delle Valli venete e 11.000 ettari degli ambienti vallivi dell'Emilia Romagna. In relazione alle diverse caratteristiche fisiografiche, ecologiche e gestionali (es. presenza o meno dei lavorieri, ripopolamenti attivi, ecc.) le produzioni lagu-



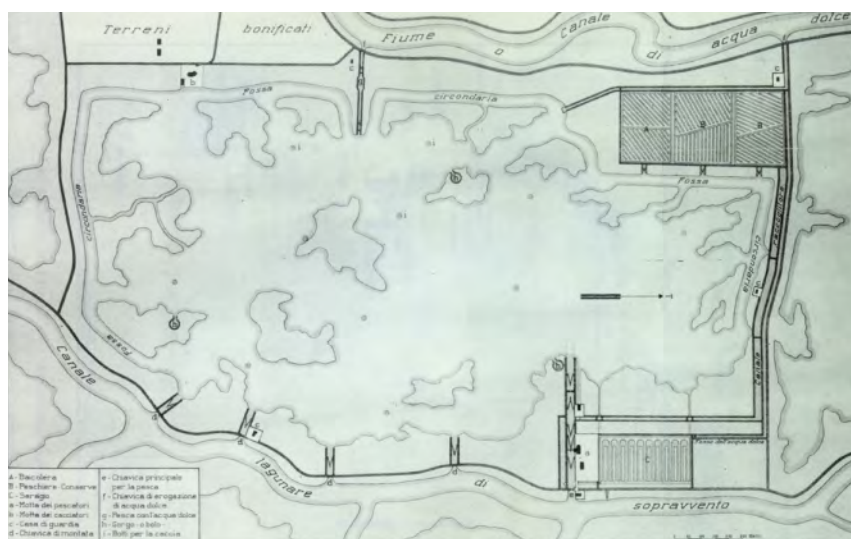
nari risultano molto diversificate: dai circa 40 kg/ha del Lago di Lesina ai 319 kg/ha medi delle lagune produttive Sarde. La produzione media nelle lagune italiane si attesta comunque sui 50 kg/ha/anno.

3.1.3 Lagune e “valli” del Nord Adriatico

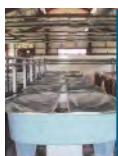
Nel caso delle lagune costiere nord-adriatiche è necessario ricordare che, in questa area, si è sviluppata la Vallicoltura. Questa pratica è una forma evoluta della gestione produttiva delle lagune che, per le sue caratteristiche, richiede una trattazione a parte. Ciò è necessario perché in molta letteratura si è creata confusione tra gestione lagunare e vallicoltura, infatti queste due attività pur presentando molti aspetti tecnologici e di cultura materiale simili, mostrano delle sostanziali differenze di natura storica, giuridica, amministrativa, tecnologica ed ambientale che vanno, seppure sommariamente, considerate.

Grazie alla presenza delle foci dei due più grandi bacini idrografici (fiumi Po ed Adige) e di altri corsi d'acqua di notevole importanza nazionale (es. fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta e Reno), in tutto l'arco litorale del Nord Adriatico, le interazioni tra trasporto continentale e dinamiche marine hanno portato alla formazione di grandi sistemi lagunari.

Nella parte più settentrionale di quest'area, tra le foci dell'Isonzo e del Tagliamento sono ubicate le lagune di Grado e Marano, in gran parte gestite come ambienti di pesca artigianale e con i sistemi tradizionali della “vallicoltura” (941 ha).



Valle da pesca. (da: de Angelis, 1959).



Complessivamente in Friuli-Venezia Giulia, sono presenti 36 valli per una superficie di 1.260 ettari (615 ettari in acqua) - (Tab. I).

In Veneto sono presenti tre grandi sistemi lagunari: la laguna di Caorle, la laguna di Venezia e parte del complesso lagunare del delta del Po. All'interno di questi sistemi sono presenti 50 valli che coprono una superficie complessiva di 20.373 ettari (circa 15.000 ettari in acqua) - (Tab. II). In Emilia Romagna, sono localizzate le "Valli di Comacchio", un gruppo di tre bacini salmastri che coprono una superficie complessiva di 12.800 ettari, e "Valle Nuova", un complesso di tre valli di 1.890 ettari, per una superficie totale in acqua di 11.000 ettari circa - (Tab III).

Le produzioni in questi complessi lagunari sono comprese tra i 30 kg/ha/anno, delle Valli di Comacchio, ai 150 kg/ha/anno delle Valli Venete.

Tab. I - Elenco delle lagune costiere del Friuli-Venezia Giulia destinate alla pesca e/o all'acquacoltura estensiva (da: Rossi *et al.*, 1999)

Nome laguna o valle	Superficie totale (ha)	Superficie delle barene (ha)	Superficie d'acqua (ha)	Disponibilità acqua dolce (AD)	Utilizzo prevalente (E=estensivo, S=semi- intensivo, I=intensivo)

FRIULI-VENEZIA GIULIA (36 valli per 1.260 ha)

Laguna di Grado e Marano

Franca Mella	60	20	40	AD	E
Noghera	220	70	150	AD	E+S
Morgo	80	16	64	AD	E+S
Ravaiarina	36	11	25	AD	E+S
Gorgo	70	28	42	AD	E
Moro	15	2	13	AD	E
Frate Zuane	18	5	13	AD	E
Ribi	92	44	48	AD	E
Luzzatto	35	10	25	AD	E
Artalina	125	25	100	AD	E
Fossalon	190	95	95	AD	E
Totale	941	326	615		

Tab. II - Elenco delle lagune costiere del Veneto destinate alla pesca e/o all'acquacoltura estensiva (da: Rossi *et al.*, 1999 - *mod.*).

Nome laguna o valle	Superficie totale (ha)	Superficie delle barene (ha)	Superficie d'acqua (ha)	Disponibilità acqua dolce (AD)	Utilizzo prevalente (E=estensivo, S=semi- intensivo, I=intensivo)

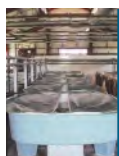
VENETO (50 valli per 20.373 ha)

Laguna di Caorle

Zignago-Perera	660	132	528	AD++	E
Grande (S. Gaetano)	548	137	411	AD++	E
Nova (o Nuova)	495	142,5	332,5	AD++	E



Nome laguna o valle	Superficie totale (ha)	Superficie delle barene (ha)	Superficie d'acqua (ha)	Disponibilità acqua dolce (AD)	Utilizzo prevalente (E=estensivo, S=semi- intensivo, I=intensivo)
Laguna di Venezia					
Vallesina-Bibione	614	122,8	491,2	AD+	E
Dogà	1.650	650	1.000	AD+	E+S
Grassabò	860	220	640	AD+	E+S
Fosse	174	6	168		E+S
Dragoiesolo	1.159	259	900	AD+	E
Cavallino	358	128	230	AD	E
Lio Maggiore Capanno	86	16	70		E
Lio Maggiore La Bianca	55	5	50		E
Falconera	40	9	31		E
Sacchetta-Sacchettina	118	33	85		E
Liona	145	29	116		E
Paeazza	378	151	227		E
Olivara	65	15	50		E
Spaesera	22	4	18		E
S. Cristina	30	19	11		E
Cà Derina-Perini	310	155	155	AD++	E
Serraglia	400	100	300	AD+	E
Averto	300	50	250	AD+	E
Contarina-Tezze	353	53	300	AD+	E
Zappa	380	30	350	AD	E
Cornio Basso	200	30	170	AD	E
Cornio Alto	120	20	100	AD++	E
Figheri	433	83	350	AD+	E+S
Pierimpié	528	128	400	AD	E
Ghebbo Storto	228	88	140	AD+	E
Morosina	561	161	400	AD+	E
Delta del Po					
Boccavecchia	330	30	300	AD+	E
Canelle	210	74	136	AD+	E
Passarella	168	33	135		E
Morosina	310	27	283	AD++	E
Spolverina	266	37	229	AD	E
Segà	578	54	524	AD	E
Capitania	231	37	194		E
Vallesina	54	4	50		E
Veniera	238	33	205	AD	E
Sagreda	355	82	273	AD	E
Pozzatini Vecchi	237	42	195	AD	E
Pozzatini Nuovi	62	30	32		E+S
Canocchione-Moraro	756	154	602	AD+	E
Sacchetta	607	105	502	AD+	E
Lisetto-Bagliona	551	50	501	AD+	E+S
Vallona	886	146	704		E
Cà Pasat	213	51	162	AD+	E
Cà Pisani	732	193	539	AD+	E+I
S. Leonardo	375	62	313	AD	E+S
Scannarello	292	62	230	AD	E
Ripiego	334	79	255	AD	E
S. Carlo	506	5	501		E
Palua-Chiusa	239	24	215		E+I
Cà Zuliani	573	53	520	AD+	E+I
Totale	20.373	4.443,3	15.909,7		



Tab. III - Elenco delle lagune costiere della Emilia Romagna destinate alla pesca e/o all'acquacoltura estensiva (da: Rossi *et al.*, 1999).

Nome laguna o valle	Superficie totale (ha)	Superficie delle barene (ha)	Superficie d'acqua (ha)	Disponibilità acqua dolce (AD)	Utilizzo prevalente (E=estensivo, S=semi- intensivo, I=intensivo)
EMILIA ROMAGNA (12 valli per 14.700 ha)					
Valle Nuova	1.890	540	1.350	AD	E
Valli di Comacchio					
Campo	1.638	491	1.147		E
Fossa di Porto	2.890	871	2.019	AD	E
Magnavacca	6.098	1.464	4.634	AD	E
Bru	403	46	357	AD	E
Lavadena	816	86	730	AD	E
Smarlaccia	190	38	152	AD+	E+S
Ussarola	306	31	275	AD+	E
S. Clemente di Primaro	180	55	125	AD+	E
F.lli Chiarini	39	1	38	AD++	E
Boscoforte	200	65	135	AD*	E
Travasoni	50	5	45	AD+	E
Totale	14.700	3.693	11.007		

La Vallicoltura Nord Adriatica

La Vallicoltura Nord Adriatica è una delle forme di gestione delle risorse lagunari più interessanti, non solo in Mediterraneo, ma nell'intero panorama delle lagune costiere mondiali.

Si basa sulla semina primaverile di giovanili di pesci eurialini (cefali, orate, spigole, anguille) in aree lagunari confinate con arginature stabili, e sulla loro cattura dopo un ciclo di accrescimento che può durare due o più anni, quando i pesci sono spinti, dall'abbassamento della temperatura autunnale, a cercare la via migratoria verso il mare.

Tutte le specie ittiche si accrescono sfruttando i substrati trofici dell'ecosistema vallivo, dunque il prodotto è assolutamente di tipo naturale.

La vallicoltura riproduce in un contesto isolato un modello di popolamento ittico ritenuto ottimale per la natura dei substrati e per la domanda di mercato. Nonostante l'esistenza in letteratura di una serie di opere significative sulle Valli Salse da Pesca, di una ricca iconografia, e di molteplici testimonianze storiche, sul piano strettamente ecologico e produttivo le funzioni della Vallicoltura sono sostanzialmente poco conosciute.

Il fatto che molte valli da pesca siano aziende faunistico venatorie ne ha fatto trascurare per anni la valenza ambientale da parte di chi si occupava di conservazione della natura. In realtà le Valli Salse da Pesca sono un esempio raro

di restauro ambientale basato sulla simulazione dei cicli naturali, tipici di una zona di transizione tra dolce e salato, in cui si è riusciti a recuperare parte della naturalità che bonifiche fondiarie ed usi impropri della fascia costiera hanno cancellato.

Le Valli sono, dunque, dei sistemi produttivi basati sul confinamento di aree lagunari più o meno estese (es. poche decine di ettari fino a 1.600 ettari). In queste aree, l'uomo ha sviluppato, per prove ed errori, le prime esperienze di acquacoltura estensiva (vallicoltura).

Attualmente le Valli sono completamente isolate dalla laguna da argini in terra, mantenendo i contatti con l'ambiente esterno attraverso chiaviche regolabili. In passato questo sistema produttivo si basava sul confinamento di porzioni di laguna attraverso l'uso di graticci realizzati con mazzi di cannuccie palustri assemblate in vario modo. Si è passati dunque da un sistema precario e transitorio di arginatura, ad uno stabile e consolidato.



Gorghe circolari per lo sverno delle orate seguiti da vasche per il preingrasso. Foto di S. Cataudella.

Non era più possibile seminare ed investire capitali su

aree soggette a rischi produttivi di varia natura, per gli effetti delle dinamiche meteomarine che potevano compromettere le arginature.

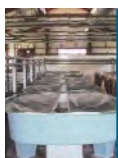
D'altro canto, alla fine degli anni trenta, furono riconosciute alla Vallicoltura una serie di funzioni rilevanti nell'ambito delle politiche di bonifica e della lotta antianofelica e per le prospettive di sviluppo di una moderna "industria ittica".

È pensabile che la Vallicoltura si sia originata partendo da sistemi di pesca basati sul confinamento stagionale di pesci nei pascoli produttivi, limitando l'accesso alla pesca libera, e basando i sistemi di cattura sulla capacità delle specie eurialine di migrare, verso il mare in autunno e verso la laguna in primavera.

Gli "howash" delle lagune del delta egiziano, pur essendo soprattutto trappole per pesci, hanno comunque aspetti tecnologici e gestionali che si possono riferire ad una vallicoltura primitiva.

Certo l'ingegneria, soprattutto veneziana, diede un contributo sostanziale allo sviluppo di questa tecnica basata sul saper collocare pali e graticci in acqua, scavare canalizzazioni e, soprattutto, ad imitare la natura, nelle forme e nelle funzioni, per simularne i processi produttivi delle biomasse ittiche.





Lavoriero con griglie in posizione di pesca. Foto di S. Cataudella.

Le valli arginate sono caratterizzate dalla presenza di una serie di chiaviche, e di canalizzazioni interne per la gestione idraulica delle acque salmastre e dolci e per la produzione ittica (bacini o aree di sverno, “peschierotti”, bacini di raccolta e lavorieri). Il ricambio idrico della valle è assicurato da una chiavica (“chiavica maistra”) posta sul canale principale interno, che consente gli scambi con la laguna aperta. Vista la particolare ubicazione settentrionale delle valli da pesca, con batimetrie caratterizzate da ridotte profondità, nella maggior parte di questi ambienti sono state realizzate aree più profonde per consentire lo sverno dei pesci in allevamento. In alcuni casi, queste sono costituite dai gorghi (fosse di forma circolare di circa 6-10 m di diametro e 4 m di profondità); per lo più si tratta di canali stretti e profondi in posizione protetta dai venti di bora. Ogni anno, al sopraggiungere dei primi freddi, vengono trasferiti nei bacini di sverno quei pesci che “richiamati” e catturati al lavoriero non hanno ancora raggiunto la taglia commerciale. Per alcune specie il ciclo può essere di tre o quattro anni, in relazione alle taglie che si vogliono esibire sul mercato. Ciò significa che lo stesso soggetto viene catturato al lavoriero più volte e trascorre più inverni nei canali. Questi vengono aperti nella primavera successiva, in maniera che i pesci liberati trascorrono un nuovo periodo di accrescimento nella valle. La tradizionale pratica di sverno si basa sul principio dell’isolamento termico per ghiacciatura,



e prevede l'utilizzo di acqua dolce che viene fatta "galleggiare" sulle acque salate, più dense, dei gorghi per formare uno strato ghiacciato in superficie. Ciò consente di creare una "barriera" di ghiaccio tra l'atmosfera ed il mezzo acqueo e conservare una temperatura dell'acqua generalmente non inferiore ai 3-4°C. In queste condizioni i pesci, se quieti, possono superare temperature molto rigide.

Immediatamente a valle della chiavica principale, che regola gli scambi tra la valle e la laguna aperta, è posto il bacino di raccolta del prodotto in smontata, detto "colauro",

ed i lavorieri, che sono le opere di cattura fisse tradizionalmente utilizzate nelle lagune costiere (Fig. 1).

Dal punto di vista delle produzioni ittiche, la differenza più evidente tra Vallicoltura e gestione lagunare sta nel fatto che tutta la



Selezione del pescato in una valle da pesca. Foto di S. Cataudella.

produzione ittica delle valli salse si basa sulla semina dei giovanili. Questi tradizionalmente vengono raccolti in natura, e la fase della pesca del pesce novello rappresenta una parte fondamentale del ciclo produttivo, come il seme in agricoltura. Oggi pur sopravvivendo la pesca del pesce novello, per specie come l'orata e la spigola si dispone di giovanili da avannotterie e si stanno sviluppando tecniche produttive in grandi volumi proprio per fornire pesci simili a quelli selvatici.

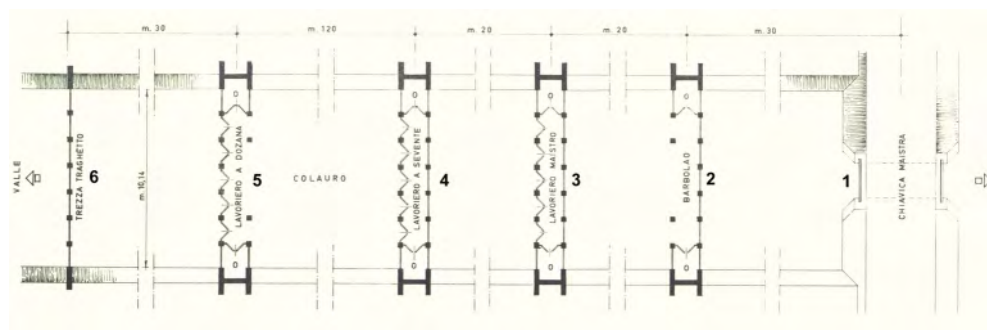


Fig. 1 - Modello di lavoriero (Bullo, 1940) di una Valle da pesca (da De Angelis, 1959).

Nel disegno sono indicati i nomi tradizionali degli sbarramenti.

1) Chiavica per la regolazione idraulica.

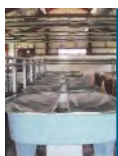
2) Sbarramento di sicurezza.

3) Cattura delle anguille.

4) Cattura ad alta marea del pesce di "colauro".

5) Cattura a bassa marea del pesce da "colauro".

6) Sbarramento tra Valle e "colauro".



Nel caso delle anguille il seme non può essere che di origine naturale; nel caso dei Mugilidi pur disponendo di tecnologie di riproduzione ed allevamento, il prezzo degli avannotti naturali è ancora competitivo.

Seminare una valle significa “creare” una comunità ittica appropriata fatta dai giovanili introdotti (spigo-

le, anguille, cefali, orate) e dalla componente naturale (latterini, Gobidi, ecc.) per ottenere una trasformazione ottimale della energia trofica in biomassa vendibile.

Ogni vallicoltore conosce la sua valle, fa un piano di semina. Di fatto, anche se proposte, non esistono formule rigide realmente applicabili (Tab. IV). Spesso la semina dipende dalla disponibilità di seme, nel caso dei Mugilidi ogni specie ha una precisa funzione ecologica ed un preciso valore di mercato. Ancora oggi c'è offerta di novellame di pesci del genere *Liza*, mentre è sempre più difficile disporre di giovanili di bosega (*Chelon labrosus*) e di volpina (*Mugil cephalus*). Solo nella formulazione dei pacchetti di specie della policoltura dei Ciprinidi cinesi, e di quelli indiani, o nella precisa identificazione della capacità portante dei bacini verdi per la produzione di “milk fish” nelle Filippine, si hanno esempi analoghi di tanta attenzione dedicata alle relazioni trofiche in piscicoltura.



Avvio di orate e cefali di primo anno allo sverno attraverso una condotta intubata. Foto di S. Cataudella.

Tab. IV - Formule per la semina tipo nella vallicoltura del Nord Adriatico.

Specie	Percentuale di semina tra le diverse specie (%)	Percentuale di sopravvivenza alla taglia commerciale (%)
Mugilidi	60-80	15-20
Orate	5-20	30-80
Ragani di anguilla (20 g di peso medio)	1-2 kg/ha	30-35
Raganelli di anguilla (0,4 g di peso medio)	1 kg/ha	3-5
Spigole	2-3	15-25

Attualmente la vallicoltura vive una fase molto difficile; infatti l'eccessiva offerta di spigole ed orate dagli allevamenti intensivi ha fatto crollare i prezzi,

ed anche se i prodotti di Valle spuntano sui mercati nord adriatici prezzi leggermente migliori, non c'è ancora una capacità reale da parte del mercato di riconoscere la qualità nei prodotti ittici, premiando ad esempio chi produce nel pieno rispetto degli ambienti acquatici. Negli anni settanta, con la nascita della moderna piscicoltura marina in Francia, Italia ed Inghilterra, si aprì la strada ad un processo di intensificazione delle produzioni ittiche nelle Valli. Questa innovazione si realizzò con la costruzione di vasche intensive negli ambienti vallivi, anche nella prospettiva di utilizzare i reflui per fertilizzare ed aumentare la produttività dei pascoli. Attualmente molte valli dispongono di unità intensive e naturalmente soffrono, come tutte le aziende del settore, dell'andamento dei prezzi all'ingrosso. Oggi la realizzazione di marchi di qualità, di origine, per la certificazione ambientale, potrebbe consigliare di ridurre le intensificazioni mirando a mercati di nicchia per prodotti esclusivi. La vallicoltura soffre, ad esempio, della politica insostenibile attuata nella tutela del cormorano, che oggi costringe alcune amministrazioni a politiche risarcitorie, e che di fatto ha spinto molti imprenditori a sviluppare sistemi intensivi, con vasche protette da reti anti-uccelli. I danni provocati dai cormorani alle produzioni vallive sono ingenti, anche in relazione agli effetti di disturbo sugli svernanti e nello svolgimento delle migrazioni verso i lavorieri.

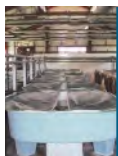


Laghetto dolce con forte vegetazione in una valle salsa da pesca. Foto di A. Vacchi.

La Vallicoltura è un sistema integrato in cui sopravvivono molte decine di specie vegetali ed animali tipiche di ambienti ormai rari; l'attacco dei cormorani ha generato danni e disincentivazioni verso gli investimenti per la piscicoltura estensiva, il che equivale ad una potenziale perdita di biodiversità e di valori culturali ed economici correlati. Nella vallicoltura moderna, l'aumento di capacità portante del sistema si è andato sviluppando con la realizzazione di bacini "dolci" (soprattutto in laguna di Venezia), che hanno la funzione di aumentare la presenza di uccelli acquatici svernanti. Tali porzioni di valle assumono un importante ruolo come ambienti di fitodepurazione, e come habitat per un elevato numero di specie animali e vegetali che, in una fascia costiera fortemente antropizzata, non potrebbero essere presenti.

La multifunzionalità valliva si esprime dunque nella produzione ittica estensiva, nella possibilità di realizzare oasi ed aree protette, negli effetti sul paesaggio lagunare, nel parziale trattamento, attraverso il lagunaggio e la fitodepurazione di masse d'acqua lagunari e continentali, ecc.





3.1.4 Lagune dell'Adriatico meridionale

Le più importanti lagune del basso Adriatico, localizzate nei pressi del promontorio del Gargano, sono le lagune di Lesina e di Varano. Tra gli ambienti lagunari di minore estensione si possono citare: Acquatina (40 ha) e Alimini (256 ha).

La laguna di Lesina è compresa tra la foce del fiume Fortore e Capo Mileto. Il bacino è separato dal mare da una sottile striscia dunale larga 1-2 km; la comunicazione con il mare è assicurata da due canali di marea (Acquarotta, nella parte occidentale, e Schiapparo, nella parte orientale). La laguna occupa una superficie di 5.136 ettari e si presenta piuttosto allungata parallelamente alla costa, con una lunghezza di circa 22 km ed una larghezza media di 2,4 km. La profondità media è di 0,7 m con valori massimi di 3-4 m (fosse circondariali interne). Nella laguna sono presenti numerosi apporti di acqua dolce soltanto nella parte orientale. Fino ad oggi la gestione piscicola della laguna è stata basata prevalentemente sulla cattura di specie ittiche per mezzo di speciali sistemi, localmente conosciuti come “paranze”, utilizzati storicamente per la pesca delle anguille. Le paranze sono costituite da lunghissimi sbarramenti (una volta di canne, e per tale ragione, ancora oggi, chiamati “fratte”, sostituiti più recentemente da panni di rete di nylon) disposti perpendicolarmente alle rive con funzioni di “invito” o passaggio obbligato per i pesci verso i bertovelli, posizionati ad intervalli regolari lungo lo stesso sbarramento.

In queste tecniche di pesca i pescatori di Lesina sono maestri, e ne hanno esportato cultura e tecnologie un po' in tutto il Mediterraneo. Negli ultimi anni i due canali di marea, già muniti di chiuse idrauliche azionate con motori elettrici, sono stati equipaggiati con moderni lavorieri. Parallelamente, per superare anche i limiti produttivi (basse produzioni) e socio-economici (gestione individuale delle attività) nella laguna, è stato creato uno specifico Consorzio di cooperative per la gestione collettiva delle attività di pesca ed è in progetto la realizzazione di una avannotteria di bacino, per l'esecuzione di semine a supporto della pesca lagunare, secondo modelli consolidati di “*culture-based fisheries*”.

Nella laguna confluiscono anche i reflui di alcuni impianti di piscicoltura intensiva, direttamente o attraverso alcuni canali immissari che drenano i perimetri agricoli circostanti. Nella zona orientale del bacino, tra la vecchia foce di S. Andrea e la località Cauto, sono presenti alcuni stagni arginati che coprono una superficie complessiva di 35 ettari, gestiti per l'allevamento semintensivo di gamberi Peneidi. Negli ultimi anni le produzioni lagunari sono risultate sempre inferiori ai 40 kg/ha/anno.

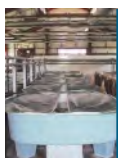
A sud-est si estende la laguna di Varano, che presenta una forma arrotondata ed una profondità molto maggiore di quella della laguna di Lesina, con oltre 6 m nella sua parte centrale. Il bacino copre una superficie complessiva di 6.100 ettari e comunica con il mare attraverso due canali di marea (Capoiale e Varano). Come a Lesina, la pesca viene eseguita per mezzo delle paranze, tuttavia la realizzazione antecedente di lavorieri sui canali di marea ha consentito l'avvio di una gestione piscicola più razionale. Per la notevole profondità del bacino, si è inoltre sviluppata la mitilicoltura, anche se negli ultimi anni a causa di problemi ambientali tale pratica colturale ha subito una forte limitazione. Le produzioni ittiche lagunari risultano inferiori a 30 kg/ha/anno.

3.1.5 Lagune del Tirreno centrale

Lungo le coste del Tirreno centrale, tra la Toscana e la Campania, sono localizzate una serie di lagune di notevole importanza produttiva e, soprattutto, conservazionistica. Da nord a sud si possono citare i seguenti bacini: laguna di Orbetello, lago di Burano, laghi di Fogliano, Monaci, Caprolace e Sabaudia, lago di Fondi, lago Lungo, lago di Patria e lago del Fusaro.

La laguna di Orbetello è localizzata alla base del promontorio dell'Argentario e copre una superficie di circa 2.500 ettari. Il bacino circonda completamente la piccola penisola di Orbetello. Una diga artificiale collega la penisola al promontorio e separa la laguna in due bacini: il "bacino di Levante" e il "bacino di Ponente". Il primo è separato dal mare da un cordone litorale sabbioso chiamato Tombolo della Feniglia, nel quale è presente il canale di marea adiacente ad Ansedonia; mentre il secondo è confinato dal mare dal Tombolo della Giannella, nel quale è ubicato un secondo canale nei pressi di Nassa; un terzo canale (canale di Fibbia), consente la comunicazione del "bacino di Ponente" con la foce del fiume Albegna. La gestione piscicola in questo complesso lagunare è in gran parte effettuata attraverso i moderni lavorieri, ubicati sui tre canali di marea. Soprattutto il sistema di lavorieri e canalizzazioni interne (canale di reclutamento, canali di smontata, un canale di comunicazione tra il lavoriero ed un grande bacino di sverno) della Nassa, per la peculiare complessità e funzionalità avvicinano il modello gestionale della laguna (fatta eccezione per le semine) a quelli applicati generalmente nella Vallicoltura del Nord Adriatico. La tendenza all'insabbiamento frequente delle foci a mare e, più recentemente l'inquinamento della laguna, rappresentano i fattori limitanti principali alla produzione. Nella laguna confluiscano anche i reflui di una decina di impianti di piscicoltura intensiva.





Le produzioni risultano di poco superiori ai 100 kg/ha/anno.

Il lago di Burano (100 ha di superficie bagnata), da diversi anni “Oasi di protezione” per l’avifauna, gestita dal WWF, è di scarsa importanza produttiva a causa della limitata gestione idraulica.

A sud di Roma, nella provincia di Latina, si trovano i quattro laghi, Fogliano (400 ettari), Monaci (80 ettari), Caprolace (300 ettari) e Sabaudia (390 ettari), che fanno parte del Parco Nazionale del Circeo. Ciascun bacino di questo complesso lagunare, storicamente gestito per la pesca, è strutturato con una serie di canali equipaggiati con chiaviche e “moderni” lavorieri, di forma a “V” (progettati dal Bullo negli anni '30). In queste lagune l'Ente Parco ha conservato le attività di pesca tradizionali, avviando, tra l'altro, attività pilota (avannotteria di bacino) per lo sviluppo di pratiche di acquacoltura, a supporto della pesca lagunare, compatibili con la gestione conservativa di tali ambienti. Negli ultimi anni, le produzioni ittiche (fatta eccezione per il Lago di Monaci, nel quale la produzione è stata abbandonata) sono risultate comprese tra 20 e 50/kg/ha/anno, in gran parte rappresentate da: anguille, Mugilidi, spigole, saraghi e orate.

Più a sud, tra il promontorio di Terracina e Gaeta, è ubicato il lago di Fondi (381 ettari), separato dal mare da una duna boscata (Bosco del Salto) ed in collegamento con questo attraverso due canali di marea (i canali Canneto e Sant'Anastasia). I notevoli apporti continentali contribuiscono alla formazione di estese zone dolcificate. Per tali ragioni tra le specie ittiche lagunari prevalgono i Mugilidi e le anguille. Le produzioni oscillano tra i 50 e 100 kg/ha/anno.

3.1.6 Gli stagni sardi

Le lagune costiere della Sardegna, denominate comunemente “stagni”, con le loro rese stimabili complessivamente in oltre 2.000 tonnellate annue di prodotto, rappresentano ancora oggi una delle realtà produttive più interessanti della regione mediterranea. Il sistema degli stagni sardi è il risultato di una modalità di gestione conservativa di ambienti lagunari, nei quali lo sfruttamento tradizionale delle risorse biologiche ha consentito la conservazione di ambienti naturali con elevate condizioni di biodiversità.

I 77 stagni sardi hanno una estensione complessiva di circa 15.000 ettari. La loro superficie è molto variabile; Cabras, lo stagno più esteso della Sardegna copre una superficie di 2.228 ettari. Tuttavia, solo 19 stagni hanno un'estensione superiore a 100 ettari e 58, raggiungono i 10 ettari. In origine la superficie delle zone umide sarde era molto più estesa, ma la passata politica di

bonifica fondiaria ha spinto al recupero, a fini agricoli, di ampie superfici lagunari.

L'origine degli stagni sardi è diversa: la maggior parte, tra cui gli stagni più estesi, come Cabras e S. Gilla, nasce da insenature sbarrate da uno o più cordoni litorali formatisi in seguito a moti tettonici di innalzamento e abbassamento del livello dal mare. Altri, frequenti soprattutto nella costa orientale, derivano dall'espansione delle acque di fiumi e torrenti lungo la costa, a causa dell'occlusione della foce; tra questi, S. Giovanni di Muravera, Colostrai, Su Petrosu. Infine, alcuni stagni della costa occidentale dell'isola, come Sal'e porcus, si sono formati in zone con fondo derivante da depositi di natura argillosa, disposti tra le dune sabbiose.



La bottarga di cefalo è uno dei prodotti più rinomati delle produzioni lagunari della Sardegna.
Foto di S. Cataudella.

Il fondo è generalmente di natura fangosa; la profondità media è modesta e non raggiunge il metro: in molti stagni sono stati scavati canali profondi oltre due metri; in altri, esistono vaste aree, naturali o create artificialmente vicino alla bocca a mare, che giungono a tre-quattro metri di profondità.

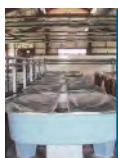
La salinità delle acque degli stagni sardi è di norma elevata, a causa dei limitati afflussi d'acqua dolce e dei notevoli ricambi marini. Alcuni stagni originariamente salmastri, come Cabras, Santa Giusta e altri, hanno subito, negli ultimi anni, notevoli aumenti della salinità per cause diverse: la costruzione di dighe nei corsi d'acqua immissari, la modifica dei sistemi irrigui utilizzati nei terreni agricoli circostanti con minore quantità di acque reflue, la deviazione di apporti inquinati. Parallelamente sono stati intensificati gli apporti marini per l'allargamento e l'approfondimento delle bocche a mare.

Il tempo di ricambio delle acque è molto variabile, rapido, con ricambi addirittura giornalieri, negli stagni più piccoli, mentre è dell'ordine di diversi mesi nei più estesi.

Negli ultimi quindici anni alcuni tra i maggiori stagni come S. Giusta, S'Ena arrubia e, più recentemente Cabras, hanno subito gravi crisi distrofiche.

La fauna ittica presente nelle lagune sarde è molto varia e annovera circa una trentina di specie, alcune tipiche lagunari, altre caratteristiche della fauna marina costiera. Le specie presenti in tutti gli stagni sono: *Anguilla anguilla*, *Dicentrarchus labrax*, *Mugil cephalus* e altri Mugilidi, e diversi Gobidi, in particolare *G. paganellus* e *G. niger*. In alcuni stagni che conservano zone di acqua completamente dolce si trova anche *Cyprinus carpio* e *Tinca tinca*. Nella maggior parte degli stagni con salinità prossime a quelle marine, si pescano *Solea vulgaris*, alcuni Sparidi come *Sparus aurata*, *Lithognathus mormyrus*, *Diplodus vulgaris*, *D. sargus* e *D. annularis*, *Boops*





salpa; *Mullus surmuletus* e *M. barbatus*. Quando sono presenti canali sublacuali che collegano la bocca a mare con il centro dello stagno, compaiono anche specie tipicamente marine quali pagelli, scorfani, occhiate, cernie. Queste specie montano nella primavera e tentano di riguadagnare il mare ai primi freddi. Tra i Molluschi, si rinvencono frequentemente *Tapes decussatus* e *Mytilus galloprovincialis*, quest'ultimo introdotto per l'allevamento. Nelle zone più dolci è rinvenibile *Cerastoderma glaucum*. Tra i Crostacei la specie più comune è *Carcinus aestuarii*.



Stagno di Cabras: sciabica, inizio raccolta. Foto di M. De Biasi.

La gestione piscicola viene praticata in trenta stagni, (superficie complessiva di 8.250 ettari), quasi sempre ad opera di cooperative di pescatori.

In generale l'attività si svolge con tecniche tradizionali che consistono essenzialmente nella gestione della montata del novellame dal mare e la cattura delle forme adulte attraverso i lavorieri posti nelle bocche a mare. I lavorieri degli stagni sardi, conosciuti col nome di "giostre", consistono in uno sbarramento di griglie a forma di V che intercettano le bocche a mare. Moderni lavorieri in cemento armato e griglie plastiche vanno progressivamente sostituendo le "giostre" tradizionali in cannuccia palustre e pali in legno; fra queste si possono ancora ammirare le giostre della Peschiera Pontis di Cabras. A differenza di quanto accade in molti ambienti lagunari della penisola, negli stagni sardi vige l'usanza di smantellare completamente il lavoriero durante il periodo primaverile, per favorire al massimo la montata dal mare non solo

di novellame, ma anche di giovanili e adulti. L'attività di pesca si svolge anche con gli attrezzi della pesca vagantiva: bertovelli, nasse e diversi tipi di reti da posta. In alcuni casi la gestione tradizionale viene integrata da altre attività.

In sette stagni vi sono strutture per la mitilicoltura. Si tratta in genere di impianti fissi realizzati con pali in legno o in materiale metallico o sistemi flottanti mentre in otto stagni, vi sono strutture per l'alleva-



Stagno di Cabras: lavorieri. Foto di M. De Biasi.

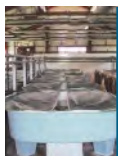
mento di pesci in vasche a terra od in gabbie. In tre stagni infine, la gestione produttiva viene integrata da un'attività di turismo didattico-ambientale, che prevede l'esecuzione di visite guidate e/o il consumo del prodotto locale in strutture ricettive realizzate presso le peschiere.

Negli ultimi 30 anni, in 26 lagune sono stati eseguiti imponenti lavori di recupero ambientale, con ingenti investimenti pubblici. Gli interventi, in qualche caso certamente discutibili per una scarsa attenzione agli aspetti ambientali, hanno riguardato principalmente: la "razionalizzazione" delle bocche a mare, il dragaggio dei fondali, la regolazione degli apporti continentali, la realizzazione di impianti d'allevamento per molluschi.

Gli stagni sardi sono noti per le rese elevate, derivanti non solo dalla produttività "intrinseca" dei sistemi, ma anche dalla cattura di esemplari adulti che in questi entrano dal mare.

Nel 1999 la resa degli stagni sardi, riferita alla superficie della lagune produttive, è stata di 319 kg/ha, di cui il 66% costituita da molluschi. Il confronto con i dati esistenti in bibliografia sulle produzioni passate evidenzia un calo delle quantità di pesci e crostacei, un aumento del numero di specie e l'importanza crescente assunta dagli allevamenti di mitili. Questa differenza può essere attribuita, da una parte, al processo di "marinizzazione" che ha riguardato molti stagni come conseguenza del minore afflusso di acque dolci e dei maggiori ricambi marini derivanti dalla così detta "razionalizzazione" delle bocche a mare, dall'altra alla crescente pressione predatoria degli uccelli ittiofagi.





3.1.7 Verso la costruzione di linee guida per la conservazione e la gestione delle lagune costiere

Premesso che la gestione delle produzioni ittiche ha garantito la sopravvivenza idraulica delle lagune e degli stagni, pur non mancando casi in cui, per eccessi di interventi o per eccessiva intensificazione, sono stati generati impatti negativi, è necessario considerare alcuni aspetti utili per programmare linee guida per indirizzare i comportamenti degli operatori e soprattutto le scelte delle amministrazioni pubbliche.

Le attività di pesca lagunare, classificabili come forme peculiari di acquacoltura, sono una ricchezza sociale, culturale ed economica, strettamente legate ai valori della biodiversità. Popolazioni Vegetali ed Animali organizzate in peculiari comunità, ricche di specie estremamente specializzate, con funzioni spesso rare come quelle legate alla capacità di affrontare variazioni ambientali drastiche, sono anche la risorsa su cui si è evoluta una capacità delle popolazioni umane a trarne beneficio. Questa laboriosità finalizzata allo sfruttamento ha portato alla stabilizzazione delle foci, alla costruzione degli sbarramenti, alla regolazione delle acque dolci, al controllo dei prodotti, alla costruzione di manufatti e fabbricati, alla creazione di un paesaggio naturale modellato dall'uomo, quasi per opporsi alle dinamiche naturali che renderebbero transitorio un sistema lagunare e dunque poco adatto ad essere utilizzato con continuità. Questa tendenza, data l'elevata sostenibilità delle attività condotte, ha contribuito fortemente a conservare degli spazi di tipo naturale lungo la fascia costiera. Non a caso, con la crescita di una percezione dei valori naturali da conservare, le lagune furono elette a siti privilegiati soprattutto per la conservazione dell'avifauna acquatica migratoria che a causa della bonifica fondiaria aveva perso gran parte delle zone umide.

In sintesi, una combinazione tra attività compatibili con la conservazione e le politiche di conservazione della natura hanno dato un forte contributo a salvare questi ambienti. Purtroppo non mancano scempi edilizi, tentativi di estromettere la pesca, utilizzazioni portuali e per un turismo non ecologico, ma quello che è stato conservato è in parte dovuto alla presenza di una economia e di una cultura ittica.

Sintetizzando per punti è possibile considerare una serie di aspetti salienti nella conservazione e gestione piscicola delle lagune.

Aspetti ecologici

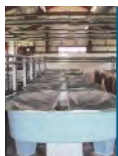
La sopravvivenza di una laguna costiera è strettamente dipendente dalla natura della gestione della stessa *ad hoc* definita. Non si tratta di ambienti



naturali da lasciare alle proprie dinamiche, anche perché l'intensità degli usi al contorno, o delle modificate condizioni, ad esempio l'apporto di acque dolci, richiede una continua azione regolatoria sul piano strutturale, funzionale, normativo, alla luce di regole condivise. La gestione di una laguna richiede un continuo monitoraggio. È necessario identificare gli appropriati descrittori fisici, chimici e biologici. Non basta collezionare libroni di dati, è necessario elaborarli correttamente per interpretare le dinamiche, prevedendo in che direzione la laguna sta evolvendo, e dunque intervenire con opere appropriate per perseguire gli obiettivi di qualità che ci siamo dati. Talvolta manca acqua dolce, è semplice pensare che basterà far circolare più acque di mare: l'effetto sarà di avere un ambiente completamente differente, con comunità animali e vegetali che magari non sono quelli che vorremmo produrre o tantomeno quelle che vorremmo conservare, perché, ad esempio, minacciate da deficit di habitat.

Aspetti ingegneristici

La morfologia della laguna condiziona totalmente le sue potenzialità produttive. La gestione delle foci, la loro difesa dal trasporto litoraneo che ne comporta l'insabbiamento, il ripristino dei canali che garantiscono la circolazione, sono alla base di una strategia produttiva che può essere facilmente orientata. Gli interventi idraulici dovrebbero considerare le valenze ecologiche e paesaggistiche delle lagune. Andrebbero considerati con attenzione gli aspetti architettonici nel caso di restauro o costruzione di immobili. Considerare una laguna costiera delle nostre latitudini come un ambiente "selvaggio", da lasciare alle sue dinamiche, significherebbe avere processi evolutivi verso l'interrimento o verso l'erosione. Comunque tale impostazione avrebbe riflessi immediati sulle produzioni ittiche, ed in tempi relativamente brevi sulle comunità ritenute di maggior interesse per la conservazione di tali ambienti. Un aspetto sviluppato in Vallicoltura, dove si tende ad aumentare la capacità portante complessiva, meno preso in esame nella gestione lagunare, è rappresentato dalla possibilità di ricostruire zone umide "dolci", ciò al fine di contenere gli effetti della "diffusa marinizzazione", creando zone di fitodepurazione appropriate per migliorare la qualità delle acque dolci immesse in laguna. Ciò anche per superare gli effetti ecologici del taglio netto operato dalle bonifiche tra dolce e salato. Aspetto quest'ultimo accentuato dalla diffusa mancanza di acque dolci, soprattutto nel periodo estivo. La regolazione delle acque di piena, in alcuni stagni sardi, è un altro aspetto rilevante su cui definire modalità di intervento ecocompatibili.



Aspetti sociali ed economici

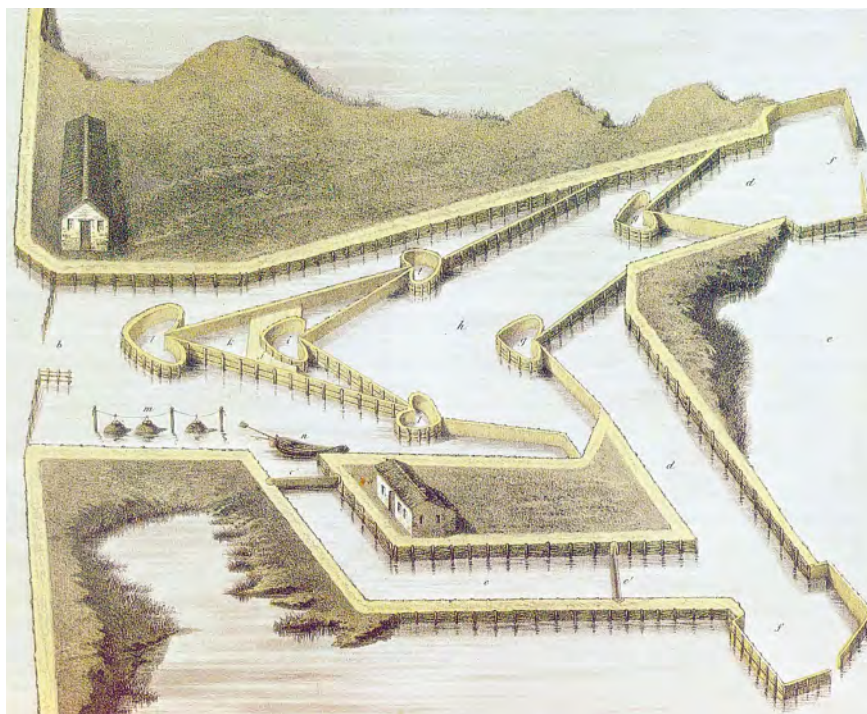
Le produzioni ittiche lagunari sono di grande pregio, fortemente apprezzate e conosciute sui mercati locali. Naturalmente risentono, come le produzioni vallive, della eccessiva offerta di prodotti da acquacoltura intensiva. L'esigenza di certificare la qualità dei prodotti lagunari è una delle poche strade perseguibili per la valorizzazione di queste produzioni. Le lagune si prestano a modelli gestionali multifunzionali in cui la pesca e l'acquacoltura si integrano con la gestione e la conservazione ambientale, con il turismo, e con funzioni ricreative ed educative di differente natura. Lo sviluppo di attività che consentano di attrarre i giovani è uno dei punti focali per la continuità gestionale e per mantenere un presidio tradizionale che garantisce l'ambiente più di quanto non si creda. Dal punto di vista tecnico economico è necessario che la laguna produca pesci di taglia commerciale appropriata. Per attuare questo è necessaria la diffusione di lavorieri selettivi, è anche necessario che la pesca con bertovelli e reti vagantive sia integrata alla pesca ai lavorieri. Se ciò non è possibile perché gli operatori hanno libero accesso, senza deleghe per organizzare il prelievo, si perde per motivazioni organizzative gran parte dei vantaggi che fanno considerare la pesca lagunare come una tipologia di allevamento.

Il lavoriero da pesca

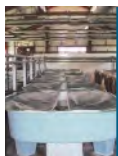
Catturare, attraverso sbarramenti e corridoi che portano a camere di cattura, i pesci che migrano tra lagune e mare aperto è una delle attività umane più antiche. Il lavoriero italiano, nato nella vallicoltura, è certamente il sistema più avanzato perché permette la selezione delle specie e delle taglie, è dunque uno strumento di pesca selettiva. Il lavoriero intercetta le migrazioni ittiche dalla laguna e dalla valle al mare nelle stagioni migratorie, ma può essere attrezzato per pescare pesce che migra dal mare in laguna a taglie già commerciali. In questo caso funziona semplicemente da trappola per pesci. I lavorieri permettono la migrazione di giovanili di specie marine verso la laguna. Tradizionalmente i lavorieri costruiti con fasci di cannuccia palustre avevano forma a V per invitare progressivamente i pesci migranti contro corrente verso la camera di cattura, posta al vertice. Tale forma oltre a convogliare serviva ad offrire minore resistenza alle maree entranti ed ai deflussi, garantendo buoni ricambi. Oggi i lavorieri in colonnini di cemento e griglie metalliche e/o plastiche sono posti trasversalmente ai canali per ridurre costi di investimento e di esercizio. Ciò talvolta anche a scapito dell'idrodinamismo.



307



Lavoriero delle Valli di Comacchio (M. Coste, *Voyage d'exploration sur le littoral de la France et de l'Italie*, Paris, 1855).



Bibliografia

- AA.VV. (2000). *Un mare di risorse*. Cataudella S. e Carrada G.C. (Eds). Uniprom. Roma 395 pp.
- Agroteam s.r.l. (1984). Studio sul risanamento e sulla gestione produttiva delle lagune dell'Italia mediante lo sviluppo dell'acquacoltura e della pesca. Commissione delle Comunità Europee, C(83) 1935/9, Vol. I, II e III.
- Ardizzone G.D., Cataudella S., Rossi R. (1988). *Management of coastal lagoon fisheries and aquaculture in Italy*. FAO Fish.Tech.pap., (293): 103 pp.
- Bellini A. (1899). Il lavoriero da pesca nella Laguna di Comacchio. Estratto degli Atti del Congresso Inter-Regionale di Pesca ed Acquicoltura. Ed. Stab. Tipog. Cav. Federico Visentini, Venezia 1899, 132 pp.
- Bullo G. (1891). *La piscicoltura marina*. Padova.
- Bullo G. (1940). *Le valli salse da pesca e la vallicoltura*. Venezia.
- Carrada G.C., Cicogna F., Fresi E. (1988). Le lagune costiere: Ricerca e gestione. CLEM Pubblicazioni. Massalubrense.
- Cataudella S., Ferlin P. (1984). *Aspects de basse technologie dans l'aménagement des ressources piscicoles et le développement de l'aquaculture dans les lagunes*. Stud. Rev. GFCM/Etud. Rev. CGPM, (61) Vol. 2:567-591.
- Chauvet C. (1988). *Manuel sur l'aménagement des pêches dans lagunes côtières: la bordigue méditerranéenne*. FAO Doc. Tech. Pêches, (290): 77 pp.
- De Angelis R. (1959). *La techniques des pêcheries dans les lagunes saumâtres*. FAO Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Medit., (7): 16 pp.
- De Angelis R. (1959). *Exploitation et description des lagunes saumâtres de la Méditerranée*. FAO Stud. Rev. Gen. Fish. Coun. Medit., (12): 46 pp.
- Kapetsky J.M. (1984). *Coastal lagoon fisheries around the world*. FAO, Stud. Rev. GFCM/Etud. Rev. CGPM, (61), Vol 1: 97-140.
- Quignard J.P. (1984). *Les caractéristiques biologiques des l'aménagement des pêcheries*. FAO, Stud. Rev. GFCM/Etud. Rev.CGPM, (61) Vol. 1: 3-37.
- Ravagnan G. (1978). *Vallicoltura moderna*. Edagricole. Bologna. 283 pp.
- Ravagnan G. (1992). *Vallicoltura integrata*. Edagricole. Bologna. 502 pp.
- Rossi R., Franzoi P., Cataudella S. (1999). *Pesca del pesce novello per la vallicoltura: una esperienza nord adriatica per la salvaguardia delle zone umide*. Supplemento al n. 6/99 di Laguna - bimestrale della Regione Emilia Romagna per lo sviluppo delle zone umide: 6-20.

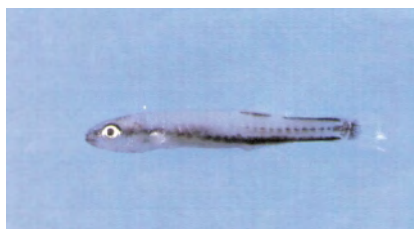
3.2 LA PESCA DEL NOVELLAME

E. Ciccotti, P. Franzoi

Per pesca del “*pesce novello*” o del novellame da semina si intende il prelievo di stadi giovanili precoci (avannotti) di varie specie ittiche marine, che affluiscono stagionalmente dal mare verso gli ambienti costieri, estuarini e lagunari, dove trovano le condizioni termiche e trofiche ottimali per la fase iniziale del loro ciclo vitale. Questa migrazione di avannotti dal mare viene chiamata “montata” o “rimonta” e rappresenta un fenomeno particolarmente imponente soprattutto durante i mesi primaverili. Dopo un periodo più o meno lungo di permanenza nelle aree di *nursery* costiere, caratterizzato da una fase di accrescimento rapido, i subadulti di queste specie eurialine possono migrare in mare per completare il loro ciclo biologico e riprodursi. Appartengono a questo gruppo l'orata (*Sparus aurata*), il branzino (*Dicentrarchus labrax*) e diverse specie di Mugilidi (*Mugil cephalus*, *Liza ramada*, *L. aurata*, *L. saliens*, *Chelon labrosus*). Si tratta di quelle specie ittiche comunemente allevate con tecniche estensive nelle acque salmastre, in particolare nelle valli da pesca dell'Alto Adriatico, ed indicate con il termine tradizionale di “pesce bianco”.



Sparus aurata (orata, 20 mm) catturata alla fine di marzo. Foto di P. Franzoi.



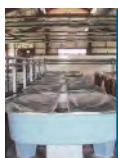
Dicentrarchus labrax (baicolo, 18 mm) catturata all'inizio di aprile. Foto di P. Franzoi.



Dall'alto in basso: *Liza aurata* (lotregano, 17 mm), *Mugil cephalus* (meciatto, 19 mm), *Liza ramada* (botolo, 13 mm), *Chelon labrosus* (bosega, 17 mm). Foto di P. Franzoi.



Ceche di anguilla (*Anguilla anguilla*). Foto di S. Cataudella.



Oltre al pesce bianco, la pesca del novellame in Italia riguarda anche il prelievo di ceche di anguilla (*Anguilla anguilla*). Questa specie, in realtà, si pone come un caso a parte, in relazione alla sua complessa biologia riproduttiva e migratoria. Si tratta infatti di una specie migratrice catadroma, il cui sito riproduttivo, stando alle evidenze scientifiche attualmente accettate, è unico, è ristretto e si trova presumibilmente in Atlantico (Mar dei Sargassi), anche se risultati recenti, seppure ancora preliminari, rimettono in discussione l'ipotesi dell'esistenza di un'unica area riproduttiva, ipotizzando l'esistenza di sottogruppi distinti geneticamente su base geografica.

La specie è distribuita nelle acque interne e nelle acque costiere di quasi tutti gli stati d'Europa e del Nord Africa, dove colonizza una grande varietà di ambienti.

Lo sfruttamento da pesca dell'anguilla viene esercitato in tutto l'areale di distribuzione della specie, e riguarda gli stadi giovanili e pre-adulti (ceca, anguilla gialla in accrescimento, anguilla argentina non ancora matura sessualmente), ma la conservazione degli stock dipende dal reclutamento e dall'emigrazione dei riproduttori, che sono soggetti a dinamiche poco note. L'allevamento di questa specie è da sempre presente in Italia e nel resto dell'Europa prima con tecnologie tradizionali (estensivo, vallicoltura nord-adriatica) e poi con tecnologie intensive. L'Italia è da tempo il maggior produttore europeo, rappresentando il 38% della produzione totale. In questo scenario, la pesca delle ceche rappresenta tuttora l'unica fonte di approvvigionamento sia per il settore intensivo che per quello estensivo.

L'origine della gestione piscicola degli ambienti lagunari è legato proprio alla tradizionale conoscenza del fenomeno della "montata" e della naturale vocazione di tali ambienti come aree di *nursery*. Da diversi decenni, le produzioni ittiche delle valli da pesca non sono più affidate alla sola montata naturale, ma dipendono da rifornimento annuale con avannotti catturati in ambiente naturale, attività a cui si dedicano i "pescenovellanti", specializzati nella pesca, trasporto e mantenimento in vivo del "pesce novello". Nelle lagune dell'Alto Adriatico la pratica di prelevare il pesce novello negli spazi lagunari aperti, al momento della sua montata dal mare, per poi trasferirlo all'interno delle valli chiuse da pesca, ha una tradizione secolare ed è strettamente connessa allo sviluppo stesso della vallicoltura. L'avvento delle pratiche di riproduzione artificiale per alcune specie (spigola e orata) ha solo in parte sopperito alle necessità di novellame selvatico, che, per le sue caratteristiche, meglio si presta alla semina in ambienti vallivi e lagunari.

Questa attività non deve quindi essere confusa con la pesca del novellame

per consumo diretto. Esistono in effetti anche attività, che prendono il nome di “pesche speciali” e finalizzate al consumo diretto, che interessano direttamente il novellame di sardina (*Sardina pilchardus*, bianchetto), di rossetto (*Aphia minuta*), di lattarino (*Atherina boyeri*) e di cicerello (*Gymnammodytes cicerellus*). Si tratta di attività di pesca regolate con modalità specifiche, ad esempio effettuabili solo in alcuni periodi dell’anno (a cavallo dei mesi invernali) e che, sebbene non abbiano un peso enorme nel bilancio delle catture in Italia, hanno però risvolti importanti in alcune particolari località, dato che sono legate ad abitudini alimentari e culturali di alcune zone, in particolare in Liguria e Toscana.

Le esternalità negative connesse alla pesca del novellame sono legate al fatto che la pesca si esercita sul “reclutamento”, momento cruciale nella crescita della popolazione. Non va tuttavia dimenticato che la pesca di pesce novello da allevamento riguarda oggi esclusivamente pratiche ormai consolidate, effettuate da pochi specialisti, che consentono di sostenere quelle modalità di pesca strettamente connesse con l’allevamento (*culture-based fishery*) che sono in uso da secoli e che costituiscono quei modelli di acquacoltura sostenibile che si riflettono anche nella gestione e conservazione delle risorse.

3.2.1 Tecniche di pesca

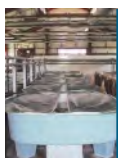
La pesca del novellame di pesce bianco segue due tipologie principali di cattura, essenzialmente riconducibili a due diverse organizzazioni del lavoro.

La “pesca itinerante” è praticata da pescatori che si spostano lungo le coste italiane per mezzo di camion attrezzati con tini in vetroresina della capacità di 1,5-3,0 m³ e dotati di sistemi di ossigenazione per permettere lo stoccaggio ed il trasporto anche su lunghe distanze degli avannotti catturati. La pesca con camion viene attualmente praticata soprattutto da pescatori delle marinerie nord-adriatiche (Chioggia e Goro).

La “pesca locale” viene praticata da pescatori che lavorano in aree limitrofe a quelle di residenza, utilizzando per gli spostamenti piccole imbarcazioni oppure automezzi. Questo tipo di attività è diffusa soprattutto nelle lagune del nord-adriatico e del Delta del Po, e lungo le coste tirreniche della Toscana e del Lazio.

Le modalità di prelievo sono ancora quelle tradizionali. Gli avannotti vengono catturati prevalentemente con la “tela” o con il “telone”, reti a tratta manuale lunghe rispettivamente circa 4-6 m (altezza circa 1-1,5 m) e 8-10 m (altezza 1,5-2 m); la maglia è di 4 mm per la pesca del novellame di Mugilidi





e di 2 mm per la pesca degli avannotti di spigola. Il traino viene effettuato esclusivamente a mano su bassi fondali (0,5-1,5 m) accessibili dalla riva. La rete non viene mai sollevata dall'acqua e di norma si opera in modo da



Pescenovellanti con una trattina. Foto di P. Franzoi.

limitare il contatto degli avannotti con la rete, per evitare di danneggiarli. La rete è chiusa in modo da formare in acqua un sacco di circa 1 m di diametro e con 15-20 cm di acqua, all'interno del quale gli avannotti vengono raccolti con appositi retini a racchetta oppure a mano, assieme ad un po' d'acqua, in modo da evitare qualsiasi danneggiamento. Il prodotto viene venduto direttamente alle valli e agli allevamenti oppure a commercianti specializzati nel trasporto del pesce vivo.



Raccolta del novellame pescato. Foto di P. Franzoi.



3.2.2 Normativa

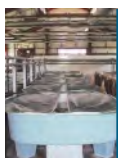
Le norme che disciplinano oggi la pesca del pesce novello nelle acque di pertinenza dei compartimenti marittimi sono dettate dal D.M. 22 marzo 1991 e dal D.M. 7 agosto 1996. La Direzione generale della pesca e dell'acquacoltura del Ministero per le Politiche Agricole e Forestali autorizza la pesca del novellame allo stato vivo esclusivamente per fini acquicolturali e di ripopolamento. Le specie ed i relativi quantitativi massimi pescabili sono determinati annualmente dall'Amministrazione, in base alla disponibilità delle risorse oggetto di pesca e dei quantitativi pescati nella precedente campagna di pesca. Dal 1996 il rilascio dell'autorizzazione è oneroso per il richiedente.

Per la pesca del novellame di specie eurialine negli ambienti costieri classificati come acque interne, le Regioni (fatta eccezione per la Sardegna e la Sicilia, in cui la pesca del novellame è vietata) e le singole Province di competenza tendono ad agire in accordo con il Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, ovvero con rilascio di autorizzazioni annuali, necessità di dichiarare i dati sul pescato, vincoli assoluti sulla destinazione d'uso del prodotto (solo *restocking* e acquacoltura). Il regime di pesca del novellame per ripopolamento e acquacoltura appare dunque relativamente omogeneo su tutto il territorio.

Dal momento dell'entrata in vigore del Regolamento CE n. 1626/94, adottando una serie di misure per la conservazione delle risorse della pesca nel Mediterraneo, si è creata una situazione di conflitto in relazione alla possibilità di esercitare questo tipo di pesca. Infatti il Regolamento 1626 definisce le caratteristiche dei principali tipi di reti da pesca utilizzate nei Paesi dell'area mediterranea, in particolare la misura minima della maglia, così come la taglia minima per alcune specie di Pesci, Crostacei, Molluschi ed altri prodotti della pesca allo scopo di prevenire il loro sovrasfruttamento. Al momento è in corso una discussione a livello comunitario per una soluzione a lunga scadenza per alcune attività di pesca del Mediterraneo, tra cui la pesca del novellame da allevamento, che sarà trattata dalla Commissione nel 2002.

3.2.3 Stato delle risorse

Il Ministero per le Politiche Agricole e Forestali (MIPAF), nell'ambito dei piani di ricerca finalizzati alla gestione delle risorse, conduce da più di dieci anni progetti di ricerca allo scopo di monitorare la pesca del novellame e di valutare la sostenibilità di questa attività. Nel complesso, il livello di catture del pesce bianco si è mantenuto sostanzialmente stabile nel corso degli anni, e quindi il reclutamento a livello nazionale può essere considerato costante,



anche se sono evidenti fluttuazioni di abbondanza interannuali. La media delle catture annue è di circa 25-30 milioni di avannotti di *Liza spp.* (soprattutto *L. ramada* e, in minor misura, *L. aurata*); 3 milioni di individui di orata; 3-4 milioni di avannotti di branzino; 5 milioni di *Chelon labrosus* e 5 milioni di avannotti di *Mugil cephalus* (Fig. 1-2).

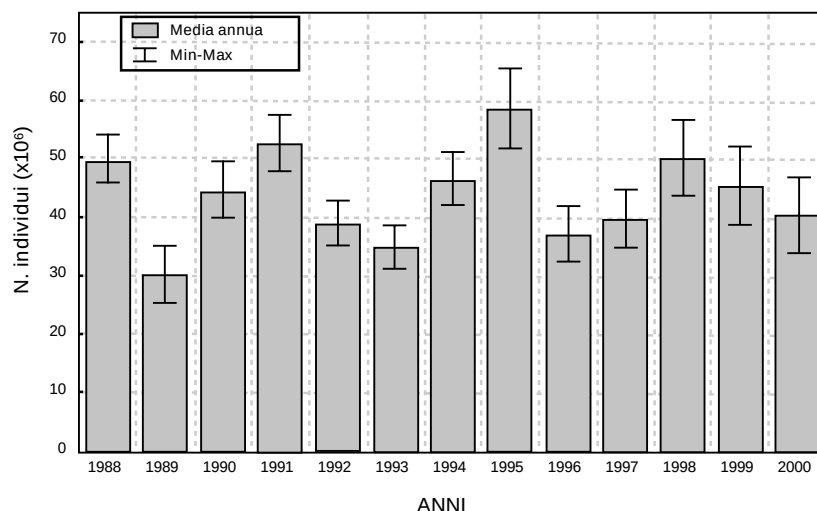


Fig. 1 - Quantitativi (milioni di individui) di novellame da semina pescati nel periodo 1988-2000.

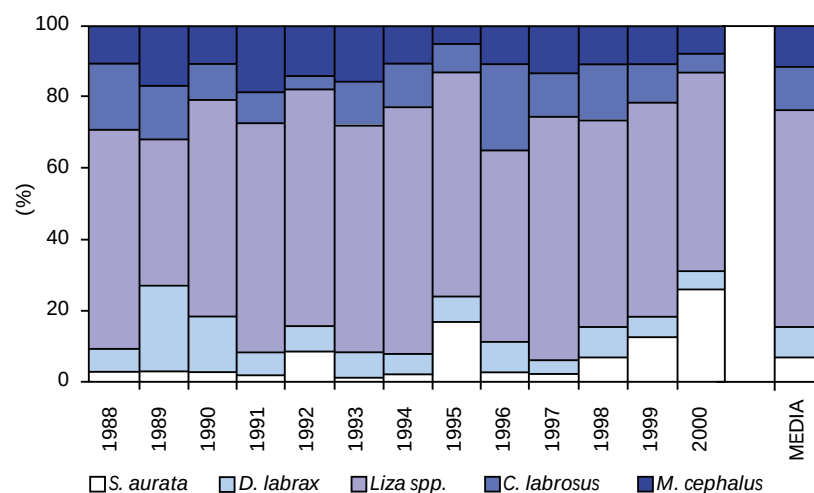


Fig. 2 - Composizione percentuale per specie delle catture di novellame di pesce bianco, nel periodo 1988-2000.

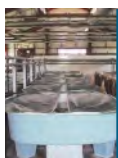
La provenienza del novellame selvatico seminato nelle valli da pesca è diversa a seconda delle specie. Nel quadriennio 1997-2000, si è stimato che più del 90% degli avannotti di orata sia stato catturato negli ambienti lagunari

dell'Alto Adriatico dai pescatori che hanno operato su base locale. Al contrario, gran parte del novellame di spigola e di Mugilidi è stato invece raccolto lungo le coste italiane dai pescatori "itineranti". È stata comunque evidenziata una differente distribuzione delle catture a seconda delle specie: sia il novellame di spigola che quello delle specie di *Liza* è risultato concentrato soprattutto nel Tirreno centrale e meridionale; gli avannotti di bosega, *Chelon labrosus*, sono stati raccolti soprattutto lungo i litorali dello Ionio e del Tirreno meridionale.

3.2.4 Il caso dell'anguilla

Si è accennato al fatto che questa specie rappresenta un caso peculiare, che necessita di essere inquadrata in uno scenario a livello sopranazionale. Si tratta infatti di una risorsa condivisa tra più Stati, sia in termini di ripartizione geografica, sia in quanto specie migratoria. Allo stesso tempo, essa è in pratica una risorsa delle acque interne e, in quanto tale, soggetta non solo alla pesca, ma anche agli impatti legati ai cambiamenti degli ecosistemi acquatici derivanti dalle attività umane. Infine, si tratta di una risorsa per la quale le conoscenze scientifiche disponibili non sono adeguate per la formulazione di misure per la gestione e la conservazione. In questo scenario, la pesca delle ceche rappresenta tuttora l'unica fonte di approvvigionamento per il settore dell'allevamento. È stato stimato che le necessità di ceche ai fini dell'allevamento nell'Unione Europea ammontano a circa 40 t/anno, che rappresentano una quota minima delle oltre 900 t di ceche che annualmente vengono pescate in Europa, per la maggior parte destinate al mercato spagnolo e portoghese per il consumo diretto, e solo in minima parte dunque impiegate per l'acquacoltura o ai fini di ripopolamento nelle acque interne. È noto inoltre che negli ultimi anni si è fatto avanti il mercato asiatico, con richieste di oltre 200 t/anno di ceche, destinate agli allevamenti di Taiwan, Cina e Giappone, e questo ha notevolmente complicato lo scenario, anche in relazione al fatto che gli acquirenti asiatici sono fortemente competitivi rispetto a quelli europei. La conseguenza più immediata di questa situazione è stata che si è assistito, alla fine degli anni '90, ad un generalizzato incremento dello sforzo di pesca. A fronte di tutto ciò, l'allarme per il declino del reclutamento di anguilla alle coste europee, iniziato alla fine degli anni '80 e proseguito per tutti gli anni '90, non è tuttora cessato. A prescindere dalle fluttuazioni di abbondanza anche vistose già osservate in passato in molti siti, da alcuni anni non si osserva in nessuna regione una ripresa consistente del reclutamento, mentre il dibattito sulle possibili cause è tuttora aperto.





Le indagini sulla risorsa anguilla, e in particolare le valutazioni sul reclutamento delle ceche condotte nell'ambito delle ricerche dei Piani Triennali dal 1985 ad oggi, sono state impostate in modo da effettuare il monitoraggio su base continuativa presso un osservatorio della pesca che operasse in condizioni standardizzate, e a questo scopo era stato istituito l'osservatorio presso la foce del Tevere (Fig. 3).

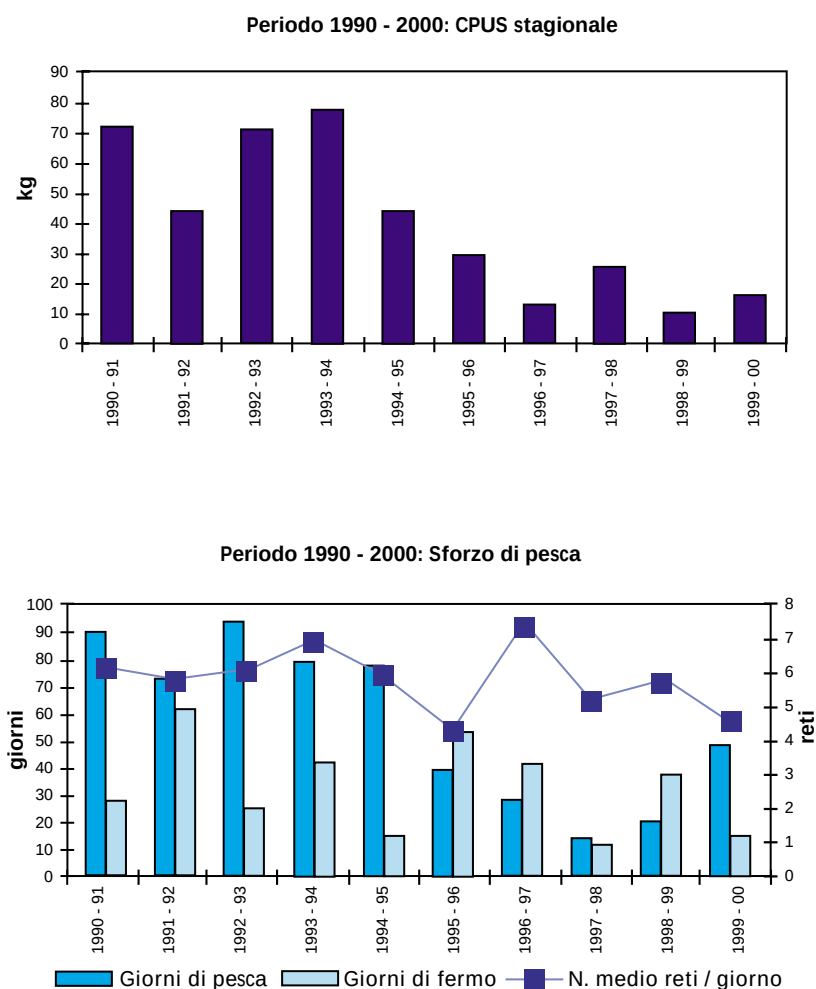


Fig. 3 - Andamento del reclutamento di ceche presso l'osservatorio permanente alla foce del fiume Tevere nel periodo 1990-2000. In alto CPUS (cattura per unità di sforzo) stagionale (kg/rete/giorno); in basso sforzo di pesca.

I risultati conseguiti hanno permesso di conoscere l'evoluzione dell'abbondanza e del livello del reclutamento con una notevole continuità, e hanno permesso di accertare come la situazione italiana mostri una relativa stabilità nel corso degli ultimi anni, sebbene riferibile, in un quadro globale, ad un livello del reclutamento sempre molto basso. Per molte realtà, prima tra tutte



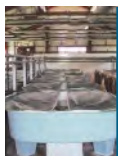
la pesca delle ceche alla foce del Tevere, l'attività non è più sostenibile. Dal punto di vista economico, le produzioni stagionali ormai non sono tali da giustificare il perdurare di una attività di pesca, che fino ad oggi era sopravvissuta solo in relazione all'elevato valore del prodotto. Inoltre, gli andamenti intrastagionali fortemente discontinui pongono dei problemi in relazione alla possibilità di offrire il prodotto al settore dell'allevamento, che deve disporre di determinati quantitativi per poter avviare i cicli di produzione, e questo ha favorito i mercati illegali per il consumo diretto, tuttora presenti in certe aree, soprattutto in Toscana. Questo fatto, unitamente alla necessità di operare in sintonia con gli altri paesi Europei, ed alla opportunità che la ceca sia considerata uno stadio migratorio, rende necessaria forse una ridefinizione della normativa per la pesca delle ceche.

3.2.5 Considerazioni conclusive

La pesca del novellame si inquadra tra quelle attività di pesca peculiari (*specialist fisheries*) che sono sempre esistite in tutto il mondo in relazione alle pratiche di pesca sostenuta attraverso ripopolamenti (*enhanced fisheries*). Queste attività, e in particolare le produzioni estensive in aree vallive e lagunari, possono costituire esempi di acquacultura sostenibile.

La pesca del novellame, in definitiva, rappresenta una attività peculiare, con diversi aspetti contraddittori. Se da un lato essa può costituire una causa possibile di depauperamento della risorsa, in quanto rimuove reclute dalla popolazione, in realtà, in relazione alla peculiare destinazione d'uso, si può affermare che questo tipo di prelievo può costituire addirittura una valorizzazione della risorsa. Si tratta infatti non di una rimozione, ma di una pesca "che non consuma" la risorsa naturale. Tra l'altro, a parte l'anguilla, le specie bersaglio di questa pesca non sono specie a rischio, e questa pesca non produce catture accessorie importanti, essendo estremamente selettiva. In questo senso, essa raccoglie le indicazioni basilari espresse nel CCPR.

La pesca del novellame per allevamento può, tra l'altro, svolgere un ruolo non marginale in modelli di gestione sostenibile della fascia costiera. È stato infatti evidenziato come, nella peculiare realtà della vallicoltura Nord-Adriatica in cui la sopravvivenza stessa delle valli risulta strettamente legata alla loro gestione a scopo produttivo, la pesca del novellame abbia giuocato un ruolo importante nella conservazione di queste importanti zone umide.



Bibliografia

- Ardizzone G.D., Cataudella S., Rossi R. (1988). *Management of coastal lagoon fisheries and aquaculture in Italy*. FAO Fisheries Technical Paper, Roma: 293 pp.
- Barnabè G., Barnabè-Quet R. (2000). *Ecology and Management of Coastal Waters: the Aquatic Environment*. Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK.
- Cataudella S., Franzoi P., Mazzola A., Rossi R. (1999). *Pesca del novellame da allevamento: valutazione di una attività e sue prospettive*. In: "La pesca del novellame", Laguna (suppl.), 6 (99): 129-135.
- Ciccotti E., Ricci T., Scardi M., Fresi E., Cataudella S. (1995). *Intraseasonal characterization of glass eel migration in the river Tiber: space and time dynamics*. Journal of Fish Biology, 47: 248-255.
- Ciccotti, Busilacchi S., Cataudella S. (1999). *La pesca delle ceche di anguilla, tra conservazione e uso responsabile*. In: "La pesca del novellame", Laguna (suppl.), 6(99): 94-128.
- Ciccotti, Busilacchi S., Cataudella S. (2000). *Eel, Anguilla anguilla L., in Italy: recruitment, fisheries and aquaculture*. Dana, 12: 7-15.
- Donati F., Vasciaveo M., Zoppelletto M. (1999). *Valutazione dell'impatto socio-economico della pesca del novellame nel contesto della filiera produttiva delle valli da pesca*. In: "La pesca del novellame", Laguna (suppl.), 6(99): 79-93.
- Franzoi P., Trisolini R., Rossi R. (1999). *La pesca del novellame di pesce bianco da semina in Italia*. In: "La pesca del novellame", Laguna (suppl.), 6(99): 38-58.
- ICES (2000). *Report of the eleventh session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eel*. Silkeborg, Denmark, 20-24 september 1999. ICES CM 2000/ACFM 6: 28 pp.
- Rossi R., Franzoi P. (1999). *La tecnica di pesca del pesce novello da semina*. In: "La pesca del novellame", Laguna (suppl.), 6 (99): 31-37.
- Moriarty C., Dekker W. (1997). *Management of the European eel*. Fisheries Bulletin, Ireland: 110 pp
- Rossi R., Cataudella S., Ciccotti E., Franzoi P., Maio G., Pellizzato M., Trisolini R., Turolla E. (2000). *Monitoraggio delle quantità di avannotti di pesce bianco e di ceche che vengono annualmente catturate lungo le coste italiane dalla pesca di mestiere per essere destinate alla semina nelle valli da pesca - Valutazione degli stocks naturali di pesce novello destinabile all'allevamento*. Ministero per le Politiche Agricole e Forestali - Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura - IV Piano Triennale della pesca e dell'acquicoltura in acque marine e salmastre.
- Rossi R., Franzoi P., Cataudella S. (1999). *Pesca del pesce novello per la vallicoltura: una esperienza nord-adriatica per la salvaguardia delle zone umide*. In: "La pesca del novellame", Laguna (suppl.), 6(99): 6-20.

3.3 L'ACQUACOLTURA INTENSIVA

P. Bronzi, M. Rampacci, R. Ugolini

La forte richiesta di specie pregiate (crostacei, salmone, pesce bianco, ecc.) unita alla messa a punto di tecnologie capaci di far superare i limiti produttivi legati alle sole risorse ambientali, hanno rappresentato la spinta per l'intensificazione delle colture a livello mondiale. Impianti intensivi e semintensivi sono stati realizzati basandosi principalmente sul potenziale ambientale (acqua, seme, superfici, mano d'opera, ecc.) ma non per questo sempre in sintonia con l'ambiente nel quale erano inserite.

Allo stato attuale, pur considerando positivamente il contributo dell'acquacoltura quale attività in grado di ridurre la dipendenza alimentare, è crescente la preoccupazione legata alle esternalità negative dei processi produttivi, legati principalmente agli effetti che tale pratica di allevamento ha sull'ambiente.

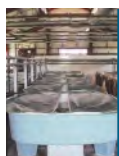
Il quadro che ne emerge delinea una nuova fase del settore che dovrà confrontarsi non più, o meglio non solo, con i problemi legati alla sola competitività aziendale, ma dovrà misurarsi con sistemi produttivi in grado di garantire la "qualità totale", principio che deve essere inteso nel senso più ampio, con implicazioni che riguardano il processo produttivo, le materie prime utilizzate, l'igiene del prodotto e le interazioni con l'ambiente.

È importante sottolineare che questo nuovo approccio produttivo non rappresenta un'alternativa ai sistemi di allevamento tradizionali, ma una scelta obbligata da parte degli allevatori, in relazione alle restrizioni legislative in tema di salvaguardia ambientale da un lato ed all'aumentata richiesta di qualità e di informazione da parte del consumatore.

Anche se allo stato attuale gli allevatori non sono stimolati a rispondere a queste richieste, perché il mercato non è ancora maturo a premiare la qualità, per ragioni legate principalmente agli aspetti commerciali, le nuove strategie produttive dovranno fondarsi necessariamente su sistemi di allevamento che, a fronte di maggiori costi di produzione, diano maggiori garanzie in termini di salvaguardia ambientale e di qualità delle produzioni.

Tale riorientamento, in controtendenza con quanto osservato nell'ultimo decennio, caratterizzato da una competizione esasperata tra produttori, causa di un livellamento qualitativo delle produzioni verso il basso, potrebbe rappresentare una valida opportunità, sia nel modificare il giudizio del consumatore verso i prodotti dell'acquacoltura ed i processi produttivi, sia per il





recupero produttivo di aziende “tradizionali a terra”, non più in grado di essere competitive col prodotto di importazione o allevato in sistemi ad elevata tecnologia.

Le produzioni più elevate nell'intensivo sono ottenute introducendo dall'esterno ciò che il sistema naturale non è in grado di fornire in quantità adeguate per sostenere una maggiore biomassa: nell'ordine **cibo**, **ossigeno** e la **rimozione dei cataboliti**.

Nella tabella I sono illustrati i principali fattori che, a titolo indicativo, caratterizzano le differenti metodiche produttive e delineano l'impegno da parte dell'uomo, e che quindi determinano i costi realizzativi e gestionali.

Tab. I - Caratteristiche strutturali e funzionali indicative delle varie tipologie di allevamento.

Caratteristiche	Tipologia		
	Estensivo	Semintensivo	Intensivo
Ambiente di allevamento	Bacini naturali o semi naturali	Recinti, vasche in terra, ambienti naturali	Vasche (in terra, cemento, plastica, vetroresina, gabbie, recinti, ecc)
Superficie/volume (a titolo indicativo)	Oltre 20 ha	Fino a 20 ha per bacino	Da 25 a 20.000 m ³ (ampiezze/volumi variabili secondo la fase di allevamento e la tipicità dell'impianto)
Approvvigionamento idrico	Naturale, per quota o altezza di marea	Naturale o misto	Forzato, spesso con uso di pompe o derivazioni (eccezione per le gabbie)
Densità di allevamento	Fino a 0,0025 kg/m ³	Fino a 1 kg/m ³	In media 20 - 30 kg/m ³
Alimentazione	Naturale, dalla rete trofica dell'ambiente	Dalla rete trofica dell'ambiente, integrata con alimenti naturali o artificiali. Concimazioni	Fornita totalmente dall'esterno con alimenti ad elevata tecnologia
Ossigenazione	Assente	Facoltativa	Necessaria, mediante sistemi di aerazione e/o con ossigeno puro (eccezione per le gabbie)
Specie allevabili	Tutte le specie	Tutte le specie	Tutte le specie
Presidi farmaceutici	Assenti	Facoltativi	Necessari
Trattamento reflui	Non necessario	Facoltativo	Necessario

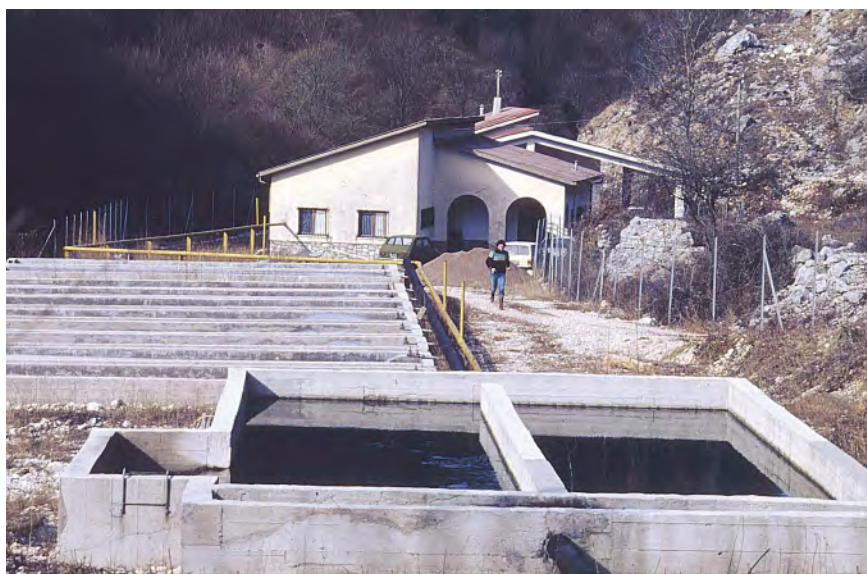
Si parla di sistemi semintensivi (o semiestensivi) quando l'apporto di energia supplementare è modesto e si limita ad integrazioni della dieta naturale, anche tramite la fertilizzazione degli ambienti, per una stimolazione della

produttività trofica naturale. Le strutture produttive sono generalmente bacini in terra, stagni, aree lagunari o costiere confinate, laghi, le cui dimensioni sono di regola più contenute degli estensivi; i ricambi idrici sono di regola naturali o misti, il controllo esterno parziale (Tab. I).

3.3.1 Impianti intensivi a terra

Nell'area del Mediterraneo gli impianti a terra tradizionali sono tuttora i più diffusi, e comprendono essenzialmente sistemi a flusso aperto, dove l'acqua dopo il passaggio nelle vasche di allevamento, viene restituita ad un corpo d'acqua recettore.

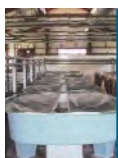
In queste strutture, a differenza delle gabbie, è possibile il controllo dell'acqua di alimentazione e dell'ambiente di allevamento, e si ha l'opportunità del trattamento dei reflui. Per contro, presentano costi di costruzione e di esercizio più elevati, e i siti idonei (pianeggianti, vicini all'acqua, alla quota opportuna) sono ormai rari e comunque fortemente contesi da altre attività anche più remunerative (turismo, balneazione, ecc.), oltre ad essere soggetti al rispetto di numerose normative di concessione e di controllo.



Captazione idrica per gravità in una trotticoltura. Foto di M. Rampacci.

Le forme, le dimensioni e i materiali costruttivi dei sistemi di contenimento non hanno criteri ottimali validi in assoluto, e di regola essi sono determinati dalla economicità costruttiva, dalle caratteristiche del sito (superficie e acqua disponibili, permeabilità del terreno, ecc.), dalla/e specie prescelte e dalla modalità di gestione prevista.





Normalmente un impianto risulta articolato in diversi comparti, funzionali a diverse fasi del ciclo produttivo: un'avannotteria per la riproduzione ed il primo allevamento di soggetti da semina, un settore di preingrasso e uno di ingrasso per la produzione di soggetti da mercato. Completano l'impianto diverse strutture accessorie quali magazzini, silos, uffici, celle frigorifere, officina, laboratorio, serbatoi per l'ossigeno.

Molti impianti moderni sono inoltre dotati di un sistema automatico di controllo e di attivazione dell'ossigenazione dei bacini e della distribuzione dell'alimento.

Per il mantenimento di condizioni adeguate dell'ambiente idrico di allevamento, degradato dall'attività metabolica degli animali (respirazione, escrezione), è necessario un suo continuo rinnovo, che può avvenire grazie a forze fisiche naturali, quali maree, correnti marine, differenze di quota, oppure mediante sistemi di pompaggio. Le necessità di ricambio vengono fortemente ridotte dall'impiego di sistemi di aerazione e/o dall'uso di ossigeno puro. La quantità di acqua utilizzata in piscicoltura dipende da numerosi fattori elencati schematicamente nella Tab. II.

Tab. II - Fattori che determinano il consumo idrico in piscicoltura.

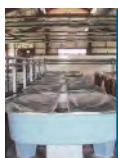
• Conoscenze biologiche sulla specie da allevare (consumi in ossigeno)
• Soglia di resistenza alle sostanze inquinanti prodotte dal pesce in allevamento
• Quantità di prodotto da allevare per rendere economica l'iniziativa
• Ricambio necessario per eliminare le sostanze inquinanti prodotte dal ciclo produttivo
• Taglia dei soggetti
• Metodica di allevamento applicata
• Disponibilità e qualità dell'acqua
• Ricambio necessario per i bisogni di ossigeno del prodotto in allevamento
• Produzione sostenibile con una determinata quantità di acqua
• Densità di allevamento
• Regime alimentare
• Presenza di sistemi di ossigenazione ausiliari



Il monitoraggio della qualità delle acque è una delle operazioni più importanti nella gestione dell'azienda. Infatti i valori dei parametri chimico-fisici dell'acqua sono fondamentali oltre che per la verifica delle condizioni dell'ambiente di allevamento anche per il calcolo della razione alimentare giornaliera e per la messa in funzione dei meccanismi di ossigenazione ausiliari. I principali fattori che l'allevatore è tenuto a controllare ad intervalli più o meno frequenti sono riportati nella Tab. III.

Tab. III - Principali parametri ambientali determinanti per i processi produttivi

Fattore	Effetto
Temperatura	L'accrescimento del pesce dipende dalla temperatura. Ciascuna specie ha valori termici ottimali (<i>termopreferendum</i>).
Ossigeno	È fondamentale per la vita ed il benessere del prodotto allevato. Tenori di ossigeno disciolto ottimali sono fondamentali per ottenere buoni indici di conversione dell'alimento.
Ammoniaca	È presente in acqua sotto forma di ione ammonio (NH_4^+) o di gas disciolto (NH_3), quest'ultima è la forma tossica e il loro rapporto percentuale dipende dal pH. In vasche di allevamento intensivo dove si ha un buon effetto autopulente con ricambi idrici appropriati si osserva una fluttuazione dell'ammoniaca totale entro valori compresi tra 0,5 e 2,5 mg/l.
Nitriti e nitrati	Sono i sottoprodotti della trasformazione dell'ammoniaca presente nelle acque da parte di batteri (<i>Nitrosomonas</i> e <i>Nitrobacter</i>) prima in nitriti e poi in nitrati. Il valore limite consigliato per i nitriti è di 0,1 mg/l. La tossicità dei nitriti diminuisce all'aumentare del pH e della salinità. I nitrati non sono tossici se non a elevate concentrazioni.
pH	È determinante per la tossicità dell'ammoniaca, dei nitriti e dell'anidride carbonica.
Anidride carbonica	Si comporta come un acido, influenza il pH e la sua tossicità dipende da quest'ultimo. La tossicità inizia a 9-10 mg/l con un pH di 5, contro un valore di 20 mg/l con un pH di 6. Aumento della CO_2 può essere legato alla respirazione del pesce o delle piante acquatiche durante la notte. Sistemi di aerazione o ossigenazione intensa dell'acqua riducono i rischi di intossicazione da CO_2 .
Materiali in sospensione	La presenza di materiali in sospensione nelle acque delle vasche di allevamento può essere legata a solidi presenti nelle acque di ricambio o ad una produzione <i>in situ</i> . Nel caso di materiali organici è necessario intervenire per la loro rimozione aumentando il ricambio o l'aspirazione dei fanghi di fondo. La tossicità è generalmente bassa ma i materiali organici possono indurre problemi patologici, quale l'attacco alle branchie da parte di myxobatteri.



I fabbisogni idrici non sono conosciuti per tutte le specie; per l'allevamento della spigola e dell'orata sono stimati circa 300-500 m³/kg di pesce prodotto, mentre in trotticoltura il valore del ricambio prevede almeno 1 litro al minuto per chilogrammo di pesce.

Negli impianti semintensivi composti da bacini in terra i ricambi d'acqua sono variabili e generalmente compresi tra il 10-200% giorno.

In piscicoltura il ricambio idrico è ottenuto con varie soluzioni in funzione della metodologia di allevamento applicata e della topografia dell'area. Dove le condizioni ambientali lo consentono l'acqua è distribuita per gravità, ad esempio nelle trotticoltura, o attraverso le maree (lagune), negli altri casi è necessario ricorrere al pompaggio.

La corretta installazione della stazione di pompaggio costituisce uno degli aspetti più importanti sul piano funzionale e progettuale. Nel caso degli impianti di allevamento di specie marine tali opere possono rappresentare una voce importante dell'investimento, in particolare in quelle situazioni dove è necessaria la posa in opera di tubazioni sottomarine.

Una stazione di pompaggio è generalmente composta da una struttura per l'alloggiamento delle pompe e dei quadri elettrici di comando e controllo, dalle pompe, dalle condotte di aspirazione e di alimentazione dei moduli di allevamento.

Per ragioni di sicurezza la captazione delle acque prevede l'installazione di più pompe della stessa o di differente portata, al fine di gestire al meglio i flussi idrici, variabili nel corso del ciclo produttivo e delle stagioni e per effettuare gli interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria evitando interruzioni dei ricambi. L'installazione di un gruppo elettrogeno, infine, garantirà sia il funzionamento delle pompe che di altri macchinari presenti in azienda anche in caso di interruzioni fortuite dell'energia elettrica.

La scelta del modello di pompa è in funzione del tipo di acqua (dolce o salata) e delle caratteristiche idrauliche dell'impianto quali il ricambio, l'altezza piezometrica, le perdite di carico, ecc. (Tab. IV).

Dalla stazione di pompaggio l'acqua di alimentazione è distribuita con tubazioni generalmente interrate, realizzate con materiali che garantiscono la resistenza alla corrosione (Polietilene, PVC).

Dopo essere state impiegate nell'allevamento, di regola per una sola volta, le acque sono scaricate in corpi idrici naturali.



Tab. IV - Caratteristiche dei differenti modelli di pompe

Modello di pompa	Caratteristiche tecniche
Pompe centrifughe	per tutte le portate e livello di innalzamento
Pompe ad elica	per grandi portate e basso livello di innalzamento (h<15 m)
Elevatori ad elica o Viti d'Archimede	per grandi portate e basso livello d'innalzamento (h< 10 m)
Acceleratori di corrente e sistemi air-lift	per la creazione di una corrente d'acqua, tali sistemi hanno un livello di innalzamento di pochi centimetri

Per la determinazione della potenza della pompa possiamo utilizzare la formula seguente:

$$PCV = \frac{QH}{270 NK}$$

Q = quantità d'acqua in m³/h

H = altezza manometrica totale in m

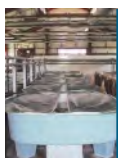
N = rendimento della pompa

K = rendimento del motore (per i motori elettrici il rendimento è generalmente pari a 0,90, e per i motori termici 0,75)

270 = potenza assorbita dalla pompa



Stazione di pompaggio. Foto di M. Rampacci.



Quanto più una tecnologia ad acqua fluente è complessa, tanto maggiore è la sua produttività e tanto maggiore il potenziale impatto ambientale, minore la sua inerzia e la sua capacità di autodepurazione.

Tale esternalità negative sono mitigate con l'introduzione di procedure, dispositivi e strutture che però aumentano i costi di investimento e di produzione.

Le tipologie dei sistemi di allevamento sono molto varie, sia per dimensioni che per forma e materiali costruttivi. A titolo puramente indicativo, le differenti tipologie possono essere ricondotte a tre principali categorie: impianti a **stagni**, a **raceways** e a **vasche**. Fra queste tipologie esistono tutte le forme di transizione possibili.

Impianti a stagni

La stagnicoltura ha origini antichissime e impiega vasche arginate in terra, di superficie variabile, con il fondo in pendenza verso uno scarico, di regola costituito da un "monaco", manufatto che oltre ad impedire la fuga del prodotto consente lo scarico delle acque di fondo.

L'alimentazione idrica e lo scarico sono di regola posizionati su lati opposti. Tali strutture sono usate per l'allevamento di carpe e di altri Ciprinidi, anche in associazione con allevamenti zootecnici, di pesci gatto, talvolta di anguille e di specie eurialine.



Policoltura in stagno di specie ittiche e avicole. Foto di M. Rampacci.

Sono impianti tipici di pianura, dove lo scarso ricambio idrico e le temperature ambientali primaverili ed estive consentono il mantenimento di condizioni idonee per l'accrescimento di specie termofile che non richiedono molto ossigeno. Le vasche possono essere equipaggiate con sistemi di

ossigenazione integrativa (sbattitori, destratificatori) che favoriscono anche la movimentazione delle acque, e sistemi di alimentazione automatica (*demand feeder*). Le produzioni sono generalmente modeste, con densità dell'ordine di 2-5 kg/m³, ma hanno il vantaggio di bassi costi di realizzazione e di gestione, al netto dell'investimento per l'acquisto del terreno.

Impianti a raceways

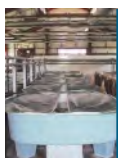
Sono gli impianti tipici della troticoltura tradizionale, costituiti da vasche in cemento rettangolari, allungate e parallele, con l'alimentazione posta ad una estremità e lo scarico all'opposta, talvolta realizzate in serie successive, con un piccolo dislivello fra loro in modo da ottenere una riossigenazione delle acque per caduta. Realizzate in zone con adeguati dislivelli in prossimità di corsi d'acqua, ne derivano da questi, per gravità, ingenti quantità (diversi m³/sec).



Vasche di una troticoltura. Foto di M. Rampacci.

In pianura, dove le condizioni climatiche sono più favorevoli ma mancano quote utili, sono presenti stazioni di pompaggio anche di grandi dimensioni. La forma allungata delle vasche (ratio 6:1), il fondo in pendenza (1%) e la poca profondità (<1m), sono stati ideati per garantire una forte corrente e quindi un efficace pulizia delle vasche, favorita anche dal movimento natatorio del pesce allevato superiore a 20 kg/m³. Sono tuttora adottate per i salmonidi, e talvolta anche per storioni e per altre specie eurialine. Tali vasche possono essere equipaggiate con sistemi di aerazione e/o distribuzione e dissoluzione di ossigeno puro, sistemi di alimentazione automatici e meccanici (*demand feeder*, distributori automatici temporizzati, spargitori





pneumatici, ecc.) e sistemi di selezione automatizzati. Hanno costi di realizzazione relativamente bassi, condividendo a coppie le pareti più lunghe, rendono agevoli operazioni routinarie (distribuzione del cibo, pulizia, raccolta e selezione del pesce) e consentono un buon uso dello spazio. Richiedono per contro superfici piane e, nel caso della trotticoltura per derivazione da corpi idrici naturali, opportune differenze di quota.

Impianti a vasche

Per impianto a vasche si intende una tipologia costituita da serie di vasche di limitate dimensioni (100-1000 m³) realizzate con materiali diversi (vetroresina, alluminio, alluminio/acciaio e PVC, bacini in terra rivestiti in PVC o cemento, cemento, mattoni, ecc.) a ricambio idrico relativamente elevato, che consentano il mantenimento di condizioni ottimali, oltre a facilitare le operazioni di selezione e ricattura del prodotto.



Vasche in vetroresina circolari. Foto di M. Rampacci.



Vasche in cemento. Foto di M. Rampacci.



Impianto moderno con vasche in PVC.
Foto di M. Rampacci.



Tali impianti oltre a presentare un'ampia varietà di strutture produttive, sia nella scelta di materiali, sia nelle forme delle vasche, possono essere anche essi articolati in differenti comparti produttivi (avannotteria, preingrasso, ingrasso), ciascuno destinato allo svolgimento di una fase del ciclo di allevamento. Molte aziende moderne sono infatti in grado di attuare un "ciclo produttivo chiuso", inteso come la completa autosufficienza dalla produzione di giovanili per l'avvio del ciclo di allevamento fino al raggiungimento della taglia commerciale.

Le vasche di forma circolare o quadrangolare ad angoli arrotondati, hanno l'alimentazione idrica e gli scarichi posti in modo da favorire l'eliminazione del sedimento.

Grazie alla installazione di sistemi di ossigenazione ausiliari e di meccanismi di alimentazione automatici, garantiscono sia l'allevamento ad elevate densità (15-60 kg/m³) che la riduzione dei costi di mano d'opera.

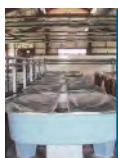
Consentono un elevato frazionamento della biomassa in allevamento (per taglia, per origine, per specie, per destino, ecc.), riducendo i rischi di mortalità accidentali massive e la diffusione di patologie.

In generale operano a massimo regime, e richiedono un forte impegno per il loro controllo. Considerati i costi di realizzazione e di gestione, vengono impiegate prevalentemente nell'allevamento di specie pregiate che consentono opportuni margini economici.

Le soluzioni impiantistiche privilegiano quelle che garantiscono il miglior controllo dell'ambiente di allevamento ed il contenimento dei costi realizzativi. Nella Tab. V sono riportate le principali caratteristiche dei differenti modelli e dei materiali di costruzione delle vasche.

Tab. V - Vantaggi e svantaggi dei differenti modelli di vasca.

Modello materiale	Stima dei vantaggi offerti dai modelli e dai materiali di costruzione					
	Effetto autopulente	Utilizzazione superficie	Circolazione idraulica	Durata	Manut.	Costo
Circolare	++++	+	++++			
Quadrangolare	++	+++	++			
Terra	+	++	++	++++	+	+
Cemento	++	+++	+++	+++	++	++
PVC	+++	++	++++	++	+++	++
Vetroresina	++++	++	++++	+++	+	++++



3.3.2 Gabbie

Sviluppo tecnologico ed evoluzione dei mercati stanno determinando in molti paesi una crescita del tutto inaspettata della maricoltura in gabbie. I minori costi di investimento e di gestione rispetto agli allevamenti a terra e, nel contempo, le elevate produzioni ottenibili sono alla base di questa diffusione. Alcuni modelli sono dotati di sistemi pneumatici per la variazione di assetto e presentano varie soluzioni per l'alimentazione degli animali. Una tecnologia, quindi, estremamente versatile, proponibile in situazioni e contesti del tutto diversi, purché si disponga di personale esperto nel lavoro in mare, formato ai valori etici, economici ed ecologici, presupposto per un'acquacoltura responsabile e sostenibile. Le risorse umane appropriate, pescatori, sommozzatori, biologi, possono coniugare l'allevamento con la tutela delle risorse marine rinnovabili, facendo della maricoltura uno strumento di gestione ambientale. L'ulteriore sviluppo tecnologico delle gabbie riguarda l'allevamento di specie pelagiche non allevabili negli impianti a terra, come tonni (*Thunnus thynnus*) e ricciole (*Seriola dumerili*), importanti per le prospettive future dell'acquacoltura.

Per analizzare i "punti di forza e di debolezza" delle diverse tecnologie, vengono identificate le 4 categorie delle gabbie, fisse, galleggianti, ad assetto variabile (sommersibili) e sommerse.

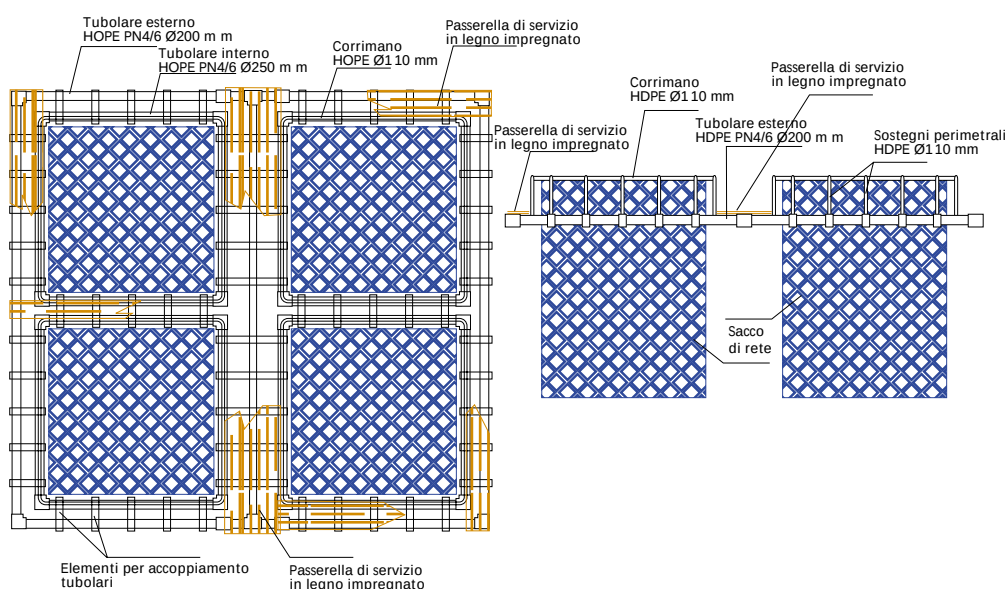


Fig. 2 - Gabbie fisse: pianta e prospetto. Una tecnologia semplice e poco costosa utilizzabile però solo in zone molto riparate da venti e mareggiate.

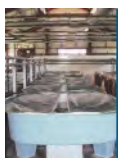
Le gabbie fisse

Le gabbie fisse possono essere installate solo in zone molto riparate da venti e mareggiate. Le strutture portanti per sostenere le reti sono costruite con materiali poco costosi, come assi e pali di legno. La forma è generalmente quadrata o rettangolare. Sono realizzate anche in plastica (polietilene); le dimensioni in genere non superano i 7mx7mx3(h). Sono diffuse soprattutto nei Paesi in Via di Sviluppo, nelle lagune e nei delta dei grandi fiumi, per l'allevamento di tilapie e pesci gatto. Non mancano esempi in Mediterraneo, ove si allevano spigole, orate e saraghi. Le produzioni unitarie si aggirano sui 7 kg per m³, aumentabili con ricambio idrico forzato e impiego di ossigeno liquido. Tra le tecnologie di supporto, gli alimentatori automatici per il risparmio di manodopera. La gestione routinaria (alimentazione, controllo dell'allevamento, cambio delle reti) comporta almeno 3 persone, per un impianto di 10 gabbie. Con un volume totale di allevamento di circa 1.500 m³, la produzione annua è di 100 quintali. In Italia sono presenti pochi impianti di questo tipo per le caratteristiche delle nostre coste. Il potenziale impatto sull'ambiente, determinato dal metabolismo degli animali allevati e dai ricambi idrici generalmente limitati, non ne permette lo sviluppo, ad eccezione di contesti del tutto particolari. (Tab. I, II) (Fig. 2).



Gabbie fisse installate in zone riparate. Foto R. Ugolini.





Le gabbie galleggianti

Le tecnologie delle gabbie galleggianti flessibili offrono soluzioni impiantistiche sia per siti protetti sia esposti. Il modello più diffuso è la gabbia circolare con 2 collari concentrici in polietilene ad alta densità (HDPE) come struttura portante galleggiante. Una passerella modulare facilita l'attracco delle imbarcazioni di servizio e, quindi, il controllo dell'allevamento (manutenzioni, cambio rete, alimentazione, pesca degli animali). Le reti sono fissate alla struttura in HDPE, mantenute aperte da zavorre e anelli rigidi di tensionamento. Il volume delle gabbie raggiunge 4.000 m^3 , con diametri di 10-24 m. Resistono a mareggiate di non forte intensità, con altezze d'onda significative di 1-1,5 m.



Gabbie galleggianti per siti riparati (pontoni), utilizzate in Mediterraneo in zone costiere ridossate, protette da venti e onde. Foto R. Ugolini.



Gabbie galleggianti per siti riparati a forma circolare. Foto R. Ugolini.

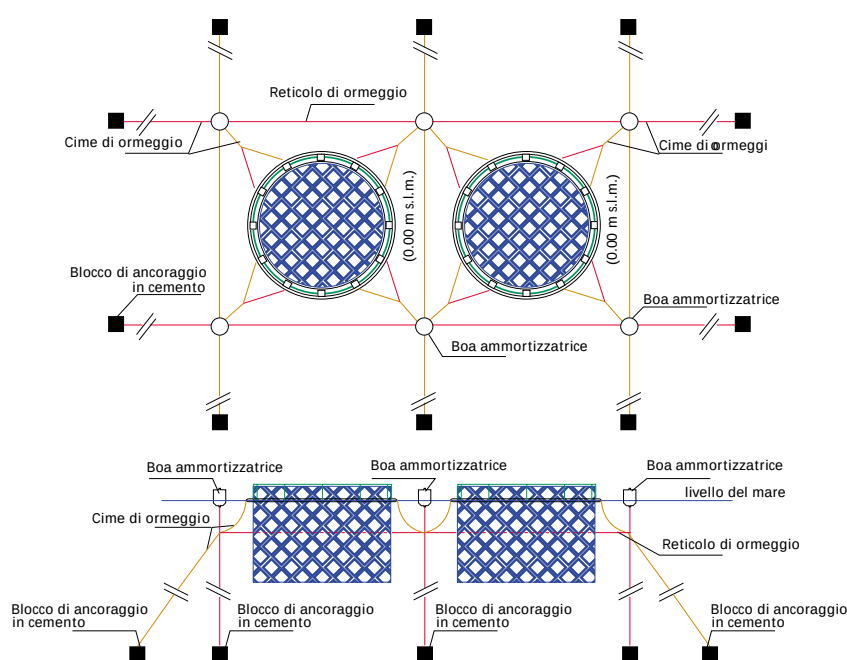
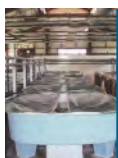


Fig. 3 - Gabbie in HDPE (pianta, prospetto e ormeggio). Il sistema di ormeggio a reticolo può essere dimensionato per installare 8-10 gabbie. Boe di galleggiamento a zavorre tengono il reticolo ad una profondità di 2-3 m (gabbie galleggianti) o 6-8 m (gabbie sommergibili).

Per i siti esposti si usano gabbie con diametri maggiori, in grado di resistere a onde con altezza significativa di 6-7 m, con ormeggi e ancoraggi più elastici e resistenti. Con il polietilene si realizzano gabbie con 30-50 m di diametro e volumi di 10.000-40.000 m³.

Un altro tipo di struttura portante è realizzata con tubolari in gomma di 16-20 m, riempiti d'aria a bassa pressione. Le gabbie sono poligonali (quadrato, esagonali, ottagonali) con capacità fino a 40.000 m³.

L'allevamento in mare aperto, proprio per le condizioni più impegnative in cui si effettua, ha portato allo sviluppo di tecnologie di supporto, in grado di agevolare il lavoro. Tra queste, i sistemi automatici di guardiania (telecamere e avvisori acustici), sonde con hardware e software per il monitoraggio a distanza (ondametri, sensori per ossigeno e temperatura), telecamere per controllo dell'allevamento e dello stato delle gabbie. Le gabbie di 2.000-4.000 m³



di volume costituiscono una valida sintesi costi/prestazioni per spigole, orate, saraghi e ricciole, con produzioni unitarie di 10-15 kg/m³, per 20-60 tonnellate/gabbia. La gestione comporta almeno 3 addetti per un modulo di 2 gabbie in siti riparati; per siti esposti sono necessarie almeno 4 persone.

Gabbie galleggianti di 50 m di diametro e 50.000 m³ sono idonee all'allevamento del tonno, con produzioni (capacità di stoccaggio) finali di 15-40 tonnellate/gabbia, sulla base di precise scelte manageriali. Occorre prevedere almeno 4 persone per la gestione routinaria di 1 gabbia. La tecnologia per siti riparati ha come punto di forza un minor costo di impianto.

Gestione e manutenzioni sono semplificate dal punto di vista tecnico e meno onerose da quello economico. In Italia, però, conflitti con altre attività, come turismo e navigazione, limitano lo sviluppo della maricoltura in siti riparati. (Tab. VI - VII) - (Fig. 2-3).

Tab. VI - Prestazioni produttive delle gabbie.

Per ogni tipologia di gabbia occorre considerare le dimensioni minime di impianto, che determinano l'economicità dell'attività, prevedendo la manodopera in relazione al target produttivo.

Tecnologia gabbia	Sito	Specie	N. gabbie modulo	Volume modulo	Produzione unitaria kg/m ³	Produzione modulo quintali	N. addetti modulo
fissa	riparato	spigola orata	10	1.500	7	100	3
galleggiante	riparato	spigola orata ricciola	2	5.000	10	500	3
galleggiante	esposto	spigola orata ricciola	1	14.000	10	1.400	4
semisommersa	esposto	spigola orata	2	9.000	10-15	900-1.350	4
galleggiante	riparato	tonno	1	49.000	0,3-0,8	150-400	4
galleggiante	esposto	tonno	1	49.000	0,3-0,8	150-400	4
gomma	esposto	tonno	1	40.000	0,4-0,8	150-320	4
sommersibile	esposto	spigola orata ricciola	2	7.600	10-15	760-1.140	4
sommersibile	esposto	spigola orata ricciola	2	8.000	10-15	800-1.200	4

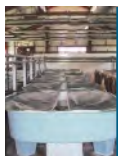


Gabbie galleggianti di 50 m di diametro e 50.000 m³, idonee all'allevamento del tonno.
Foto di R. Ugolini

Tab. VII - Punti di forza e di debolezza delle diverse tecnologie.

Tecnologia	Specie	Sito onda max.	Punti di forza	Punti di debolezza
fissa quadra legno quadra HDPE	spigola orata	riparato/0,5	installazione semplice costo di investimento gestione facilitata bassi livelli di manutenzione elevato controllo	siti disponibili limitati produzioni unitarie impatto ambientale
galleggiante circolare HDPE	spigola orata ricciola	riparato/1,5	installazione semplice costo di investimento gestione facilitata bassi livelli di manutenzione elevato controllo	produzioni unitarie siti limitati impatto ambientale
galleggiante circolare HDPE	spigola orata ricciola	esposto/4-7	produzioni unitarie ridotto impatto ambientale	installazione impegnativa costo di investimento gestione più onerosa basso controllo alto livello di manutenzione
semisommersa poligonale acciaio	spigola orata ricciola	esposto/4-7	tecnologie di supporto produzioni unitarie ridotto impatto ambientale	costo di investimento installazione impegnativa basso controllo gestione più onerosa alto livello di manutenzione
galleggiante circolare HDPE	tonno	riparato/4-5	semplice installazione gestione facilitata bassi livelli di manutenzione elevato controllo costo investimento	costo di investimento impatto ambientale
galleggiante installazione impegnativa circolare HDPE poligonale gomma	tonno		esposto/4-7 ridotto impatto ambientale	costo di investimento basso controllo gestione e manutenzione
sommersibile circolare HDPE poligonale acciaio	spigola orata ricciola	esposto/4-8	produzioni unitarie ridotto impatto ambientale	basso controllo costo di investimento livello di manutenzione





Le gabbie ad assetto variabile

Le gabbie ad assetto variabile sono quelle che possono operare indistintamente in superficie o in immersione. Tale soluzione consente di ridurre notevolmente le sollecitazioni cui sono sottoposte le strutture pertanto risulta particolarmente adatta alle zone esposte alle mareggianti. La struttura portante può essere in HDPE (gabbie circolari) o, pure, in tubi di acciaio zincato (gabbie poligonali).



Gabbie ad assetto variabile. Foto di R. Ugolini.



Specie pelagiche allevate in gabbia (*Tunnus thynnus*). Foto di R. Ugolini.



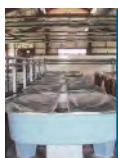
Le variazioni di assetto sono ottenute con sistemi pneumatici aria/acqua, per avere batimetrie di esercizio di 10-20 m di profondità. Alcune gabbie sono progettate per restare parzialmente emerse. Il sistema pneumatico può essere costituito dagli elementi strutturali della gabbia, sia quelli in polietilene sia in acciaio, forniti di tubazioni pneumatiche di raccordo, valvole e camere stagni. Altra soluzione sono le campane di acciaio zincato di 2.000-4.000 litri, poste nella parte inferiore delle gabbie. In modo del tutto analogo a quanto avviene nei sommergibili, l'emersione è ottenuta immettendo aria con compressori a bassa pressione (6-6 bar), in modo da espellere l'acqua di zavorra dai serbatoi. Per l'affondamento è sufficiente aprire le valvole dei tubi di raccordo. Con reti alte 16-18 metri, per l'installazione occorre un fondale di 35-40 metri. Le strutture portanti rigide (tubolari di acciaio zincato), permettono l'impiego di sistemi automatici per l'alimentazione, con *hardware* e *software* di controllo e silos per stoccare 1,5-3,5 tonnellate di mangime. Il sistema automatico di alimentazione, in questo caso, può anche essere subacqueo. Nelle gabbie in HDPE l'alimentazione degli animali è manuale; quando sono sommerse, un tubo in plastica permette l'invio del mangime all'interno della gabbia con aria compressa. Le gabbie ad assetto variabile di 3.000-4.000 m³ sono una buona sintesi costi/benefici per spigole, orate, saraghi, ricciole, con densità di allevamento di 10-15 kg/m³ e produzioni fino a 300-450 quintali/gabbia. Per la gestione, 4 addetti sono necessari per gestire un modulo di 2 gabbie (Tab. V-VI) (Fig. 4a-4b).

Le gabbie sommerse

Non esistono molte applicazioni di gabbie sommerse. Hanno generalmente struttura in acciaio, simile alle gabbie sommergibili. Una gabbia sommersa è stata installata presso l'isola di Lampedusa, realizzata in acciaio, con un volume di 1.100 m³, provvista di un sistema di zavorra pneumatico, un sistema di alimentazione automatico e un silos per lo stoccaggio del mangime.

Le reti per le gabbie

Le reti delle gabbie sono in genere in fibra di nylon (poliammide), preferita ad altri filati sintetici (poliestere, polipropilene e polietilene), per le sue caratteristiche di resistenza, elasticità e flessibilità. Il nylon è composto da molti sottili filamenti, il cui diametro non supera i 50 micron. L'unità di misura commerciale è il "titolo nominale" ed esprime il peso in grammi di 9.000 m di filo. Il nylon viene prodotto generalmente con il titolo 210. Un filato



210/18 identifica un filo di 18 filamenti, ciascuno con un peso di 210 grammi per 9.000 m. Il “titolo nominale”, ancora usato commercialmente, non è più presente nel sistema delle unità di misura internazionali; è stato sostituito dal “titolo risultante” o “tex”, che è la massa in grammi di 1.000 metri di filo. Le pezze di rete sono prodotte con nodo o senza nodo. Le reti a maglia piccola hanno un prezzo inferiore se sono senza nodo; al contrario le reti a maglia grande hanno un prezzo inferiore se sono con nodo. In maricoltura, le reti più utilizzate sono quelle senza nodi. Il piano di rete è correlato ovviamente alle dimensioni ed alla forma della struttura portante. La progettazione deve prevedere punti di fissaggio alla struttura, aperture con cerniere o moschettoni per facilitare stoccaggio e pesca. I punti di carico devono essere individuati per suddividere il più possibile le sollecitazioni determinate dalle correnti e dalle onde. La taglia degli animali allevati determina le dimensioni delle maglie delle reti, da 4 a 25 mm di lato, fino a 50-70 mm per l'allevamento dei tonni. Per la pesca del prodotto, come del resto per il controllo dell'impianto e le manutenzioni, è sempre necessario l'impiego di sommozzatori, che possono utilizzare altre reti appositamente realizzate. Occorre comunque prevedere cime robuste che permettano un salpaggio completo, sia per ridurre il volume della gabbia, sia per effettuare il cambio rete e l'opportuna pulizia. L'insediamento di organismi marini (*fouling*) può essere tale da determinare un aumento del peso della rete fino a 6 kg/m^3 , causando maggiori sollecitazioni alla gabbia e agli ormeggi. Le reti sono quindi sottoposte a specifici trattamenti *antifouling*.

I sistemi di ormeggio e ancoraggio

Ormeggi e ancoraggi sono in funzione del fondale, delle condizioni del mare e delle dimensioni dell'impianto. Lo studio del sito (*siting*), ha l'obiettivo di valutare le forze trasferite dalle correnti e dal moto ondoso all'impianto. La progettazione valuta con metodo statistico le altezze d'onda significative nei periodi di 1, 50 e 100 anni per dimensionare le strutture portanti, gli ormeggi e gli ancoraggi. Uno dei sistemi più diffusi è l'ormeggio a reticolo (o griglia). Ogni gabbia è installata all'interno di una maglia quadra, realizzata con cime di nylon disposte orizzontalmente rispetto la superficie dell'acqua. Boe di galleggiamento e zavorre pongono il reticolo ad una profondità di 2-3 m per le gabbie galleggianti e 6-8 m per le sommergibili. Dal reticolo partono quindi 4-8 cime di nylon, dirette al fondale per l'ancoraggio, che costituiscono le linee di ormeggio. Un secondo sistema prevede solo 3 linee di ormeggio, fissate alle gabbie con un angolo di 120° .

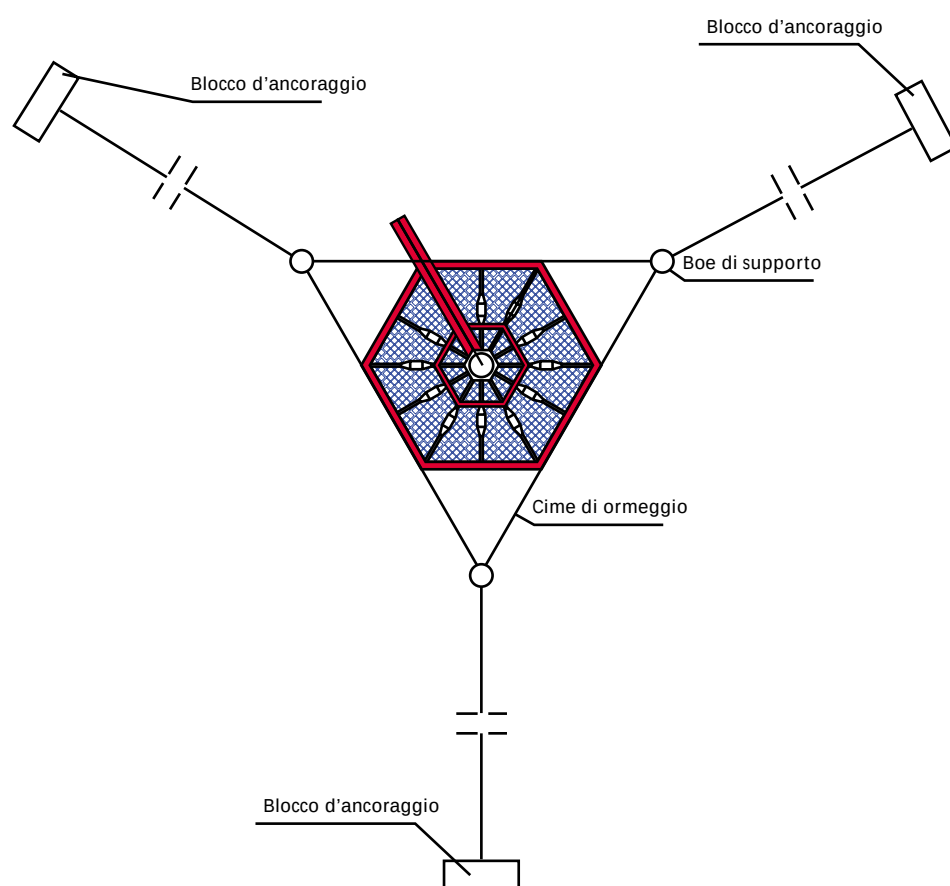


Fig. 4a - Gabbia assetto variabile (pianta e ormeggio). Impiega un sistema con tre linee di ormeggio a 120°. La lunghezza delle cime permette i movimenti di emersione ed immersione. Ciascun punto di ancoraggio può prevedere due corpi morti; boe di spinta sommerse conferiscono al sistema elasticità sul piano orizzontale e verticale.

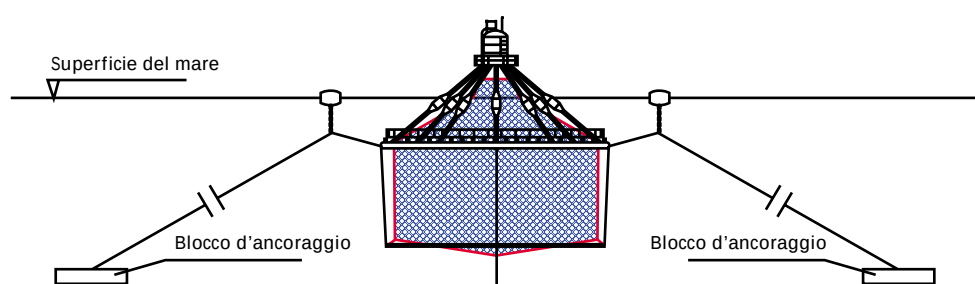
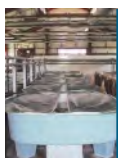


Fig. 4b - Gabbia assetto variabile (prospetto). Il telaio tubolare portante è in acciaio zincato; prevede sei camere di zavorra ed è generalmente a tre metri di profondità. Computer e silos per il mangime sono sempre fuori dall'acqua. In immersione è certificata per resistere a onde di sei metri. Variando l'altezza della rete, i volumi disponibili sono 2.500, 3.500, 4.500 e 6.000 m³; possono essere installate su fondali di 15-40 m.



Le cime sono in genere in nylon, di 30-40 mm di diametro, hanno una lunghezza di almeno 3 volte la profondità e sono fissate a catene battifondo di 40 mm. Blocchi di cemento di diverso peso (6-20 tonnellate) sono tra gli ancoraggi più utilizzati. Con fondo fangoso, comunque, le ancore sono più efficienti dei blocchi di cemento, in caso di installazione appropriata. Boe di galleggiamento e zavorre ammortizzano le forze che si scaricano sugli ormeggi e sulla struttura portante, conferendo elasticità sia sul piano verticale sia orizzontale. Una corretta installazione e il rispetto di un programma di manutenzione sono i presupposti fondamentali per il corretto funzionamento di un sistema di ormeggio e per la durata dell'impianto (Fig. 3).

Il moto ondoso

Realizzazione e gestione di un impianto di gabbie presuppongono una buona conoscenza del mare e della meteorologia. Moto ondoso e correnti possono infatti causare notevoli sollecitazioni sugli impianti. Le misure di base delle onde sono la lunghezza (L) e l'altezza (H), la pendenza, il periodo (p) e la velocità, ossia il suo moto di traslazione. Questi valori sono correlati alla durata del vento, all'intensità e al *fetch* (f). Le molecole d'acqua in realtà sono sostanzialmente ferme, soggette a un moto rotatorio (D) e compiono un percorso di 360° in un tempo uguale a quello del periodo dell'onda di cui sono parte. Questo movimento è analogo ad una corrente superficiale, la cui forza si attenua verso il fondale; ad una profondità del 50% di (L), il moto orbitale (D) si riduce al 4% del valore di H in superficie. Ad una profondità pari a (L), (D) è il 2% di (H). Onde molto lunghe, come ad esempio quelle oceaniche di centinaia di metri, sono in genere molto veloci e superano le decine di nodi. In Mediterraneo, le (L) non superano i 10 m, con velocità di 8-10 nodi. Tra (L) e (H) non vi è relazione diretta; onde molto lunghe possono avere altezza moderata, come quelle tipiche del "mare vecchio e residuo". Al contrario, onde corte possono essere molto alte, come ad esempio in Mediterraneo. La superficie del mare in presenza di vento forte è in realtà solcata da sistemi di onde, definiti in meteorologia "treni d'onda", che possono avere direzioni simili ma diversa (L) e (p). L'interazione di diversi treni produce gruppi di onde di notevole altezza, intervallati da altri più modesti. In questa situazione alcune onde possono frangere, creando situazioni molto impegnative, dato che la cresta scivola in avanti con una velocità maggiore dell'onda che l'ha generata. In genere, se la velocità del vento supera forza 5 (17-21 nodi) la pendenza delle onde aumenta e l'onda frange.

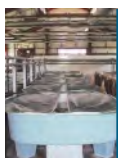
Le correnti dipendono in primo luogo dalle differenze di pressione

atmosferica e di densità tra masse d'acqua di diversa salinità e temperatura. La corrente superficiale generata dal vento, raggiunge di solito velocità pari a l'1,5% della forza del vento (con 20 nodi si ha una corrente di 0,3 nodi). La forza della corrente può essere molto forte, sia in superficie che in profondità. In Adriatico centrale si hanno correnti di superficie di 4-5 nodi (2-2,5 m/sec).

3.3.3 Impianti semintensivi

L'allevamento semintensivo è una metodica produttiva che da un punto di vista gestionale risulta intermedia tra l'estensivo e l'intensivo. L'obiettivo è quello di ottenere produzioni superiori a quelle possibili con le sole risorse trofiche naturali presenti nell'ambiente di allevamento. L'intervento da parte dell'uomo può avvenire a differenti livelli: a) somministrazione di alimenti integrativi naturali o artificiali, b) pratiche di concimazione a base di azoto e fosforo che esaltano la produttività naturale, c) mantenimento di condizioni di allevamento ottimali (scambi idrici adeguati e buoni tassi di ossigeno disciolto). L'attuazione di pratiche semintensive in acquacoltura sono vantaggiose nell'allevamento di organismi acquatici buoni sfruttatori del substrato, ed in particolare dei livelli trofici più bassi (fito e zooplancton, detrito, ecc); nelle acque dolci per la produzione di giovanili da ripopolamento, e per la produzione di Ciprinidi sia per il consumo che per il mercato ornamentale; nelle acque marine e salmastre per l'attuazione di cicli di produzione di gamberi (*Penaeus japonicus*) o per l'allevamento in policoltura di Sparidi e Mugilidi. Nel nostro Paese il semintensivo è scarsamente diffuso, i limiti di tale pratica produttiva sono legati principalmente ai costi di investimento per l'acquisto delle notevoli superfici necessarie alla realizzazione dei bacini in terra ed ai contenuti ritorni economici. In determinate condizioni ambientali però può rappresentare una valida opportunità per impianti a conduzione familiare o quale fonte di integrazione del reddito per i pescatori professionali lagunari. Infatti, disponendo di aree a terra sufficientemente ampie (< 10 ha) o di idonei specchi lagunari, con investimenti contenuti è possibile attuare cicli di produzione brevi (5-8 mesi), che richiedono un ridotto impegno finanziario, e presentano scarsi problemi per il controllo degli scarichi. Questa pratica di allevamento, se non esasperata nelle densità produttive, ha generalmente una buona compatibilità ambientale, in relazione alle scarse modificazioni cui il territorio è sottoposto, limitate a contenuti volumi di escavo e formazione di rilevati per la realizzazione delle sponde dei bacini e per i ridotti carichi di biomassa stoccata.





Nelle aree costiere è importante valutare l'influenza dell'introgressione di importanti volumi idrici marini o salmastri in aree interne: esempio eclatante di danno ambientale causato da questa pratica produttiva è la gambericoltura in aree costiere tropicali e subtropicali interessate da popolamenti vegetazionali a mangrovie.

Tale pratica produttiva risulta, rispetto all'intensivo, un modello semplice, facilmente trasferibile, dove l'investimento tecnologico è contenuto. L'applicazione di metodiche produttive semintensive risulta particolarmente indicato per il preingrasso di giovanili di origine selvatica o di riproduzione controllata utilizzati per la semina in ambienti lagunari, al fine di esaltare le potenzialità produttive naturali, ridurre i tempi di accrescimento del prodotto e per aumentare i tassi di sopravvivenza finali. Nel caso della gambericoltura l'uso di concimi dovrebbe garantire una disponibilità trofica naturale pari a circa il 30-50% del fabbisogno dietetico giornaliero.

La policoltura in semintensivo è basata sull'associazione di differenti specie, che sfruttano differenti livelli della catena trofica, al fine di ottenere un migliore sfruttamento del substrato naturale.

Gli impianti sono generalmente costituiti da vasche in terra di medie dimensioni ($< 4.000 \text{ m}^3$), dotate di opere per il carico e lo scarico delle acque, preferibilmente pensili (completamente svuotabili), al fine di facilitare la raccolta del prodotto e consentire una bonifica naturale dell'ambiente di allevamento, a fine ciclo, per essiccazione. Cicli di allevamento semintensivo possono essere attuati anche in recinti in aree lagunari. In questo caso è opportuno effettuare delle verifiche sul sito identificato al fine di valutare l'ossidazione dei fondali e l'idrodinamismo dell'area. Tale soluzione ha bassi costi realizzativi, un ridotto impatto culturale/produttivo, per l'utilizzo di materiali e tecnologie di realizzazione degli sbarramenti di rete già diffusamente utilizzate dai pescatori lagunari e presenti solo temporaneamente nello specchio acqueo (5-8 mesi).

In relazione alla scarsa diffusione di questa metodica produttiva in Italia risulta povera la letteratura relativa a prove di allevamento semintensivo. Alcuni risultati produttivi relativi ad imprese di allevamento o a prove sperimentali su scala produttiva sono illustrati nella Tab. VIII.

I dati fanno riferimento sia a produzioni ottenute in tradizionali bacini in terra che a prove effettuate in recinti in laguna.



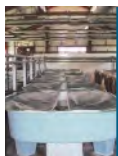
Tab. VIII - Differenti esperienze produttive ottenute con metodiche semintensive in acque marine e salmastre

Struttura produttiva		Dati produttivi			
	Specie allevate	Produzione kg/ha	Indice di conversione/ concimazioni	% Sopravv. finale	Autore/ Produttore
Bacini in terra	Orate/Cefali	1.180	2,8	75	S. Cataudella & al., 1983
Recinti in laguna	Gamberone	400	0,5	40	I.C.R. Mare S.C.r.l. (1996).
Recinti in laguna	Sparidi	2.400	1,5	90	Tancioni & al., 1998
Bacini in terra	Gamberone	450	0,8 pollina/stallatico 300/kg urea 50 kg	45	Coop. "La Valle" (1999)

Esperienze compiute in bacini di 1-2 ettari con acque salmastre, moderatamente concimati, impestiati con 4.000 avannotti selvatici di orata, 4.000 boseghe e 2.000 lotregani, con un ciclo di allevamento di 10 mesi hanno permesso il raggiungimento delle taglie seguenti : orate 190 g, boseghe 300 g, lotregani 200 g, con tassi di sopravvivenza del 75% e con indici di conversione del mangime a basso tenore proteico pari a 2,8.



Foto aerea di un impianto integrato con bacini semintensivi. Foto Ittica Valdagri SpA (MT).



3.3.4 Applicando il CCPR

La qualità dell'ambiente è determinante per il successo di iniziative in acquacoltura, tuttavia le specifiche attività produttive possono arrecare danni all'ambiente con conseguenze negative sull'andamento stesso dell'allevamento.

L'influenza dei residui prodotti dalle attività di acquacoltura sull'ambiente è variabile e dipende dal sistema di coltura, dalla specie, dalla dimensione dell'impianto, dall'alimento utilizzato e dal modo di alimentare, dallo stato dell'ecosistema esistente.



Bacino di lagunaggio di un impianto intensivo. Foto di M. Rampacci.

La riduzione dell'impatto prevede da un lato il miglioramento degli alimenti artificiali, per renderli meno inquinanti, dall'altro l'applicazione di norme gestionali tese alla riduzione di tutti gli effetti negativi delle attività produttive. Nella Tab. IX sono schematizzate e semplificate le "raccomandazioni" elaborate tenendo conto di quanto indicato nelle linee guide del Codice di Condotta per la Pesca Responsabile della FAO (1995) e di quanto è possibile attuare in base alle caratteristiche ed ai sistemi di produzione adottati. Per considerazioni ulteriori si rimanda ai "Riferimenti al CCPR".



Tab. IX - Linee guida per l'acquacoltura responsabile per i diversi aspetti gestionali

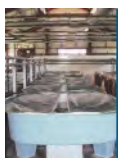
Sito	Identificazione di siti caratterizzati da un buon idrodinamismo
Specie	Specie autoctone preferibilmente riprodotte da riproduttori catturati localmente
Avannotti	Allevati con sistemi che possano sviluppare comportamenti naturali e sollecitare la natazione
Ingrasso	Uso di vasche con effetto autopulente, uso di reti a sacco non abrasive Riduzione della densità di allevamento Controllo degli impianti al fine di evitare fughe del prodotto
Prodotti chimico-farmaceutici	Uso di vaccini, uso di presidi degradabili rapidamente
Antiparassitari	Solo se necessari evitando trattamenti preventivi Attuare pratiche di pulizia delle vasche Attuare protocolli che riducano il rischio di trasmissione delle patologie tra le vasche di uno stesso impianto e tra differenti impianti. Aumentare la distanza tra le gabbie in mare
Alimento	Riduzione degli sprechi e la sovralimentazione, uso di alimenti ecologici o biologici ad elevata stabilità Uso di alimento con basso contenuto in fosforo.
Pulizia	Intensificare il controllo delle vasche di allevamento
Predazione	Attuare sistemi passivi contro la predazione dovuta ad uccelli ittiofagi
Reflui (impianti a terra)	Adozione di sistemi di trattamento dei reflui opportunamente dimensionati o integrati
Monitoraggio ambientale	Controlli periodici tesi a verificare eventuali modifiche dell'ambiente acquatico circostante l'impianto
Qualità del prodotto	Morte rapida (ghiaccio) Incassettamento e ghiacciatura Etichettatura

Tipologia d'impianto

L'adozione di pratiche per un'acquacoltura responsabile inizia con l'identificazione delle caratteristiche progettuali dell'impianto (la scelta del sito e della specie, il dimensionamento del prelievo delle acque di alimentazione, le caratteristiche costruttive e di esercizio dei bacini, le opere di collettamento e di trattamento delle acque reflue).

L'uso della risorsa idrica e del terreno dovrebbe essere operato nel rispetto e nella compatibilità con altre attività. In particolare il prelievo dell'acqua di alimentazione deve considerare le altre esigenze locali (potabile, irrigua, industriale, salvaguardia dei minimi deflussi vitali per il mantenimento delle adeguate caratteristiche per la vita nei corsi d'acqua), e la restituzione di un refluo con caratteristiche ecologicamente compatibili.

Negli impianti intensivi, la scelta di vasche, di regola a forma circolare o quadrata ad angoli smussi e di dimensioni relativamente modeste, con fondo leggermente pendente verso uno scarico centrale o laterale ed in cui si crea una corrente circolare senza zone morte, consente una buona gestione dell'ambiente di allevamento e dei reflui. I residui dell'alimentazione e le feci sono ben veicolati dalle acque di scarico che possono essere sottoposte a trattamenti fisici (decantazione), meccanici (filtrazione) e biologici (lagunaggio).



Anche i *raceways* ad elevato ricambio consentono un analogo trattamento. Lo scarico terminale, anche se a “monaco” lascia però la possibilità della decantazione delle frazioni più pesanti che si accumulano sul fondo, e sono rimosse solo durante le operazioni di pulizia quando il livello dell’acqua viene abbassato per aumentarne la velocità. In alcuni impianti avanzati le acque di scarico a sfioro superficiale dell’esercizio normale, con la sola più modesta frazione leggera, vengono convogliate verso batterie di filtri rotanti (*drum filter*) per essere nuovamente riutilizzate in un ricircolo parziale prima di essere mandate ai bacini di decantazione terminali, mentre le acque di “sbocco” di fondo, ricche della frazione sedimentata, per altra via idraulica vengono convogliate in vasche di decantazione e mineralizzazione assieme ai concentrati dei filtri. Gli stagni in terra dei sistemi semintensivi a debole ricambio non offrono quest’opportunità, e la frazione organica sedimenta sul fondo dei bacini, da dove può essere rimossa meccanicamente. I loro processi di degradazione influenzano direttamente la qualità dell’acqua di allevamento, e contribuiscono alla produttività primaria.

Scelta della specie

La scelta della specie si basa su criteri biologici, ambientali e socio-economici. Buona pratica è l’impiego di specie native, ottenute con pratiche di riproduzione convenzionali. L’introduzione di specie estranee, date le difficoltà di un assoluto confinamento degli animali d’allevamento, può avere delle conseguenze che vanno oltre il confine nazionale. Tali aspetti transnazionali, insieme alla introduzione di specie alloctone sono considerati all’Art. 9.2 del CCPR, che suggerisce l’istituzione di reti informative per la raccolta di dati utili ad una pianificazione dell’acquacoltura a diversi livelli. Particolare attenzione deve essere prestata all’introduzione di specie alloctone, rese interessanti in alcuni momenti per la loro novità sul mercato. Esperienze passate hanno messo in evidenza le conseguenze negative apportate all’assetto delle specie autoctone. Negli impianti a terra si può prevedere l’installazione di dispositivi per il controllo delle fughe, ma risulta praticamente impossibile garantire sistemi di sicurezza dall’efficacia assoluta. Il rischio è particolarmente elevato per le gabbie a mare, da dove gli animali allevati possono scappare una volta rotta la rete. Gli animali allevati nelle gabbie a loro volta non possono essere difesi dall’arrivo di agenti patogeni o parassitari esotici portati nell’area dell’allevamento.

Specie alloctone o modificate geneticamente possono avere effetti indesiderati sulla conservazione della diversità genetica delle popolazioni naturali e



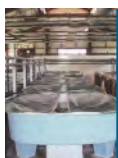
degli ecosistemi acquatici, quali la contaminazione attraverso ibridazione interspecifica, la degradazione delle specie native per l'apporto di geni esotici, la perdita di specie native o il cambiamento nella composizione delle specie attraverso la competizione e la predazione (Art. 9.1.2). L'Art. 9.3 suggerisce l'adozione di adeguati codici di comportamento per l'introduzione ed il trasferimento di organismi acquatici, e suggerisce inoltre la promozione della ricerca per la protezione ed il recupero delle specie in via di estinzione. La produzione di queste specie può rappresentare un interessante nicchia di mercato, anche se la pratica del ripopolamento è da considerarsi una misura temporanea, alla quale va preferito il recupero degli ambienti e delle popolazioni in natura, risolvendo o riducendo le cause che hanno minacciato la specie.

Produzione degli avannotti

Le pratiche industriali di produzione massiva di avannotti da limitati gruppi di riproduttori e le condizioni dei sistemi di allevamento tesi a massimizzare la sopravvivenza degli animali, non comportano criteri di selezione forti come avviene nelle condizioni naturali, ed è presente il rischio di allevare popolazioni monotone dal punto di vista genetico. Questa monotonia, che potrebbe influenzare la biodiversità delle specie selvatiche, può anche concorrere al rischio di situazioni critiche generalizzate nelle condizioni di allevamento. Animali originati da combinazioni di *stock* geneticamente diversi, spesso mostrano migliori prestazioni in allevamento, che, nel caso di ibridi interspecifici, sono però limitate alla sola prima generazione. I livelli naturali della diversità genetica possono essere mantenuti anche evitando il rimescolamento delle diverse popolazioni, e una diversità genetica elevata nei soggetti riprodotti può essere garantita con le riproduzioni ottenute da un grande numero di riproduttori, con l'impiego di soggetti durante tutto l'arco della stagione riproduttiva, ed evitando parentele fra i riproduttori (Art. 9.3.4).

Alimentazione

Una riduzione dell'impatto ambientale può essere ottenuta con l'adozione di pratiche di alimentazione ottimali per qualità, composizione, dosi e metodologie di somministrazione del mangime, per ridurre la frazione rilasciata in varie forme nell'ambiente, oltre che per ottimizzare la redditività aziendale, e con il mantenimento di adeguate condizioni ambientali nei sistemi di allevamento (ricambio, ossigenazione). Una buona alimentazione può concorrere al



mantenimento di un buon stato di salute, e alla riduzione della necessità dell'impiego di prodotti terapeutici e disinfettanti che lasciano residui (antibiotici) (Art. 9.4.3; 9.4.4).

Questi accorgimenti sono particolarmente importanti per le gabbie, che non possono adottare dispositivi per limitare ulteriormente l'apporto di residui organici nell'ambiente.

Ossigenazione delle acque

Le tecniche opportune sono trattate in un apposito capitolo (Cap. 3.5).

Prevenzione e trattamento delle patologie

Oltre all'uso di mangimi e additivi appropriati, per mantenere un buono stato di salute dei soggetti allevati è importante l'adozione di idonee misure igieniche e di prevenzione (vaccini), con la conseguente riduzione dell'impiego di presidi terapeutici e la regolamentazione dell'uso di altre sostanze chimiche pericolose, che possono finire nell'ambiente o essere accumulate nelle carni (Art. 9.4).

Trattamento dei reflui

I reflui possono essere resi compatibili con l'adozione di sistemi di decantazione, raccolta, separazione meccanica della frazione corpuscolata dovuta a feci e mangime residuo, direttamente in vasca o immediatamente a valle degli scarichi, e con ulteriori sistemi di decantazione per la frazione più fine e leggera costituiti da bacini di lagunaggio di ampie dimensioni, dove la velocità della corrente si riduce, e dove una parte della sostanza organica è utilizzata dallo zooplancton e da specie ittiche detritivore e fitofaghe (Mugilidi). In questi ambienti la sostanza organica disciolta, in particolare l'ammoniaca, viene abbattuta da batteri (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*) nei processi di trasformazione dei composti organici azotati in nitrati. Le componenti vegetali, quali le macroalghe in acqua di mare, sono poi in grado di utilizzare i sali minerali prodotti, e la loro asportazione periodica consente di eliminare per altra via l'apporto organico originale. Negli impianti di fitodepurazione che possono essere realizzati a questo scopo soprattutto in acqua dolce e salmastra, si cerca di ricreare un sistema funzionale simile a quello naturale. Qui avvengono azioni combinate da parte del terreno (sedimentazione e adsorbimento al substrato), delle piante (assorbimento, metabolizzazione e

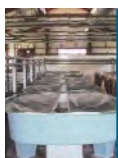


accumulo), e della microflora batterica. L'impiego di diverse specie di idrofite (flottanti, radicate sommerse, radicate emergenti) consente una azione diretta tramite le radici, il fusto e le foglie (assorbimento, metabolizzazione, traslocazione e accumulo degli inquinanti), e una indiretta tramite le radici e il fusto (supporto fisico e micro-habitat idoneo per i microrganismi degradativi; sistema filtrante), e tramite il fusto e le foglie (controllo della proliferazione algale per ombreggiamento, riparo dal vento, trasferimenti gassosi). L'efficacia di tali sistemi è rivolta verso diverse componenti dei reflui: i solidi sospesi (sedimentazione/filtrazione degradazione); il BOD (degradazione microbica, sedimentazione); l'azoto (nitrificazione dell'ammoniaca, assunzione diretta, volatilizzazione); fosforo e microinquinanti (adsorbimento da parte del suolo, assunzione diretta dalle piante); agenti patogeni (sedimentazione/filtrazione, UV, antibiotici escreti dalle radici delle macrofite).

I fanghi dei sistemi di decantazione e la componente vegetale raccolta dai sistemi di lagunaggio e di fitodepurazione dovrebbero essere smaltiti opportunamente, come i pesci morti o malati, l'eccesso di farmaci e di altre sostanze chimiche, le interiora e gli scarti della lavorazione del prodotto (Art. 9.4.6).

Gestione del prodotto

Un prodotto di qualità garantita può avere un riscontro nella soddisfazione del cliente, disponibile a riconoscere anche un prezzo più elevato, che può rendere l'intera catena produttiva più remunerativa. La tracciabilità delle procedure e dei prodotti è un elemento importante per garantire la qualità del processo di produzione. È opportuno inoltre evitare lo stress degli animali in allevamento (alterazione di una o più variabili fisiologiche che può impedire la sopravvivenza a lungo termine) che può aumentare il rischio di infezioni. Lo stress può essere ridotto fornendo una adeguata qualità degli ambienti di allevamento e mantenendo una densità realistica (Art. 9.4.2; 9.4.7).

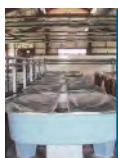


Bibliografia

- Cataudella S., Monaco G. (1983). *Allevamento dei Mugilidi*. In: Acquacoltura, CLESAV: 117-148.
- FAO (1995). *Code of conduct for responsible fisheries*. FAO, Rome: 41 pp.
- FAO (1997). *Aquaculture development*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries. n.5. Rome.
- I.C.R. MARE S.C.r.l. (1996). *Prove di allevamento in laguna di mazzancolle (Penaeus japonicus)* - Relazione tecnica - Contributo A.G.C.I./A.I.C.P. su finanziamento Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari e Forestali (L. 41/82 art 11-8 bis).
- Lumare F. (1991). *Crostaceicoltura marina*. In: Acquacoltura, REDA: 169-178.
- Munday B., Eleftheriou A., Kentouri M., Divanach P. (1992). *The Interaction of Aquaculture and the Environment - A Bibliographical Review*. A report prepared for The Commission of European Communities Directorate General for Fisheries. EC. XIV/D/3.
- Ravagnan G. (1992). *Vallicoltura Integrata*. Ed. Edagricole, Bologna: 502 pp.
- Tancioni L., D'Ambra R., Maccaroni A., Mamone R., Massa F., Mariani A., Rampacci M. (1998). *Tecniche di acquacoltura sostenibili in ambienti lagunari salmastri*. Biol. Mar. Med., 5 (3): 1340-1346.
- Tancioni L., D'Ambra R., Dell'Aquila M., Fezzardi D., Maccaroni A., Mamone R., Rampacci M. (1998). *Tecniche di acquacoltura ecocompatibili in ambienti lagunari e vallivi*. Biol. Mar. Med., 5 (3): 1435-1441.
- Beveridge M.C.M., Phillips M.J., Clarke R.M. (1991). *A quantitative e qualitative assessment of wastes from aquatic animal production*. In Aquaculture and Water Quality, Brune. D.E., Tomasso J.R. (Eds), Baton Rouge L.A.: The World Aquaculture Soc.: 506-533.
- Cembella A.D., Antia N.J., Harrison P.J. (1984). *The utilisation of organic and inorganic phosphorus compounds as nutrients by eukaryotic microalgae: a multidisciplinary perspective. Part I*. Crit. Rev. Microbiol., 10: 317-391.
- Guerin-Ancey O. (1976). *Etude expérimentale de l'excrétion azotée du bar (Dicentrarchus labrax) en cours de croissance. I. Effets du jeune sur l'excrétion d'ammoniac ed d'urée*. Aquaculture, 9: 187-194.
- Kaushik S.J., Fauconneau B., Blanc J.M. (1984). *A study on nitrogen excretion and oxygen consumption in five half-sib families of rainbow trout*. Reprod. Nutr. Develop., 24: 431-438.
- Ketola H.G. (1990). *Effect of diet on growth and survival of coho salmon and on phosphorus discharges from a fish hatchery*. Trans Am. Fish. Soc.
- Persson G. (1988). *Relationships between fed, productivity and pollution in*



- the farming of large rainbow trout (Salmo gairdneri)*. Swedish Environ. Protection Agency, Stockholm, PM3534: 48 pp.
- Weismann D., Scheid H., Pfeffer E. (1988). *Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout, Salmo gairdneri Rich.* Aquaculture, 69: 263-270.
 - Amerio M., Elli M. (1996). *L'alimentazione dei pesci*. In: "Parliamo di acquacoltura e pesca", Edagricole, Bologna: 77-118.
 - Barg U.C. (1992). *Guidelines for promotion of environmental management of coastal aquaculture development*: FAO, FTP n.328, Rome/FAO: 122 pp.
 - Beveridge M. (1996). *Cage aquaculture*. Fishing new books, Cambridge: 346 pp.
 - Cognetti G., Cognetti G. (1992). *Inquinamento e protezione del mare*. Ed. Calderini, Bologna: 318 pp.
 - FAO (1999). *The state of world fisheries and aquaculture*. FAO, Roma: 114 pp.
 - FAO (1999). *Aquaculture production statistics 1988-1997*. FAO, Fisheries circular N.815, Rev. 11, Rome FAO: 203 pp.
 - Macalister Elliot & Partners (1999). *Forward Study on Community Aquaculture*. European Commission, Fishery Directorate General: 67 pp.
 - Massa F., Rampacci M., Ugolini R. (2000). *L'acquacoltura responsabile*. In: "Un mare di risorse", Consorzio UNIPROM, Roma: 143-201.
 - Saroglia M., Mazzatura A., Ingle E. (1990). *Impatto dell'acquacoltura sull'ambiente acquatico. Approccio allo studio*. Quaderni ICRA (ICRAM) Aquacoltura n.2, Roma: 89 pp.
 - Zerbi G. (1999). *La vela*. Hoepli Editore, Milano: 332 pp.



3.4 I SISTEMI A RICIRCUITAZIONE IDRICA

M. Saroglia

In acquacoltura intensiva, il carico ittico all'ingrasso è generalmente dimensionato sulla base della disponibilità qualitativa e quantitativa dell'acqua di ricambio. La qualità dell'acqua viene cioè sfruttata fintanto che è possibile, ossia evitando che i residui del metabolismo del pesce raggiungano concentrazioni tossiche per i pesci all'ingrasso. Un'ulteriore incremento della biomassa richiede un aumento di ricambio idrico che potrebbe non essere disponibile, inoltre la necessità di risparmiare la risorsa induce sempre di più le amministrazioni centrali e locali ad emanare regolamenti e leggi che incoraggiano piuttosto un reimpiego dei reflui delle attività produttive, piuttosto che l'incremento della captazione. Nell'acqua utilizzata per l'allevamento intensivo del pesce viene consumato l'ossigeno disciolto, inoltre si assiste ad un arricchimento in anidride carbonica, cataboliti azotati, fosforo, residui di mangime inutilizzato, residui organici, altri residui di sostanze eventualmente contenute nei mangimi. Il limite all'incremento della produzione ittica è tuttavia imposto prevalentemente da ossigeno disciolto, cataboliti azotati, solidi sospesi (residui fecali e di mangime), carico batterico, mentre altri parametri quali azoto e fosforo totali, sostanze organiche (BOD), pure importanti per la qualità dell'ambiente che riceve le acque restituite, non rappresentano direttamente veri e propri fattori limitanti l'intensità dell'allevamento. Soluzioni tecnologiche in grado di abbattere o ridurre i fattori limitanti possono permettere il riutilizzo totale o parziale delle acque altrimenti rilasciate, in un sistema di allevamento che viene definito "a ricircolo" od "a ricircuitazione" delle acque (Fig. 1).

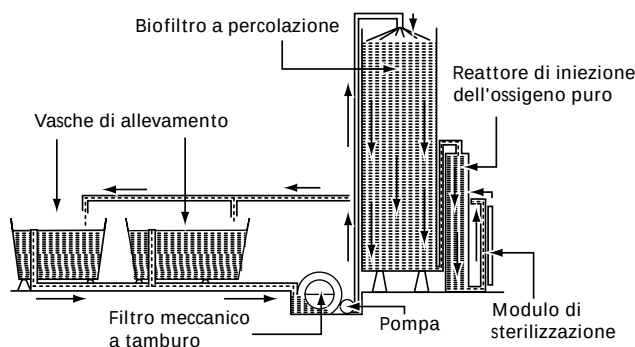


Fig. 1 - Schema di un impianto a ricircolazione dell'acqua. Nell'esempio, l'acqua in uscita dalle vasche di allevamento raggiunge per caduta il filtro meccanico, dal quale vengono estratte le particelle in sospensione di dimensione > 40-60 mm. Quindi viene sollevata dall'impianto di pompaggio sul tetto del biofiltro, dove vengono estratti i cataboliti azotati. Segue la riossigenazione e quindi la sterilizzazione.

Tali sistemi sono costituiti, oltre che dalle vasche di allevamento e da pompe per la circolazione dell'acqua, da una vasca di accumulo che raccoglie le acque usate, da filtro meccanico, impianto di disinfezione, filtro biologico. Inoltre vengono generalmente previsti sistemi per l'abbattimento dell'anidride carbonica e dei nitrati, per il controllo della temperatura e dell'ossigeno. Ne va di conseguenza che i sistemi a ricircolazione idrica possono operare in condizioni di elevata stabilità dei fattori ambientali in grado di influenzare l'allevamento, quindi anche le caratteristiche meteo-climatiche locali, come del resto la salinità della sorgente idrica, non costituiscono più limitazioni alla scelta delle specie da allevare. L'isolamento praticamente completo dall'ambiente esterno consente tra l'altro di utilizzare tale tipologia impiantistica anche per allevare specie alloctone o geneticamente modificate, senza peraltro costituire rischio per l'ambiente ricevente.

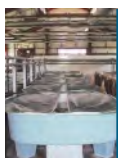
3.4.1 Filtrazione meccanica

Il particolato organico in sospensione, oltre ad intorbidire l'acqua e costituire agente irritante per l'epitelio branchiale dei pesci, trasporta sostanze ad elevato BOD e carico batterico, e limitando la trasparenza dell'acqua, riduce l'efficienza disinfettante delle lampade UV, e pertanto deve essere rimosso dal sistema per quanto possibile. Per essere efficace, la separazione deve avvenire nel più breve tempo possibile, subito dopo l'allontanamento dei solidi sospesi dalle vasche di allevamento col flusso idrico. Infatti, non appena il particolato organico entra in contatto con l'acqua, iniziano i processi di idratazione che ne determinano lo sfaldamento, con riduzione della dimensione del particolato e lisciviazione. Minore è la granulometria del particolato organico da rimuovere, più difficile risulterà la sua separazione dall'acqua. Per quanto riguarda la dispersione dell'alimento non consumato, dopo alcune ore di idratazione il *pellet* origina particelle che risultano ancora facilmente separabili: infatti la percentuale di particelle con granulometria inferiore a 60 μm è bassa (ca. 2%), mentre oltre il 50% delle particelle risulta avere una granulometria superiore a 1.000 μm .

Diversamente, i residui fecali prodotti dai pesci sono presenti in acqua per due terzi con una granulometria inferiore a 30 μm , quindi destinati a permanere nell'acqua dell'allevamento, visto che le tecniche di filtrazione normalmente disponibili riescono a separare particelle di diametro superiore a 40- 60 μm (Fig. 2).

Separazioni di materiale più fine sono possibili mediante apparecchiature in grado di generare schiume dalle sostanze organiche contenute in acqua con





le quali estrarre particelle colloidali del diametro di pochi micron. Tali apparecchiature tuttavia sono al momento applicabili a limitati flussi idrici, quali quelli delle avannotterie di media o piccola dimensione ed in acquariofilia.

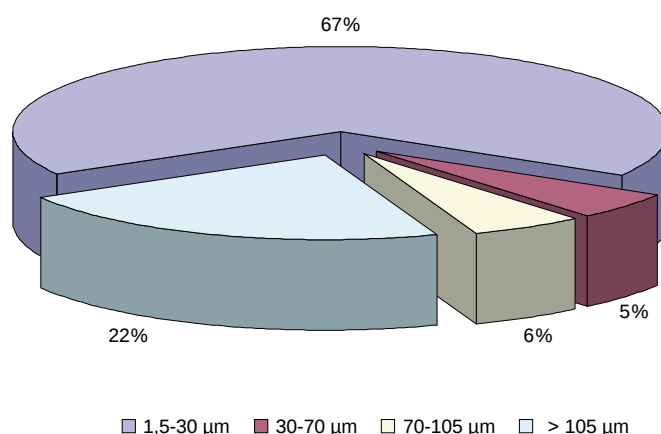


Fig.2 - Granulometria dei residui fecali provenienti da un allevamento di *striped bass*.
(da: Easter, 1992).

Le tecnologie comunemente utilizzate per intercettare i solidi in sospensione applicate in alternativa od in serie tra di loro, consistono in vasche di sedimentazione, filtri a sabbia, filtri a tamburo od a disco, schiumatori (Fig. 3). Le vasche di sedimentazione sono prevalentemente utilizzate in sistemi all'aperto, dove la superficie non rappresenta un fattore limitante, mentre nei sistemi chiusi all'interno di edifici o capannoni, trattati in questo testo, viene preferito il sistema di filtrazione meccanica. Altre tecniche di filtrazione, quali lo scambio ionico ed il carbone attivo, non sono praticabili per la movimentazione di grandi volumi di acqua necessaria in acquacoltura.

Tab. I - Performance di alcune tecnologie per la filtrazione meccanica
(dati da: Chen S. et al., 1994).

	Dimensione dei solidi separabili (µm)	Perdita di carico (m)	Volume di acqua (m ³ /m ² /die)	Sostanza secca rimossa (%)
Vasca di sedimentazione	> 100		24-94	40-60
Filtro a sabbia per gravità	> 20	0,1-3	176-429	20-60
Filtro a sabbia a pressione	> 20	2-20	117-704	50-95
Filtro a tamburo	18-90	0,01-0,1	840-2.180	



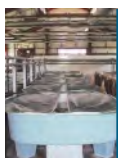
Da un punto di vista applicativo, i particolati organici derivati dai processi digestivi possono essere differenziati, a seconda delle loro caratteristiche, in particolato sedimentabile, particolato in sospensione e particolato fine o disciolto.

Il particolato sedimentabile è per definizione quello in grado di sedimentare entro un'ora in un cono Imhoff. La sua rimozione può essere ottenuta in una vasca di sedimentazione opportunamente dimensionata, dove l'acqua viene fatta scorrere molto lentamente, come nei sistemi a ciclo aperto. Tale tecnica consente il trattamento di un modesto volume di acqua giornaliero per unità di superficie ($24 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{die}$) ed anche la capacità qualitativa di separazione risulta modesta; solitamente infatti particolati di granulometria inferiore a $100 \mu\text{m}$ non riescono a sedimentare, rimanendo quindi nel sistema. Inoltre, al fine di evitare l'idratazione del materiale sedimentato, risulta indispensabile una sua continua rimozione per sifonatura.

Al fine di incrementare la quantità di acqua trattabile per unità di superficie (fino a $94 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{die}$), il fondo delle vasche di sedimentazione viene solitamente allestito con materiale plastico ed inclinato a "becco di clarino", in modo da aumentare la superficie e di rallentare la velocità di flusso in vasca. Nei moderni impianti a ricircolazione idrica, tali vasche di sedimentazione vengono utilizzate quasi esclusivamente abbinate ad altri sistemi filtranti, quali ad esempio i filtri a sabbia.

Il particolato in sospensione, per definizione quello che non sedimenta entro un'ora anche in condizioni di assenza di turbolenza, può essere rimosso mediante filtrazione a sabbia o filtrazione su rete fine (maglia da plancton). Nei filtri a sabbia riempiti con sabbia quarzifera di granulometria inferiore a $1 \mu\text{m}$, è possibile intercettare il particolato fino ad una granulometria di $20 \mu\text{m}$, con volumi di filtrazione per unità di superficie notevolmente superiori rispetto alle vasche di sedimentazione. Tra gli svantaggi che essi comportano ricordiamo i fenomeni di ostruzione o di "impaccamento" della sabbia, la formazione di passaggi preferenziali dell'acqua, le elevate perdite di carico. Esistono in commercio filtri pressurizzati a sabbia in grado di filtrare anche alcune centinaia di m^3 di acqua per ora. Questo tipo di filtro viene spesso utilizzato anche nelle avannotterie a ciclo aperto, al fine di arrestare solidi in sospensione presenti nell'acqua di alimentazione dell'impianto dovuti a fenomeni meteorologici quali mareggiate o piene dei fiumi.

Il filtro a rete fine, generalmente montato su tamburo rotante dotato di ugelli per il controlavaggio del materiale adeso, rappresenta sicuramente la tecnologia al momento più indicata per la separazione del particolato organico in allevamenti per l'ingrasso, con notevoli volumi di acqua da filtrare



(centinaia di m^3/ora) e con un carico di materiale solido che può raggiungere 25 mg/litro. Vengono impiegate reti a maglia fine, con maglia compresa tra 30 e 90 μm , montate come rivestimento esterno su di un cilindro cavo rotante, normalmente alloggiato nella vasca di accumulo dell'impianto dove l'acqua reflua dalle vasche di allevamento ritorna per gravità. L'acqua da filtrare passa attraverso la rete e fuoriesce dal filtro cadendo direttamente nella vasca di accumulo. Non appena la rete si intasa a causa della stratificazione del materiale filtrato, con conseguente aumento della differenza di pressione tra ingresso ed uscita del filtro, questo ruoterà in modo da esporre la rete agli ugelli di un sistema automatico di controlavaggio ad acqua pressurizzata. Il "fango" organico di risulta può quindi essere allontanato dall'ambiente di allevamento e raccolto a parte od inviato al sistema di scarico, dal quale può essere intercettato e destinato ad altro uso. Nel caso degli allevamenti di acqua dolce può essere utilizzato tal quale come fertilizzante, mentre quando prodotto in impianti salmastri, necessita di un lavaggio con acqua dolce prima di essere eventualmente utilizzato per speciali colture di serra, ancora in sperimentazione, ed allontanato in fognatura.

Con i filtri a tamburo è possibile allontanare dall'impianto il 40-50% del fosforo totale e circa il 50% del materiale organico, in quanto la maggior parte del fosforo sarebbe contenuto od assorbito ai solidi filtrabili. Una evoluzione tecnologica del filtro a tamburo è rappresentata dal filtro a dischi. Questo non si differenzia dal precedente, salvo che la parte interna del tamburo è settata da ali di supporto per reti da filtrazione, con un notevole incremento della superficie filtrante per volume totale del tamburo.

Parte del particolato presente nell'acqua, soprattutto negli impianti di ingrasso ove non è economicamente conveniente adottare filtrazioni fini, è destinato a rimanere nel sistema per poi venire ossidato dai processi di nitrificazione del biofiltro. Ciò determina l'aumento della richiesta biologica di ossigeno (BOD) ed una riduzione delle *performance* del biofiltro stesso. Con la terminologia di particolato fine o disciolto si intende il materiale organico di dimensioni inferiori ad 1 μm , tra cui il materiale proteico disciolto in acqua in grandi molecole organiche. Al fine di rimuovere tali sostanze, vengono comunemente impiegati dei frazionatori detti schiumatori o *skimmer*, in cui aria atmosferica viene insufflata alla base della colonna d'acqua creando bolle di piccolo diametro. Le molecole organiche disciolte aderiscono con la loro parte idrofobica alla bolla di aria, con la quale vengono quindi trasportate sulla superficie della colonna d'acqua. Oltre a ridurre la domanda biologica di ossigeno del sistema, il frazionamento di queste sostanze riduce il



problema dell'accumulo delle sostanze umiche prodotte dall'attività della flora nitrificante tendenti a ridurre la trasparenza dell'acqua ed inoltre sottrae acidi organici al sistema, mitigando anche il problema dell'abbassamento del pH (vedasi capitolo successivo per spiegazioni).

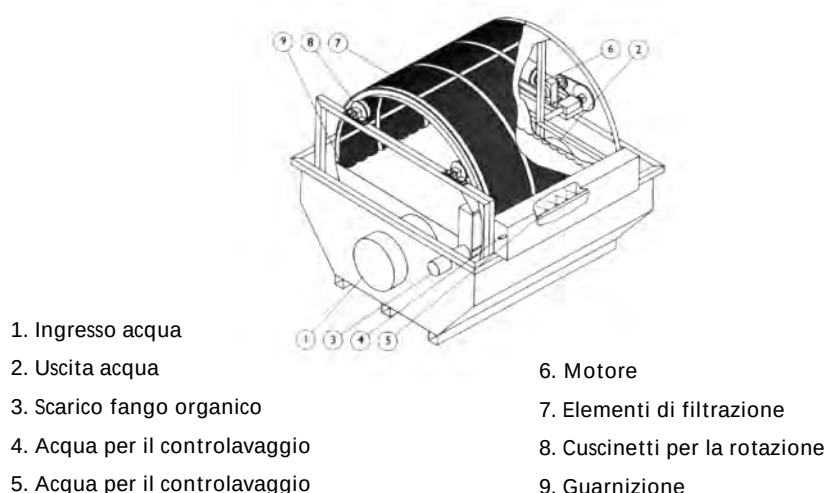
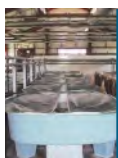


Fig. 3 - Filtro meccanico a tamburo, tipo "Hidronaut".

3.4.2 Filtro biologico

Fisicamente il biofiltro è costituito da una vasca, cilindro, silos o serbatoio, contenente materiale poroso sufficientemente inerte o *carrier*, il quale non è altro che un substrato di "supporto" per le colonie batteriche, con sviluppo variabile a seconda del materiale scelto, ma comunque con un elevato rapporto superficie/volume. Oltre ad ospitare le popolazioni batteriche, il *carrier* le mantiene in contatto con l'acqua continuamente ricambiata. L'acqua infatti trasporta il substrato nutriente per i batteri, costituito da azoto ammoniacale o nitroso, carbonio come CaCO_3 , oltre all'ossigeno, e rimuove i prodotti del metabolismo batterico, compresa la CO_2 .

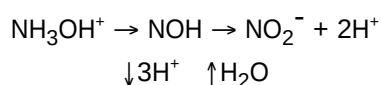
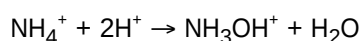
Il filtro biologico è il vero "cuore" del sistema a ricircolo, è in questa parte dell'impianto che vengono detossificati per ossidazione aerobica i cataboliti azotati, ammoniaca e nitriti, a nitrati. La digestione dell'ammoniaca avviene ad opera di batteri nitrificanti nei sistemi chiusi oppure ad opera di alghe in impianti all'aperto. L'ossidazione dell'azoto ammoniacale (N-NH_4^+) determina la formazione di azoto nitrico (N-NO_3^-), attraverso la formazione di un



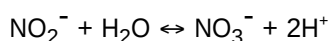
prodotto intermedio, l'azoto nitroso (N-NO_2^-). Poiché l'azoto ammoniacale indissociato e l'azoto nitroso risultano tossici per i pesci, la biomassa sostenibile (od il mangime "digeribile" nell'unità di tempo) in un allevamento a ricircolazione è limitata dal dimensionamento e dall'attività di ossidazione del biofiltro stesso.

I batteri coinvolti nel processo di nitrificazione attraverso due successive reazioni di ossidazione "in cascata", detti comunemente batteri nitrificanti, sono batteri autotrofi chemiosintetici (batteri chemiolitotrofici). Essi, diversamente dai batteri eterotrofi, derivano gli elementi e l'energia necessaria al proprio metabolismo da componenti inorganiche quali lo ione ammonio (fonte di azoto e di idrogeno), dai carbonati e bicarbonati (carbonio), dall'acqua e dall'aria (idrogeno). Le specie batteriche coinvolte nei processi di nitrificazione sono centinaia e necessitano tra l'altro di molibdeno quale "catalizzatore" della reazione.

Il primo processo ossidativo, prevede la trasformazione dell'azoto ammoniacale in azoto nitroso:



Tra i principali generi di batteri che mutuano tale reazione ricordiamo *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrospira*, *Nitrosocystis* e *Nitrosogloea*. Il genere *Nitrosomonas* risulta comunque il più importante ed in esso le specie *N. europaea* e *N. monocella* sembrano essere quelle più coinvolte nel primo processo di ossidazione. Questo primo processo ossidativo, possibile solo in presenza di ossigeno, risulta irreversibile. Il secondo processo ossidativo, tendente alla trasformazione dell'azoto nitroso in azoto nitrico, può essere descritto dalla seguente reazione:

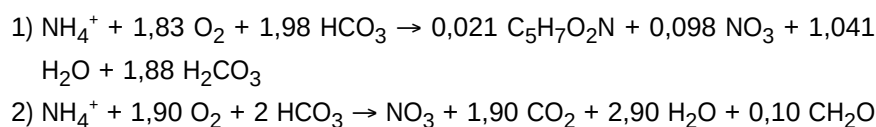


Tra i principali generi di batteri coinvolti nel secondo passaggio ossidativo ricordiamo *Nitrobacter* e *Nitrocystis*. Poiché le principali specie batteriche coinvolte appartengono al genere *Nitrobacter* (*N. agile* e *N. winogradskyi*), comunemente si indica tale genere come responsabile dell'ossidazione dell'azoto nitroso. Questo secondo processo ossidativo, anch'esso possibile solo in ambiente aerobico, a differenza del primo risulta reversibile; infatti in caso di anossia si verifica il passaggio inverso, ossia la riduzione dell'azoto nitrico ad azoto nitroso. In acqua salata, anche se effettivamente la tossicità dell'azoto



nitroso per i pesci è notevolmente ridotta per via della competizione tra ione nitroso e ione cloruro, la titolazione dei nitriti non deve comunque essere trascurata, in quanto proprio la dinamica di questa forma azotata, confrontata con le dinamiche dell'azoto ammoniacale e nitrico, fornisce importanti informazioni circa l'efficienza dei processi ossidativi, indicando una eventuale sofferenza del biofiltro stesso e la possibile presenza anche di altre molecole tossiche derivanti da degradazione anaerobica, quali H_2S e CH_4 .

Per sostenere il metabolismo batterico ovviamente, non è sufficiente la presenza di azoto, idrogeno e di ossigeno contenuti nell'ammoniaca e nell'acqua, ma altri elementi entrano nella reazione e vengono consumati, rendendo perciò necessaria la loro reimmissione nel sistema. Le reazioni che si verificano infatti includono un consumo di carbonio la cui risorsa è costituita dai carbonati e bicarbonati disciolti in acqua, secondo le due seguenti equazioni:

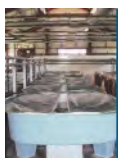


La stechiometria al biofiltro pertanto impone, per la completa nitrificazione dell'azoto ammoniacale, gli equilibri riportati nelle giuste proporzioni sulla tabella II, con conseguente necessità di neutralizzazione o rimozione dal sistema, nelle quantità indicate, di alcuni prodotti accumulati e di reintegrazione, con la stessa proporzione della tabella, delle sostanze consumate.

Tab. II - Equilibrio stechiometrico calcolato per l'ossidazione completa di un grammo di azoto ammoniacale (N-NH_4^+), secondo le reazioni 1) e 2) del testo (da: Lawson, T.B., 1995).

Composto	1)		2)	
	Consumato (g)	Prodotto (g)	Consumato (g)	Prodotto (g)
O_2	4,18		4,33	
H^+		1,98		1,98
CaCO_3 (Alcalinità)	7,14		7,14	
$\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ (cellule)		0,17		
CH_2O (cellule)				0,21
N-NO_3^-		4,34		4,43
H_2O		1,34		3,73
H_2CO_3		8,59		
CO_2				5,97

Quindi, l'ossidazione dell'azoto ammoniacale determina, oltre al consumo di ossigeno, una riduzione dell'alcalinità carbonatica, con produzione di nitrato, protoni, cellule batteriche, acqua, acido carbonico. La produzione di protoni



e di acidi determina nel sistema un abbassamento del pH che, se non controllato, si porterà su valori tali da non essere compatibili con una buona attività del biofiltro, ancorché compatibile con la vita delle specie ittiche allevate.

La crescita dei batteri nitrificanti risulta estremamente lenta; è calcolato che il tempo medio di generazione sia di 10-12 ore ed è in dipendenza della concentrazione di substrato disponibile nel sistema, espressa dalla equazione di Monod:

$$\mu = \mu_m \times \frac{S}{K_s + S}$$

dove:

- μ è lo *specific growth rate* dei batteri nitrificanti, espresso in litri per giorno;
- μ_m è il massimo *specific growth rate* dei batteri nitrificanti, espresso come sopra;
- S è la *residual growth-limiting substrate concentration*, espresso in g/m^3 ;
- K_s è la costante di saturazione numericamente uguale alla concentrazione di substrato alla quale $\mu = \mu_m/2$ (g/m^3) di azoto ammoniacale o nitroso.

Tale relazione spiega come mai, in fase di attivazione del biofiltro, i batteri del genere *Nitrosomonas* siano i primi a svilupparsi, determinando la diminuzione della concentrazione di azoto ammoniacale eventualmente presente, mentre lo sviluppo dei batteri appartenenti al genere *Nitrobacter* avvenga solo in un secondo tempo, dipendendo dal substrato di azoto nitroso (N-NO_2^-) che diviene disponibile grazie all'attività del genere *Nitrosomonas*. Le tabelle III e IV mostrano la costante di saturazione (K_s) ed il massimo *specific growth rate* per batteri nitrificanti al variare della temperatura ambientale. Da esse risulta evidente che le attività nitrificanti sono esaltate ad alte temperature. Le basse temperature, pur non arrestando il processo, si comportano da fattore inibente.

Tab. III - Costante di saturazione (K_s) e *specific growth rate* massimo (μ_m) per i batteri nitrificanti al variare della temperatura (Autori vari).

Genere	Temperatura (°C)	$K_s (\text{g N-NH}_4^+/\text{m}^3)$	μ_m (giorno ⁻¹)
<i>Nitrosomonas</i>	5	0,13	0,18
<i>Nitrosomonas</i>	10	0,23	0,29-0,30
<i>Nitrosomonas</i>	15	0,40-0,50	0,47-1,12
<i>Nitrosomonas</i>	20	0,73-1,00	0,65-2,00
<i>Nitrosomonas</i>	25	1,30-3,50	1,25
<i>Nitrosomonas</i>	30	10,00	1,20
<i>Nitrobacter</i>	25	5,00	-
<i>Nitrobacter</i>	28	5,00	-
<i>Nitrobacter</i>	30	6,00	-
<i>Nitrobacter</i>	32	8,4	-



Le attività del biofiltro vengono notevolmente influenzate dai fattori ambientali, di tipo chimico-fisico e da eventuali residui di farmaci dovuti a trattamenti farmacologici di tipo terapeutico o profilattico.

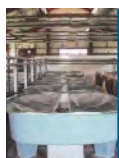
L'intervallo termico utile allo sviluppo della flora nitrificante è compreso entro 4-45°C, benché la temperatura ottimale sia compresa nell'intervallo 25-35°C. Conseguentemente a parità di condizioni generali, uno stesso biofiltro presenterà un maggiore rendimento nell'allevamento di specie ittiche termofile, sia d'acqua dolce che marina, piuttosto che nell'allevamento di specie frigofile. Esistono correlazioni positive tra quantità di azoto ammoniacale e quantità di azoto nitrico prodotto con la temperatura ambientale, espresse dalle seguenti equazioni:

$$\text{N-NH}_4^+ \text{ (mg l}^{-1} \text{ di acqua filtrata per giorno)} = 140 + 8,5^\circ\text{T} \text{ (r}^2 = 0,89),$$

$$\text{N-NO}_3^- \text{ (mg l}^{-1} \text{ di acqua filtrata per giorno)} = 63 + 9,9^\circ\text{T} \text{ (r}^2 = 0,82),$$

dove la temperatura °T è espressa in gradi centigradi.

Il pH e l'alcalinità carbonatica sono probabilmente i fattori che più di altri influenzano le performances dei batteri nitrificanti e sono strettamente correlati tra loro. Anche se tali batteri possono operare in un range di pH molto ampio (6-9) e, se lentamente adattati, possono sopportare anche pH estremi (5 e 10), la loro massima efficienza viene ottenuta in ambiente neutro o moderatamente alcalino (7-8). Quando il pH scende sotto 7, l'efficienza si riduce progressivamente. Il consumo di carbonati ha come conseguenza la riduzione della capacità tampone dell'acqua, a ciò si associa la cospicua produzione di protoni, causando un significativo abbassamento del pH. La minima concentrazione di alcalinità carbonatica necessaria per l'attività del biofiltro corrisponde a 20-50 mg l⁻¹ di CaCO₃. Per tale motivo, al fine di controllare il pH ambientale e l'alcalinità carbonatica, nei sistemi a ricircolazione si è soliti controllare l'aggiunta di carbonati in modo da stabilizzare il pH intorno a valori neutri o moderatamente alcalini, mantenendo contemporaneamente la concentrazione delle riserva tampone su valori uguali o superiori a 100 mg l⁻¹ di CaCO₃ (Tab. IV). Molti allevatori, al fine di incrementare ulteriormente la produzione malgrado le limitazioni imposte dal biofiltro disponibile, usano mantenere il valore del pH leggermente acido, scendendo a valori anche prossimi o poco inferiori a 6, in modo da ridurre quasi a zero la percentuale di ammoniaca indissociata rispetto al valore di ammoniaca totale.



Tab. IV - Sostanze alcaline utilizzate per tamponare il pH (da: Lawson, T.B., 1995).

Composto	Nome commerciale	Peso equivalente (g/eq)	Solubilità	Velocità di solubilizzazione
NaOH	Idrossido di sodio	40	Alta	Elevata
Na ₂ CO ₃	Carbonato di sodio	53	Alta	Elevata
NaHCO ₃	Bicarbonato di sodio	83	Alta	Elevata
CaCO ₃	Carbonato di calcio	50	Moderata	Modesta
CaO	Ossido di calcio	28	Alta	Modesta
Ca(OH) ₂	Idrossido di calcio	37	Alta	Modesta
CaMg (CO ₃) ₂	Dolomite	46	Moderata	Bassa
MgCO ₃	Carbonato di magnesio	42	Moderata	Bassa
Mg(OH) ₂	Idrossido di magnesio	29	Moderata	Bassa

In tali condizioni però l'efficienza di nitrificazione risulta ulteriormente ridotta e le elevate concentrazioni di azoto ammoniacale totale e di azoto nitroso sono testimoni della cattiva gestione.

Le specie azotate tossiche non solo per gli animali in allevamento ma anche per i batteri nitrificanti, sono rappresentate da azoto ammoniacale e nitroso. La tossicità dell'ammoniaca indissociata per *Nitrosomonas spp.* risulta compresa entro 10-150 mg l⁻¹, più sensibile *Nitrobacter spp.* 0,1 mg l⁻¹, mentre l'azoto nitroso risulta tossico ad 1 mg l⁻¹ in acqua dolce. Trattandosi di livelli superiori a quelli necessari ad esercitare l'azione tossica sul pesce, eventuali incrementi si riflettono prima su questi ultimi. Nella fase di maturazione del biofiltro, quando solitamente non vi sono animali nel sistema, sono necessarie aggiunte programmate di ammoniaca, effettuate per piccoli incrementi al fine di non inibire lo sviluppo delle popolazioni di *Nitrobacter*, responsabili del secondo passaggio ossidativo dell'azoto di origine ammoniacale.

L'ossigeno disciolto, ossia il primo fattore limitante del sistema, è anche quello più facilmente controllabile. Una concentrazione pari a 5-6 mg l⁻¹ è in grado di garantire una regolare attività di nitrificazione che sembra persistere anche per valori di ossigeno disciolto nell'ordine di 2 mg l⁻¹. Tuttavia è importante che tutto il letto di biofiltrazione venga ossigenato in modo uniforme. Una imperfetta ossigenazione di alcuni settori, causata da passaggi preferenziali dell'acqua, può infatti determinare lo sviluppo di germi anaerobi, con formazione di prodotti tossici anche a bassissime concentrazioni, (H₂S, NH₄). Eventuali interruzioni accidentali del flusso idrico, e quindi dell'ossigenazione, non sono immediatamente pericolose per l'integrità di un biofiltro maturo e ben stabilizzato, il quale può resistere senza danni apprezzabili anche ad un arresto di molte decine di minuti (ore in alcuni casi) della circolazione idrica.

La salinità dell'acqua non ha grandi ripercussioni sull'efficienza del biofiltro.

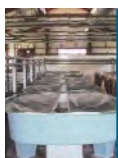


Normalmente, in sede di progettazione, si deve tenere conto che in ambiente marino le *performances* dei batteri nitrificanti risultano significativamente ridotte rispetto alle condizioni osservabili in acqua dolce. Anche la variazione di salinità non sembra comportare riduzione di efficienza nel caso in cui l'adattamento alle nuove condizioni avvenga lentamente ed in maniera progressiva. Inoltre i batteri nitrificanti sono in grado di sopportare variazioni in concentrazione salina fino a $\pm 5 \text{ g l}^{-1}$, senza che ne venga inficiata l'attività. Pertanto è possibile, in alcune situazioni particolari dell'allevamento di specie dulcacquicole, prevedere l'aggiunta di cloruro di sodio per ridurre gli effetti degli stress cui è soggetta la popolazione in allevamento, oppure al fine di ridurre la tossicità dello ione nitrito od ancora a scopo profilattico nei confronti di alcuni protozoi parassiti (*Icthyophthyrus spp.*), sensibili alla salinità dell'acqua.

Una elevata percentuale di sostanza organica di piccolo diametro in sospensione riesce a superare la filtrazione meccanica, perciò il particolato più fine sarà inevitabilmente intrappolato dal substrato di supporto per la crescita batterica e potrà essere rimosso mediante controlavaggio del biofiltro. Ciò eviterà che la pellicola organica possa andare ad interporsi tra i batteri nitrificanti ed il flusso d'acqua, causando strati anossici all'interno del biofiltro con sviluppo di batteri anaerobi. La necessità di attivare il controlavaggio sarà indicata da una eccessiva differenza di pressione tra ingresso ed uscita del biofiltro stesso.

La flora batterica nitrificante mostra le migliori *performances* in condizioni di buio totale. La luce infatti determina l'ossidazione del citocromo-C batterico, soprattutto nel genere *Nitrobacter*. Nei sistemi aperti alla superficie, si dovrà provvedere comunque ad una adeguata copertura con materiale oscurante, infatti la riduzione delle attività di nitrificazione è già osservabile a bassissime intensità di illuminazione.

La nitrificazione all'interno di un biofiltro è notevolmente influenzata dalle caratteristiche del biofiltro, quali il volume, l'area e l'altezza della colonna, quindi dal *carrier* e dal suo rapporto di sviluppo della superficie porosa rispetto al volume (m^2/m^3), dalla velocità di flusso idrico che lo attraversa. Questa deve infatti essere sufficiente a garantire che i batteri nitrificanti possano effettivamente giungere a contatto con il substrato organico da degradare e con l'ossigeno disciolto in acqua. L'acqua deve quindi poter vincere la resistenza che si interpone tra essa stessa e la parete batterica, creata dal film organico che si sviluppa con il tempo e che tenderebbe ad isolare la massa batterica. Allo stesso tempo la velocità di flusso non deve essere così imponente da impedire la colonizzazione batterica del substrato che li ospita.



Esistono in commercio molti *carrier* che differiscono per natura e per sviluppo del rapporto superficie/volume. Una classificazione dei *carrier* può essere effettuata sulla base della loro stessa natura ed in funzione del rapporto superficie/volume. Vengono utilizzati come *carrier* materiali di origine naturale (rocce calcaree, gusci di ostrica e di altri molluschi bivalvi, rocce di corallo frantumate, ghiaia, zeoliti, sabbia) e materiale plastico (sfere di plastica, spugne di poliuretano, altri materiali plastici). Lo sviluppo superficiale varia da 80 a 400 m²/m³ per i *carrier* definiti a "bassa densità" e da 400-2000 m²/m³ per quelli definiti ad "alta densità".

In ogni caso la capacità operativa di un biofiltro, espressa relativamente al volume totale, sarà proporzionale alla superficie a disposizione per le popolazioni batteriche. In acqua dolce, un metro quadro di superficie filtrante, una volta che la colonizzazione sia completata (biofiltro detto maturo), è in grado di nitrificare completamente 400 mg N-NH₄⁺/m² per giorno. Poiché un chilogrammo di un moderno mangime commerciale per pesci, a seconda della formulazione scelta, può originare 30-40 gr di azoto ammoniacale, per la sua completa degradazione occorreranno quindi circa 75-100 m² di superficie filtrante. In acqua salata, risultando meno efficiente la biofiltrazione, è necessario incrementare il valore almeno del 10%. Il dato deve essere comunque assunto con molta cautela, infatti con il procedere della nitrificazione, parte del materiale di riempimento può essere interessato da fenomeni di deposito di materiale gelatinoso organico di origine batterica (alginati) che compromettono l'attività batterica. In sede di progettazione quindi, può essere conveniente assumere in 100-120 m² lo sviluppo in superficie atto alla degradazione di un chilogrammo di mangime per biofiltri operanti in acqua dolce ed in 120-140 m² per la biofiltrazione in acqua marina o salmastra. Inoltre, prevedendo che parte del particolato in sospensione sfugga alla filtrazione meccanica, si deve calcolare un'ulteriore perdita di efficienza fino al 20%. La capacità complessiva di degradazione ammoniacale risulta ovviamente influenzata anche dalla velocità puntiforme del flusso idrico all'interno del biofiltro, dipendente oltre che dal flusso idrico potenziale dell'impianto, dalla perdita di carico originata dallo stesso materiale del *carrier* e dalla sua porosità, quindi dall'idrodinamismo distribuito sullo stesso. Velocità troppo elevate del flusso idrico possono disturbare la colonizzazione batterica, mentre velocità troppo basse ne possono causare sofferenza per insufficiente apporto di ossigeno o di nutrienti ed insufficiente rimozione dei cataboliti batterici. Il calcolo del flusso idrico minimo e massimo, in funzione del rapporto superficie/volume del *carrier*, può essere effettuato come segue:

Flusso idrico minimo ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) = $0,025 \times \text{m}^2/\text{m}^3$ del *carrier* x area del biofiltro
in m^2 ;

Flusso idrico massimo ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$) = $0,06 \times \text{m}^2/\text{m}^3$ del *carrier* x area del biofiltro
in m^2 .

Nel caso ad esempio di un biofiltro con una sezione di 10 m^2 equipaggiato con un *carrier* caratterizzato da una superficie di $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$, i flussi minimi e massimi da rispettare per avere la massima efficienza saranno:

Flusso idrico minimo = $0,025 \times 200 \times 10 = 50 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$;

Flusso idrico massimo = $0,06 \times 200 \times 10 = 120 \text{ m}^3 \text{h}^{-1}$.

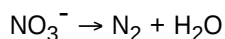
A seconda della tipologia del biofiltro si adotteranno comunque parametri diversi di calcolo.

3.4.3 Controllo dell'azoto nitrico

L'azoto nitrico prodotto dall'ossidazione aerobica tende ad accumularsi nel sistema a ricircolo. La produzione di azoto nitrico risulta proporzionale alla quantità di azoto ammoniacale ossidato in rapporto di 1:4,43. Da tale rapporto, possiamo evincere che la completa ossidazione dell'azoto ammoniacale derivato dal consumo di un chilogrammo di mangime, nell'ordine di 30-40 grammi, determina la produzione di 133-177 grammi di azoto nitrico.

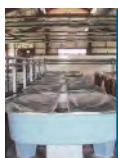
L'accumulo di azoto nitrico nel sistema può comportare, oltre certe concentrazioni, problemi fisiologici agli animali in allevamento, la cui sensibilità varia da specie a specie. Risulta essenziale quindi mantenere la concentrazione dei nitrati al di sotto di un certo parametro massimo che possiamo prudenzialmente indicare in 200 mg l^{-1} .

L'azoto nitrico può essere rimosso per diluizione, con parziale ricambio di acqua, oppure per riduzione anaerobica, con trasformazione dell'azoto nitrico in azoto gassoso ed acqua. Parte dell'acqua dell'impianto che ha accumulato i nitrati, viene stabulata in condizioni di anaerobiosi in uno speciale serbatoio, dove avviene prima la riduzione a nitriti, quindi l'azoto si trasforma in forma gassosa e può essere ceduto all'atmosfera. La reazione bruta, catalizzata da batteri anaerobi che garantiscono tale reazione quando la concentrazione di ossigeno in acqua è prossima a zero, può essere sintetizzata come segue:

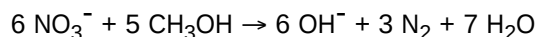


In realtà, l'insieme delle reazioni anaerobiche che si verificano, è ben più complesso, ed è necessario un apporto di carbonio, in forma di composti organici. Per esempio è possibile sfruttare il carbonio organico del materiale





in sospensione, prima del filtro meccanico. Tuttavia neanche questa sorgente di carbonio è sufficiente, perciò si usa aggiungere alcool metilico (CH_3OH) o altri prodotti ottenibili a basso costo. La reazione viene quindi ad essere così completata:

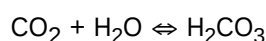


L'acqua, una volta trattata e liberata dall'azoto in genere con aerazione, viene quindi reintrodotta nel sistema di allevamento. L'arricchimento notevole in ioni OH^- , consentirà di controllare l'acidità causata dal processo di nitrificazione.

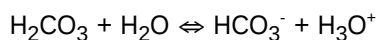
3.4.4 Controllo del pH e della CO_2

I processi ossidativi aerobici che avvengono in un sistema a ricircolazione determinano da un lato il consumo di ossigeno e dall'altro la produzione di anidride carbonica che deve essere eliminata poiché va ad interferire con la fisiologia delle specie ittiche allevate. Tale processo risulta determinato sia da parte del pesce allevato che da parte della flora nitrificante e deriva dal BOD del mangime impiegato.

Per quanto riguarda l'attività della flora nitrificante, in base ai dati stechiometrici, l'ossidazione completa di un chilogrammo di mangime commerciale secco, pari a 30-40 grammi di azoto ammoniacale, determina un consumo di 130-170 grammi di ossigeno, con un apporto di 180-240 grammi di anidride carbonica, il cui destino in acqua è quello di formare acido carbonico, secondo la seguente reazione il cui equilibrio è dipendente dal pH:



L'acido carbonico a sua volta reagisce con l'acqua formando bicarbonati e idrogenioni:



Più complesso risulta quantificare il consumo di ossigeno e la produzione di anidride carbonica da parte del pesce. Tali parametri infatti possono variare a seconda della specie considerata, della taglia, dello stato fisiologico dell'animale ed anche dalla temperatura ambientale a cui l'animale è sottoposto. Al fine di avere un parametro indiretto abbastanza vicino alla realtà, possiamo affermare che il consumo di un chilogrammo di mangime secco da parte del pesce, determina il consumo di circa 300 grammi di O_2 ossigeno e l'eliminazione di 360-420 grammi di CO_2 .

Inoltre, poiché per azione dell'attività batterica nitrificante vengono a ridursi i carbonati, principali sostanze tamponanti il pH del mezzo, ed ad accumularsi altre sostanze acide (H_3O^+), si comprende come il pH di un sistema a

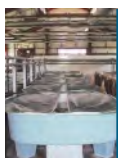


ricircuitazione, se non controllato, tenda a spostarsi su valori sempre più acidi. Dovranno pertanto essere adottate opportune misure al fine di allontanare l'anidride carbonica che altrimenti tenderebbe ad accumularsi nel sistema, e mantenere il pH entro un intervallo 7-8 e l'alcalinità carbonatica ($>50-400 \text{ mg l}^{-1}$) e comunque su valori ottimali sia per la specie allevata che per l'attività batterica nitrificante.

Per il mantenimento del pH e dell'alcalinità carbonatica entro parametri ottimali, si utilizzano sostanze basiche quali carbonati e bicarbonati (di sodio e di calcio) od idrossidi (di sodio, di calcio e di magnesio), il cui fabbisogno risulta in rapporto alla quantità di alimento utilizzato. Nel caso del bicarbonato di sodio (NaHCO_3), a seconda della percentuale di ricambio idrico giornaliero, occorrerà una dose compresa tra 0 e 200 grammi per chilogrammo di alimento distribuito.

L'allontanamento della CO_2 libera in eccesso si rende indispensabile onde evitare problemi di carattere fisiologico al pesce in allevamento, i quali si tradurrebbero prima in perdita di appetito, quindi in sbilanciamenti nell'equilibrio acido-basico. L'allontanamento o *stripping* del gas, si può ottenere mediante aerazione, cercando cioè di riportare in equilibrio con l'aria atmosferica i gas contenuti nell'acqua reflua dalle vasche. Nel caso in cui la nitrificazione venga effettuata mediante l'impiego di biofiltri non completamente o continuamente immersi, il contatto tra aria ed acqua che ne deriva potrà essere sufficiente ad allontanare tutta o quasi la CO_2 libera. Nel caso in cui vengano adottati biofiltri chiusi o comunque immersi, l'aerazione sarà indispensabile per lo *stripping* della CO_2 libera e potrà avvenire imprimendo aerazione forzata nella vasca di accumulo mediante l'ausilio di idonee macchine (aeratori a pale od a fungo), o facendo transitare il flusso idrico in torri di degassaggio a pioggia opportunamente studiate. Nell'uno o nell'altro caso la quantità di aria che deve essere utilizzata per ottenere una valida rimozione dell'anidride carbonica sarà rapportata all'anidride carbonica prodotta dai processi metabolici ed ossidativi per chilogrammo di alimento consumato, pari a 250 m^3 in caso di utilizzo di bicarbonati per il tamponamento del pH o 50 m^3 in caso di utilizzo di calce. L'eliminazione dell'anidride carbonica attraverso l'aerazione determina ulteriormente la diminuzione delle riserve tampone, in quanto la reazione di equilibrio tende a spostarsi a sinistra, con trasformazione delle riserve tampone in CO_2 .

Poiché la CO_2 libera è correlata positivamente con l'alcalinità carbonatica e negativamente con il pH, si dovranno gestire entrambi i parametri nel loro insieme, trovando il punto di equilibrio tra alcalinità carbonatica e pH, al fine di facilitare lo *stripping* del gas.



3.4.5 Disinfezione dell'acqua

Il rischio di introduzione dall'ambiente esterno di possibili patogeni (virus, batteri, funghi e parassiti) così come l'incremento esponenziale della concentrazione dei batteri eterotrofi che si sviluppano nell'impianto a causa dell'elevato contenuto in substrato organico, inducono ad un accurato controllo della concentrazione dei microorganismi in acqua. Infatti, anche i batteri eterotrofi totali, di per sé non patogeni, possono determinare eventi patologici quando la loro carica totale sfuggisse al controllo, soprattutto in concomitanza di fenomeni di stress a carico del lotto in allevamento. Il controllo totale, cioè la sterilizzazione completa, della carica degli organismi presenti in acqua risulta particolarmente oneroso e peraltro non necessario. Dal punto di vista pratico infatti, è sufficiente ridurre per quanto possibile la carica microbica con tecnologie che vanno dall'impiego di radiazioni UV all'ossidazione con ozono od altro forte agente ossidante, le quali permettono senza difficoltà un elevato abbattimento della carica eterotrofa totale (anche oltre il 99%).

Con le stesse tecnologie risulta tuttavia difficile un reale controllo degli agenti infestivi, quali protozoi e larve infestanti di metazoi, per i quali in particolare è necessario seguire strettamente rigorosi protocolli profilattici.

Radiazioni ultraviolette

Le radiazioni di tipo elettromagnetico vengono distinte, a seconda della loro lunghezza d'onda, in raggi infrarossi ($\geq 7.600 \text{ \AA}^{(1)}$), luminosi ($7.600\text{-}3.600 \text{ \AA}$), ultravioletti ($3.600\text{-}100 \text{ \AA}$), X, gamma e cosmici ($\leq 100 \text{ \AA}$). Le radiazioni ultraviolette, almeno per alcune lunghezze d'onda, hanno la proprietà di interagire con il DNA delle cellule viventi, più propriamente a livello delle basi puriniche e pirimidiniche, determinando danni irreversibili alla cellula stessa per frammentazione dell'acido nucleico. Il massimo dell'efficienza si ottiene per lunghezza d'onda pari a $2.537 \text{ \AA}$, equivalenti a $253,7 \text{ nm}^{(2)}$.

La radiazione ultravioletta degli sterilizzatori impiegati in acquacoltura è prodotta da bulbi a vapore di mercurio. La radiazione viene generata dal passaggio di un flusso di elettroni attraverso i vapori di Mercurio della lampada. Tali bulbi, dopo circa 7.500-8.000 ore di esercizio, vanno incontro ad esaurimento e quindi devono essere sostituiti.

La sensibilità dei microorganismi alla radiazione UV è variabile; per ogni specie viene indicata la specifica dose di radiazione UV necessaria per l'inattivazione.

⁽¹⁾ $\text{\AA}$ = Angstrom; $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$

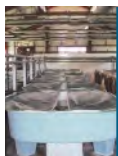
⁽²⁾ nm = nanometro; $1 \text{ nm} = 10 \text{ \AA} = 10^{-9} \text{ m}$



La dose è espressa come $\mu\text{ws}/\text{cm}^2$, indica la potenza necessaria in funzione del tempo di irradiazione (in secondi) e della superficie irraggiata. Mentre la potenza totale in μw è determinata dalle caratteristiche dell'impianto di sterilizzazione, cioè dal bulbo, il tempo di esposizione è dipendente dalla portata idrica, mentre l'area di contatto dipende dal progetto costruttivo della lampada che ne definisce l'area di contatto ottico con il film di acqua in transito. Nei moderni impianti, mentre non è possibile modificare l'area di contatto, la potenza prodotta è spesso regolabile e lo è sempre la portata del flusso idrico, quindi il tempo di contatto. Pertanto, a parità di potenza nominale, riducendo del 50% il flusso idrico attraversante il sistema, è possibile raddoppiare la dose, col raddoppio del tempo di contatto. L'efficacia sterilizzante di un sistema ad UV dipende poi dall'invecchiamento delle lampade, dalla pulizia dell'interfaccia radiante e dalla trasparenza agli UV dell'acqua da trattare. Mentre i solidi in sospensione riducono l'efficacia della lampada a causa dell'effetto *scattering* sul raggio, sostanze organiche disciolte, anche se trasparenti nel campo del visibile, possono presentare uno specifico assorbimento della luce UV, riducendo l'efficienza del trattamento disinfettante.

Tab. V - Dose di radiazione UV per la disinfezione di alcuni microorganismi (dati da: Lawson, T.B., 1995).

Virus	DLM ($\mu\text{ws}/\text{cm}^2$)
IPNV	150.000
IHV	2.000-3.000
Nodavirus	36.000
Channel catfish virus	2.000
Herpesvirus salmonis	2.000
Batteri	
<i>Aeromonas hydrophila</i>	5.000
<i>Aeromonas punctata</i>	4.000
<i>Aeromonas salmonicida</i>	4.000
<i>Vibrio anguillarum</i>	4.000
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	5.000
<i>Escherichia coli</i>	6.600
<i>Mycobacterium spp.</i>	10.100
<i>Pseudomonas spp.</i>	6.600-10.500
<i>Salmonella spp.</i>	7.600-15.200
<i>Streptococcus spp.</i>	3.800-8.800
<i>Staphylococcus spp.</i>	5.700-6.600
Funghi	
<i>Saprolegnia sp.</i> (ife)	10.000
<i>Saprolegnia sp.</i> (zoospore)	35.000



Tab. VI - Dose di radiazione UV per la disinfezione da alcuni parassiti (dati da: Lawson, T.B., 1995).

	Dimensioni (μm)	DLM (μws/cm ²)
<i>Trichodina sp.</i>	16 x 20	35.000
<i>Trichodina nigra</i>	22 x 70	159.000
<i>Sarcina lutea</i>	1,5	26.400
<i>Ichthyophthirius sp.</i> (tomite)	20-35	100.000-336.000
<i>Chilodonella cyprini</i>	35-70	1.008.400
<i>Paramecium sp.</i>	70-80	200.000

La sensibilità alle radiazioni UV di virus, batteri ed altri microorganismi, varia sensibilmente a seconda delle caratteristiche della specie, della dimensione e dello stadio in cui si presenta quando attraversati dal raggio. Per alcune specie è nota la Dose Letale o Dose Letale Media (DLM) (Tab. V-VI), in alternativa è possibile calcolare tentativamente il valore della DLM conoscendo il diametro cellulare massimo, col quale si calcola l'area di proiezione della cellula in μm²:

$$\text{Area di proiezione (μm}^2\text{)} = \pi [1/2 \text{ diametro (μm/2)}]^2.$$

Nel caso in cui ad esempio volessimo controllare un agente della dimensione massima di 24 μm, come è il caso di alcuni protozoi, l'area di proiezione sarà:

$$\text{Area di proiezione} = 3,14 (24/2)^2 = 452 \mu\text{m}^2$$

Una volta calcolata l'area di proiezione, si cerca su apposite tabelle il valore di potenza necessaria. Nel caso dell'esempio, l'area di proiezione coincide con un valore di circa 60.000 μws/cm².

In un impianto commerciale, con una lampada dimensionata con una potenza di 30.000 μws/cm² ad esempio, dovremo regolare il flusso idrico sulla superficie della lampada al fine di garantire la necessaria dose di 60.000 μws/cm². Per il calcolo si può fare riferimento alla seguente formula:

$$\text{Flusso idrico (l sec}^{-1}\text{)} = A/DLM$$

Dove:

A = Massimo flusso del sistema UV (l sec⁻¹) x potenza dell'impianto (mw/cm²)

D = Dose Letale Media

Assumendo di disporre di un impianto di radiazioni ultraviolette della potenza



di 30.000 $\mu\text{os}/\text{cm}^2$ per una portata idrica di 40 litri al secondo ($144 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$), connesso ad un sistema a ricircolazione della volumetria vasche pari a 216 m^3 per una superficie vasche pari a 144 m^2 (battente idrico pari a 1,5 metri), avremo un flusso idrico nel sistema tale che il ricambio idrico imposto alle vasche permetterà di rimuovere velocemente il particolato in vasca. In tali condizioni possiamo calcolare come il numero dei ricambi idrici giornalieri nelle vasche di allevamento sia pari a:

$$\text{Ricambi idrici giornalieri} = \frac{\text{portata sistema UV (m}^3 \text{ h}^{-1}) \times \text{ore giorno}^{-1}}{\text{Volume vasche di allevamento (m}^3)}$$

Cioè per l'esempio riportato:

$$\text{Ricambi idrici giornalieri} = \frac{144 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \times 24 \text{ h}}{216 \text{ m}^3} = 16$$

Quindi, il settore di allevamento avrà un rinnovo di acqua ogni 1,5 ore.

Nel caso che accidentalmente sia penetrata nell'impianto una specie protozoaria delle dimensioni riportate nell'esempio precedente, caratterizzata da una DLM pari a 60.000 $\mu\text{os}/\text{cm}^2$, applicando la formula precedente, avremo:

$$\text{Flusso idrico (litri sec}^{-1}) = \frac{40 \text{ litri sec}^{-1} \times 30.000 \mu\text{os}/\text{cm}^2}{60.000 \mu\text{os}/\text{cm}^2} = 20 \text{ litri sec}^{-1}$$

Al fine quindi di disinfettare l'acqua reflua dalle vasche di allevamento, dovremo ridurre il flusso idrico del 50%, in modo da ottenere la potenza di sterilizzazione necessaria per il controllo del parassita introdotto.

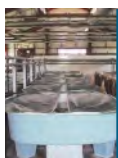
Quindi anche il numero di ricambi idrici giornalieri nelle vasche di allevamento verrà ridotto del 50%:

$$\text{Ricambi idrici giornalieri} = \frac{72 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1} \times 24 \text{ h}}{216 \text{ m}^3} = 8$$

per cui il rinnovo dell'acqua avverrà non più ogni 1,5 ore, ma ogni 3 ore.

Ozono

L'ozono è una molecola gassosa a tre atomi di ossigeno (O_3) che si dissocia facilmente, generando molecole reattive (O^*2 e H_2O_2) ad alto potere ossidante. La sua azione si esplica pertanto nell'ossidazione del materiale



organico presente nell'acqua con cui entra a contatto, sia disciolto che particolato, compresi i microorganismi nei quali provoca ossidazione diretta della parete o della membrana cellulare. L'efficacia dell'attività dell'ozono dipende dalla sua concentrazione in acqua e dal tempo di contatto. Più elevato è il contenuto in materiale organico, più elevata sarà la concentrazione iniziale richiesta, a parità di tempo di contatto. In un sistema a ricircolazione idrica, la concentrazione di ozono residuo in acqua deve essere tale da non danneggiare il pesce in allevamento od i batteri del biofiltro. Si assume comunemente che la concentrazione massima di ozono residuo nell'acqua destinata alla stabulazione di pesce sia $0,002 \text{ mg l}^{-1}$, se sono previste esposizioni croniche.

Negli impianti di scala commerciale ove la quantità di ozono richiesta è molto alta, gli ozonizzatori producono ozono per iniezione di aria secca, od ancor meglio ossigeno puro, tra due superfici parallele tra le quali viene generata una scarica elettrica ad alto voltaggio. L'ozono può inoltre essere prodotto grazie anche a radiazioni ultraviolette della lunghezza d'onda di 100-200 nm. In tali sistemi, a bassa efficienza per cui utilizzati solo in piccoli impianti, la radiazione ultravioletta scinde l'ossigeno gassoso (O_2) in due atomi di ossigeno (O^*) che combinandosi con altre due molecole di ossigeno gassoso, formano altrettante molecole di ozono. L'efficacia dell'ozono come ossidante è dipendente, oltreché dalla dose e dal tempo di contatto, anche da alcuni fattori ambientali. Tra di essi ricordiamo la concentrazione di materiale organico disciolto e particolato (correlazione negativa), pH (correlazione negativa), salinità (correlazione negativa) e temperatura.

Tab. VII - Dose e tempo di contatto dell'ozono nel controllo di alcune *noxae* patogene (da Autori vari).

	Dose (mg l^{-1})	Tempo di contatto
<i>Yersinia ruckeri</i>	0,01	30"
<i>Aeromonas salmonicida</i>	0,01	10'
IHNV	0,2	10'
<i>Escherichia coli</i>	0,1	5"
<i>Enterococcus seriolicida</i>	0,111	1'
<i>Pasteurella piscicida</i>	0,063	1'
<i>Vibrio anguillarum</i>	0,064	1'
Eterotrofi in acqua di mare	0,2-0,6	1'
<i>Saprolegnia</i> sp.*	0,03	-
Nodavirus**	4,0	30"

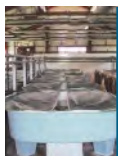
* prevenzione nelle uova embrionate

** prevenzione nelle uova embrionate di Halibut Atlantico

La dose ed il tempo di contatto per la maggior parte dei patogeni sono mostrati nella Tab. VII. In un allevamento a ricircolazione idrica, dove molti sono i fattori che vanno a modificare l'efficienza ossidante dell'ozono, primo tra tutti il contenuto organico totale del mezzo idrico, può essere difficile per l'allevatore sapere quale sia la giusta dose di ozono da iniettare nel sistema. Occorre cioè avere un parametro di facile riscontro su cui basarsi per stabilire la giusta dose di ozono. Nel caso di un allevamento a ricircolazione per l'allevamento di trota iridea, viene indicato come per ogni chilogrammo di alimento distribuito sia necessaria l'iniezione di 25 grammi di ozono. Un approccio più sicuro rimane comunque il monitoraggio della concentrazione di ozono residuo nell'acqua di allevamento.

Indirettamente, può essere monitorato il potenziale di ossido-riduzione (*redox*), il quale deve essere mantenuto in valori compresi tra 250 e 350 mV (optimum 300-350 mV). Valori inferiori (<250 mV) indicano come la concentrazione di materiale organico, e quindi potenzialmente la concentrazione di microorganismi, sia troppo elevata. Valori *redox* superiori ai 350 mV indicano invece che la concentrazione degli agenti ossidanti, e quindi di ozono, sia eccessiva, con potenziale rischio per gli animali in allevamento.





Bibliografia

- Barnabé G. (1990). *Aquaculture, Vol. I & II*. Ellis Horwood Ltd., Chichester.
- Boyd C.E., Tucker C.S. (1998). *Pond Aquaculture water Quality Management*. Kluwer Ac. Publ., Boston.
- Chen S., Stechey D., Malone R.F. (1994). *Suspended solids control in recirculating aquaculture systems*. In: Timmons M.B., Losordo T.M. (Eds), *Aquaculture water reuse systems: Engeneering design and management*. Elsevier, Amsterdam: 61-100.
- Wheaton F.W., Hoccheimer J.N., Kaiser G.E., Kronos M.J., Libey G.S., Easter C. (1994). *Nitrification filter principles*. In: Timmons M.B., Losordo T.M. (Eds), (1994). *Aquaculture water reuse systems: Engeneering design and management*. Elsevier, Amsterdam: 101-126.
- Lawson T.B (1995). *Fundamentals of Aquaculture Engeneering*. Chapman & Hall, New York.
- Timmons M.B., Losordo T.M. (Eds) (1994). *Aquaculture water reuse systems: Engeneering design and management*. Elsevier, Amsterdam.
- Saroglia M., Ingle E. (Eds) (1992). *Tecniche di Acquacoltura*. Edagricole, Bologna.
- Wedemeyer G.A. (1996). *Physiology of fish in intensive culture systems*. Chapman & Hall, New York.

3.5 L'OSSIGENAZIONE DELLE ACQUE

M. Saroglia

Il controllo dell'ossigenazione è essenziale per qualsiasi tipo di allevamento acquatico (Fig. 1). La sorgente più comune di ossigeno è l'aria ma in acquacoltura intensiva è sempre più comune l'impiego di ossigeno puro, stoccato in forma liquida all'interno di appositi serbatoi, oppure autoprodotta mediante speciali macchine che lo separano per filtrazione molecolare dagli altri gas dell'aria. A seconda che si utilizzi aria od ossigeno puro, verranno impiegate differenti tecnologie e macchinari per il dissolvimento del gas in acqua.

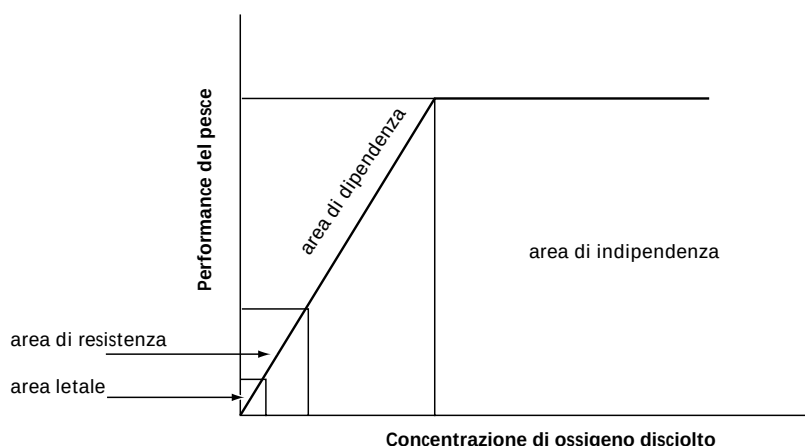
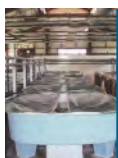


Fig. 1 - *Performance* del pesce in funzione della disponibilità di ossigeno disciolto (DO). Superata la soglia letale, il pesce è in grado di compensare, resistendo alla condizione di ipossia, sia pure con importante dispendio energetico. Con l'aumentare della concentrazione di ossigeno, il pesce entra in un'area di "dipendenza": le sue *performance* quali la crescita ponderale, la conversione del mangime ed altre funzioni fisiologiche, dipendono dalle variazioni di DO. Superata l'area di dipendenza, incrementi del valore di DO non producono ulteriori vantaggi apparenti sulla *performance* del pesce. Le grandezze sulle ascisse e sulle ordinate variano in funzione della specie e dei parametri presi in esame, tuttavia in pratica si può assumere che la soglia di dipendenza corrisponda al 90-95% del valore di saturazione, mentre la soglia di resistenza sia compresa tra 60-70% del valore di saturazione.

3.5.1 Teoria dei gas disciolti in acqua

L'atmosfera è composta per il 20,946% di ossigeno (O_2), 78,084% di azoto (N_2), 0,934% di argon (Ar), 0,032% di anidride carbonica (CO_2) e tracce di altri gas. La pressione atmosferica o pressione barometrica (BP) che ne risulta è uguale alla somma delle pressioni parziali dei vari gas (legge di Dalton).





La pressione parziale di un gas contenuto in una miscela gassosa è direttamente proporzionale alla frazione molare del gas; per esempio, la pressione parziale dell'ossigeno in aria secca sarà:

$$P(O_2) = BP \times \chi(O_2) = 760 \times 0,20946 = 159,2 \text{ mmHg}$$

La solubilità di un gas in acqua distillata dipende dalla frazione molare dello stesso gas e dalla sua solubilità ad una data pressione atmosferica e temperatura. Ad esempio, la solubilità dell'ossigeno in acqua dolce a 15°C, alla pressione di 760 mmHg, è di 48,14 mg/l, quella dell'azoto è pari a 20,95 mg/l, mentre quella dell'anidride carbonica è 1992,53 mg/l.

Dato che l'atmosfera contiene vapore acqueo (H₂O) oltre ai gas menzionati, la pressione parziale di un gas (P_i) espressa in mmHg sarà espressa da:

$$P_i = \chi_i (BP - VP) / 760$$

dove “ χ_i ” rappresenta la frazione molare del dato gas nella miscela e “VP” la pressione di vapore acqueo nell'atmosfera che varia con la temperatura, essendo rispettivamente pari a circa 6,5 mmHg a 5°C, 9,2 mmHg a 10°C, 17,5 mmHg a 20°C e 31,8 mmHg a 30°C. Quando l'aria è in contatto con l'acqua, l'ossigeno entra nella fase liquida, fintanto che la sua pressione o tensione in acqua non eguaglia la pressione parziale dello stesso gas in aria. La concentrazione di ossigeno all'equilibrio, anche detta concentrazione di saturazione (C_s), è riportata in funzione di alcuni fattori ambientali sulla tabella I.

Tab. I - Solubilità dell'ossigeno in acqua (C_s), in funzione della temperatura e della salinità, alla pressione totale di 760 mmHg ed atmosfera di aria secca. Le concentrazioni di saturazione sono espresse in mg/l.

Temp. (°C)	Salinità (g/l)				
	0	10	20	30	35
10	11,3	10,6	9,9	9,3	9,0
12	10,8	10,1	9,5	8,9	8,6
14	10,3	9,7	9,1	8,6	8,3
16	9,9	9,3	8,7	8,2	8,0
18	9,5	8,9	8,4	7,9	7,6
20	9,1	8,5	8,0	7,6	7,4
22	8,7	8,2	7,8	7,3	7,1
24	8,4	7,9	7,5	7,1	6,9
26	8,1	7,6	7,2	6,8	6,6
28	7,8	7,4	7,0	6,6	6,4

Temperatura, pressione totale e salinità influiscono sulla solubilità dei gas in acqua: il valore di C_s aumenta proporzionalmente con la pressione e diminuisce con l'aumentare di temperatura e salinità.



Sistema di stoccaggio di ossigeno liquido. Foto di M. Rampacci.

Col variare della pressione barometrica, la concentrazione di saturazione (C_s') varia come segue:

$$C_s' = C_s(BP - VP) / (760 - VP)$$

Tuttavia, nella pratica, la pressione di vapore acqueo può quasi sempre essere trascurata:

$$C_s' = C_s(BP) / 760$$

Il calcolo è tuttavia valido solo per lo strato superficiale dell'acqua, in quanto la pressione idrostatica influisce notevolmente sulla solubilità del gas. Inoltre la pressione barometrica varia notevolmente con l'altezza sul livello del mare (MSL) e con le variazioni metereologiche, influenzando sul valore di C_s . In assenza di un barometro, la correzione per l'elevazione sul MSL si può calcolare con la formula empirica:

$$\text{Log BP} = (2,880814 - E) / 19,748,2$$

Dove "E" rappresenta l'altitudine espressa in metri.

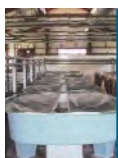
In qualsiasi punto al di sotto della superficie, la pressione totale è superiore al valore di BP, per via del peso della colonna d'acqua o pressione idrostatica (HP), quindi il valore di pressione totale (TP) sarà dato da:

$$TP = BP + HP$$

Il valore di HP, assunto generalmente con approssimazione pari a una atmosfera ogni 10 m di colonna d'acqua, è calcolabile con maggiore precisione dalla:

$$HP = \gamma Z$$

Dove " γ " rappresenta il peso specifico dell'acqua in kg/m^3 e "Z" la profondità



in metri. Il valore di HP espresso in mmHg, aumenta di 73,42 unità per ogni metro di profondità, mentre la solubilità dei gas in acqua dolce raddoppia approssimativamente ogni 10 metri di colonna d'acqua alla temperatura di 20°C. La saturazione dei gas alla profondità Z sarà pertanto:

$$C_{S(Z)} = C_s(TP - VP) / (760 - VP)$$

ovvero, trascurando la pressione del vapore acqueo:

$$C_{S(Z)} = C_s(BP + \gamma Z) / 760$$

La condizione nella quale la concentrazione misurata di ossigeno in acqua (C_m) eguaglia il valore di C_s , è detta di saturazione del gas, tuttavia il valore di DO può frequentemente essere inferiore o superiore a C_s , pertanto l'acqua sarà definita insatura o sovrassatura in O_2 , rispettivamente. Il valore di saturazione percentuale si calcola dalla:

$$\text{saturazione (\%)} = 100 \times C_m / C_s$$

Se da un lato bassi valori di saturazione in ossigeno (ipossia od anossia) causano problemi al pesce, riconducibili ad un insufficiente trasporto del gas ai tessuti, l'eccesso di saturazione può comportare conseguenze traumatiche che vanno sotto il nome di embolia gassosa, *Gas Bubble Disease* (GBD), o *Gas Bubble Trauma* (GBT). L'eccesso di gas in acqua e nel sangue causa il rilascio di microbolle o emboli gassosi nel circolo ematico, i quali possono a loro volta causare problemi alla circolazione, incluse embolie ischemiche o veri e propri infarti ai tessuti ed organi posti nel circolo a valle dell'embolia gassosa. Se limitati valori di sovrassaturazione gassosa possono essere tollerati dal pesce sebbene per brevi periodi di tempo, concentrazioni elevate o persistenti causano lesioni gravi a vari organi, conducendo a morte l'animale. L'embolia si osserva in realtà quando la sovrassaturazione è relativa alla somma totale delle pressioni parziali dei vari gas (TGP) presenti, anziché di un solo gas. Il valore di TGP rappresenta la differenza tra la pressione barometrica e la pressione totale dei gas (ΔP) misurata in un punto nell'acqua con un adeguato strumento chiamato saturometro o tensionometro:

$$TGP = BP - \Delta P$$

esprimibile come percentuale della pressione barometrica:

$$TGP (\%) = 100 \times (BP - \Delta P) / BP$$

Tralasciando la presenza dei gas rari, compreso l'argon, includendo tuttavia l'anidride carbonica che nelle acque dell'allevamento può raggiungere valori considerevoli, il valore di ΔP , inteso come la differenza tra TGP e BP, sarà:

$$\Delta P = P(O_2) + P(N_2) + P(CO_2) + VP - BP$$



Conoscendo il valore di ΔP , è possibile calcolare la pressione di N_2 in acqua, misurando la concentrazione di O_2 , CO_2 , BP e ricavando dalle apposite tabelle il valore di VP. Il valore di concentrazione dei singoli gas può essere convertito nelle equivalenti pressioni parziali, utilizzando i fattori di moltiplicazione riportati nella tabella II.

Il valore di ΔP è generalmente misurato nell'acqua di superficie ed è influenzato dalla sola pressione barometrica, mentre il valore di ΔP cui è sottoposto il pesce, uguale alla differenza tra TGP e pressione totale del punto in cui esso si trova (BP + HP), è detto ΔP non compensato ed è uguale a:

$$\Delta P_{\text{non compensato}} = \Delta P - \gamma Z$$

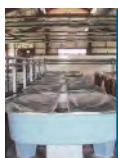
ovvero:

$$TGP_{\text{non compensato}}(\%) = 100 \times (BP + \Delta P) / (BP + \gamma Z)$$

Tab. II - Fattori di moltiplicazione per convertire le concentrazioni dei gas in acqua (mg/l) in pressione parziale (mmHg), in funzione della temperatura dell'acqua.

Temperatura	O_2	N_2	CO_2
5	12,363	28,937	0,2695
10	13,938	32,312	0,3218
15	15,535	35,676	0,3793
20	17,130	38,974	0,417
25	18,699	42,156	0,5084
30	20,218	45,175	0,5789

Il valore di γ è espresso in mmHg per metro di profondità e dipende sia dalla temperatura che dalla salinità dell'acqua, ricordando che a 20°C il suo valore è pari a 74,3 mmHg per metro e che pertanto i valori di $\Delta P_{\text{non compensato}}$ e $TGP_{\text{non compensato}}$ diminuiscono rispettivamente di 74,3 mmHg e 10,7% per ogni metro di profondità. La posizione del pesce nella colonna verticale ha grande importanza nella sua capacità di tollerare sovrassaturazioni gassose e l'immersione, anche di soli pochi metri, può compensare sovrassaturazioni altrimenti letali. Le microbolle che si liberano nel circolo ematico non appena il valore interno di $\Delta P_{\text{non compensato}} > 0$, possono essere più o meno tollerate a seconda della specie, dell'età, dell'attività, della qualità dell'acqua e del tempo di esposizione. A titolo puramente indicativo, un criterio di qualità per la protezione delle specie più sensibili è per un valore massimo di ΔP di 10 mmHg. Tale valore può eventualmente aumentare nel caso in cui la sovrassaturazione sia dovuta solamente alla presenza dell'ossigeno in eccesso ovvero quanto il rapporto N_2/O_2 risulta inferiore a 3,77, valore che rappresenta il rapporto caratteristico tra i due gas in aria atmosferica.



3.5.2 Fabbisogno di ossigeno

Il fabbisogno di ossigeno o domanda di ossigeno nell'allevamento (Fig. 2) è determinato dall'attività metabolica del pesce presente, oltre che degli organismi commensali e della flora batterica, quest'ultima particolarmente importante nei sistemi a ricircolo delle acque dotati di biofiltro. Di conseguenza, sebbene il fabbisogno di ossigeno possa essere stimato semplicemente sulla base della biomassa ittica presente e della domanda relativa di ossigeno nell'unità di tempo nelle particolari condizioni ambientali ($\text{mgO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), una corretta valutazione sul fabbisogno di ossigeno, specialmente in un sistema a ricircolo, si può effettuare solo partendo dalla conoscenza della quantità di mangime distribuito. La domanda di ossigeno infatti dipende essenzialmente dalla razione distribuita e dal tipo di mangime impiegato, dalla sua digeribilità, oltre che naturalmente dalla temperatura. Il fabbisogno relativo di ossigeno per il mangime (*oxygen-feed ratio* od OFR), ossia la quantità in massa di ossigeno richiesta per unità di mangime consumato ($\text{mg O}_2/\text{kg}$ mangime), si può calcolare come rapporto tra l'energia metabolizzabile (Me) e valore calorico equivalente dell'ossigeno (Qox), ossia la quantità di calorie prodotte dal substrato per unità di massa dell'ossigeno consumato (kcal/g O_2):

$$\text{OFR} = \text{Me} / \text{Qox}$$

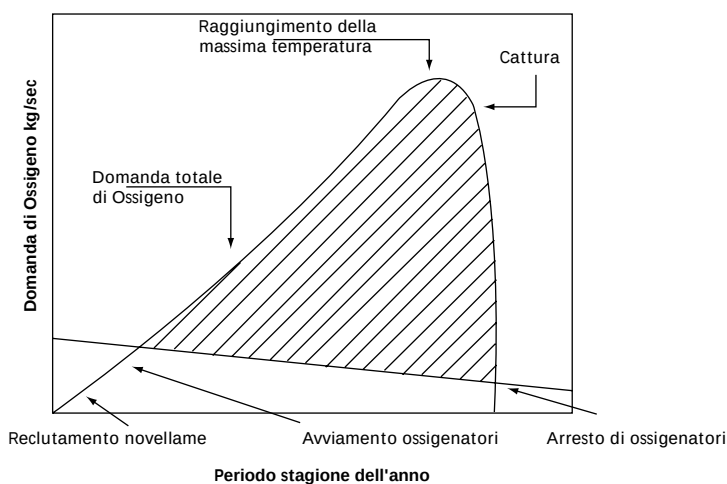


Fig. 2 - Fabbisogno di ossigenazione in funzione del ciclo produttivo aziendale, lungo un ciclo annuale in clima temperato (da: Lawson, 1995, *riadattato*).

Alcuni autori raccomandano per Qox un valore di 3,24 kcal/g O_2 , pertanto assumendo per il mangime un valore di energia metabolizzabile pari a 2,6-3,6 kcal/g, il valore di OFR per una dieta di mantenimento sarà 0,8-1,11 kg O_2/kg di mangime secco. Per mangime con un valore di Me pari a 2,6 kcal/g, umidità del 10 o del 40% rispettivamente, il valore di OFR sarà 0,72 oppure



0,48 kg O₂/kg di mangime, nello stesso ordine. Noto il valore di OFR e la dimensione della razione (R), il fabbisogno medio giornaliero di ossigeno in kg O₂/giorno sarà:

$$\text{fabbisogno medio giornaliero di O}_2 = \text{OFR} \times R$$

Nella realtà dell'allevamento, dove le condizioni non sono semplicemente di mantenimento ma di crescita, il vero fabbisogno di ossigeno sarà più elevato e sarà determinato dalla dimensione della razione massima distribuita.

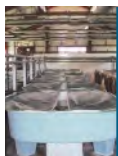
Mentre per i Salmonidi il valore di OFR è riportato in circa 0,20 kg O₂/kg mangime, per i pesci termofili (pesce gatto e apparentemente per i pesci mediterranei), il valore di OFR riscontrato in condizioni di laboratorio raddoppia, mentre per allevamenti intensivi raggiunge un rapporto di 1:1, ossia 1,0 kg O₂/kg mangime. I più elevati fabbisogni rilevati in campo per pesci termofili potrebbe essere spiegato da vari parametri, tra i quali un più elevato valore di Me, minore percentuale di umidità nel mangime, ridotta efficienza dell'ossigenazione, consumo di ossigeno da parte della flora batterica che degrada ammoniaca e sostanza organica residua, maggiore attività del pesce, diverso comportamento alimentare.

Già dall'orario in cui è "attesa" l'alimentazione e per alcune ore (4-6), a seconda del numero dei pasti in cui è suddivisa la razione, si verifica un picco nella domanda di ossigeno da parte del pesce, dovuto ai processi comportamentali e digestivi. Per compensare tale fenomeno, è opportuno prevedere, nelle ore di massima domanda, una quantità di ossigeno disponibile superiore di circa 1,44 volte rispetto al valore di fabbisogno giornaliero medio precedentemente calcolato. La domanda di ossigeno comunque varia nel corso del ciclo produttivo, in funzione della biomassa in allevamento e del variare della temperatura stagionale, oltre che delle condizioni generali del pesce.

Negli allevamenti si dovrà calcolare il fabbisogno di ossigeno tenendo conto della quantità trasferita dall'acqua in ingresso che potrà pertanto essere sottratta al fabbisogno complessivo:

$$\text{O}_2 \text{ con acqua alimento} = 86,4 \text{ Qw}(\text{DOin} - \text{DOout})(10)^{-6}$$

Dove Qw rappresenta il flusso di acqua in l/min, mentre DOin e DOout rappresentano la concentrazione di ossigeno disciolto rispettivamente all'ingresso ed all'uscita dell'azienda, espresso in mg/l. Il valore di DOin può essere assunto, salvo diversa condizione nota, in 0,9 Cs, mentre per il calcolo del valore di DOout bisogna tenere presente che l'acqua restituita all'ambiente deve essere compatibile con la vita nelle acque libere e con le leggi vigenti nei vari paesi. Ad ogni modo ed a scopo precauzionale, onde evitare che tra



i pesci selvatici nei canali di restituzione o nelle immediate vicinanze dell'azienda si verifichino fenomeni patologici i quali potrebbero ripercuotersi sull'allevamento stesso, si raccomanda di prevedere un valore di DO_{out} non inferiore al 70% del valore di saturazione, ovvero 5-6 mg/l, a seconda della temperatura, pressione e salinità. Per differenza sarà pertanto possibile prevedere il fabbisogno giornaliero di ossigeno nell'azienda, in funzione del ciclo produttivo e della stagione in corso.

Un discorso diverso deve essere fatto per i sistemi a ricircolo, nei quali tutto il fabbisogno di ossigeno deve essere immesso attraverso aerazione od ossigenazione con gas puro. Eventuali cascate presenti nell'impianto, quali sistemi di degasazione per l'eliminazione della CO₂, potrebbero di fatto arricchire l'acqua in ossigeno atmosferico, tuttavia per via dei rendimenti limitati e per il rischio di introdurre sovrassaturazione gassosa da azoto atmosferico, i sistemi di aerazione sono da sconsigliare negli impianti chiusi o semichiusi, nei quali tra l'altro l'elevata densità di biomassa è una caratteristica pressoché costante.

Esempi di calcolo:

1) Si vuole determinare il flusso di acqua richiesto per mantenere il valore di DO in uscita a 5 mg/l in una vasca a *raceway* contenente 12.000 spigole di taglia media 0,3 kg, se i pesci sono alimentati con 1,5% del peso corporeo al giorno, e la concentrazione di ossigeno all'ingresso è di 8 mg/l.

La quantità di alimento fornita sarà:

$$F = 12.000 \times 0,3 \times 0,015 = 54 \text{ kg/giorno}$$

La disponibilità di ossigeno sarà pari alla differenza tra ingresso ed uscita, quindi: $8 - 5 = 3 \text{ mg/l}$

Utilizzando un valore di $K = 300$, la quantità di acqua necessaria sarà:

$$QW_{(oxy)} = 300 \times 54 / 3 = 5400 \text{ l/min ovvero } 90 \text{ l/sec}$$

2) Nel caso si desideri ridurre il consumo relativo di acqua, ovvero si desideri aumentare la produttività aziendale con la stessa disponibilità di acqua, si potrà intervenire con l'aerazione:

applicando una potenza di aerazione di 4 kw/h, in acqua satura ad oltre l'80%, dalla pratica si potranno apportare circa 800 g/h di ossigeno, pari a $19,2 \times 10^3 \text{ g O}_2/\text{giorno}$.

Il nuovo valore sostenibile di F sarà quindi:

$$F = \sum \text{O}_2/\text{giorno (g)} / K, \text{ ossia: } (3 \times 90 \times 3600 \times 24 / 1.000) + 19,2 \times 10^3 / 300 = 141,76 \text{ kg/giorno}$$



La nuova biomassa totale di pesce potrà pertanto essere: $B = F / R$, ossia: $141,7 / 0,015 = 9450$ kg, contro i precedenti 3.600 kg ($12.000 \times 0,3$) dell'esempio precedente.

3) Intervenendo con l'ossigenazione in alternativa all'aerazione:

sciogliendo parte nell'acqua ingresso e parte in vasca un totale di 10 mg di ossigeno per ogni litro di acqua che entra, mantenendo Q_w pari a 90 l/sec, si avrà la disponibilità di 13 mg O_2/L . Tale quantità corrisponde ad un totale di: $13 \times 90 \times 3600 \times 24 / 1000 = 101,08 \times 103$ g $O_2/giorno$

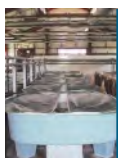
Dividendo per il valore di K si avrà: $101,08 \times 103 / 300 = 339,3$ kg mangime distribuibile per giorno, ossia una produttività di $339,3 / 54 = 6,28$ volte superiore a quella ottenibile senza aerazione supplementare e 2,39 volte superiore al caso in cui venga operata l'ossigenazione mediante semplice aerazione.

Nota

Occorre rilevare che in questo esempio sono stati adottati parametri precauzionali, in quanto la quantità di ossigeno iniettabile potrebbe essere ulteriormente incrementata, e di conseguenza la produzione, senza peraltro raggiungere il successivo fattore limitante costituito dalla concentrazione di ammoniaca prodotta dal metabolismo dei pesci. Infatti, considerando il flusso idrico giornaliero $Q_w = 90 \times 3.600 \times 24 / 1.000 = 7.776$ m³, desiderando mantenere una quantità di ammoniaca indissociata ($N-NH_3$) non superiore a 0,07 mg/l, assumendo un valore di pH = 8,0; temperatura 20°C; salinità 36 g/l, valori per i quali la percentuale di $N-NH_3$ è pari a 2,98 5% del valore di TAN o Azoto Ammoniacale Totale ($N-NH_{3+4}^+$), si potrà raggiungere una concentrazione di $N-NH_{3+4}^+$ fino a 2,35 mg/l. Questo valore, moltiplicato per i 7.776 m³ della portata idrica giornaliera, corrisponde a $18,273 \times 103$ g TAN. Utilizzando un mangime con il 45% di proteina grezza, assumendo un valore di NPU (*Net Protein Utilization*) pari al 40%, si può calcolare il valore di TAN corrispondente all'utilizzo di 1 kg di mangime, come segue:

$$TAN = (1,0 - NPU)(\%proteina / 6,25) \times 1.000$$

Ossia: $TAN = (1-0,4)(0,45 / 6,25) \times 1000 = 42,2$ g $N-NH_{3+4}^+$ / kg di mangime. Dividendo $18273 / 42,2$ si verifica che si possono distribuire fino a 433 kg di mangime/giorno (F), mantenendo il valore di $N-NH_3 \leq 0,07$ mg/l.



3.5.3 L'ossigeno puro

L'ossigeno puro può essere prodotto mediante filtrazione selettiva dell'aria compressa su setacci molecolari costituiti di *ctinoptiolite* ed immagazzinato come gas puro al 90% ed oltre. In genere questo metodo di produzione e stoccaggio che risulta piuttosto costoso, viene utilizzato in zone isolate, con strade poco accessibili, dove il trasporto di ossigeno liquido con autobotte sia problematico o pericoloso. Più comunemente si preferisce utilizzare ossigeno liquido ottenuto con oltre il 98% di purezza, in speciali stabilimenti per distillazione frazionata dell'aria liquida, trasportato presso le aziende con autobotti per il trasporto di gas criogenici, ed immagazzinato in speciali contenitori *Dewar* alla temperatura di $-182,9^{\circ}\text{C}$, ad una pressione di 1.000-4.000 kpa (150-200 Psi). L'ossigeno liquido che esce dal serbatoio viene convogliato in un vaporizzatore, quindi nella rete di distribuzione dell'allevamento, costruita ed assemblata in tutte le sue parti con materiali speciali ed in assenza di sostanze organiche combustibili. A tale proposito si rammenta la potente azione comburente dell' O_2 , tale da causare possibilità di incendio spontaneo anche a temperatura ambiente, se in contatto con una elevata concentrazione di materiale combustibile. Da un litro di ossigeno liquido, venduto a cifre (trasporto incluso) che per il 2001 sono comprese entro 250 e 500 Lit. (approssimativamente 0,125-0,250 euro) a seconda della distanza dal luogo di produzione e da altre condizioni di fornitura o di attrezzatura fornita in comodato, si generano $0,857 \text{ m}^3$ di ossigeno gassoso con volume specifico di $0,7513 \text{ m}^3/\text{kg}$.

3.5.4 Tecnologie per il dissolvimento dell'ossigeno in acqua

La velocità di diffusione dei gas in acqua, sia nel caso dell'aria che dell'ossigeno, dipende da alcuni fattori quali l'area di interfaccia gas-liquido e lo spessore del film laminare, dal deficit di saturazione ($C_s - C_m$). Nel caso di contatto con ossigeno puro, il valore di DO può effettivamente superare il valore di C_s (Tab. I), non essendo l'atmosfera di lavoro composta da gas aria ma da aria arricchita in ossigeno o quasi esclusivamente da ossigeno. Infatti, mentre alla temperatura di 15°C con zero salinità e 760 mmHg di pressione la quantità di O_2 atmosferico disciolto in acqua a saturazione risulta di 10,08 mg/l, in atmosfera di gas puro, costanti le altre condizioni, la saturazione si raggiunge per 48,14 mg/l.

Esistono diverse tecniche ed attrezzature utilizzate per mettere in contatto l'ossigeno con l'acqua, alcune utilizzabili in pratica solo nell'arricchimento in ossigeno del flusso di acqua alimento, altre più praticamente impiegabili

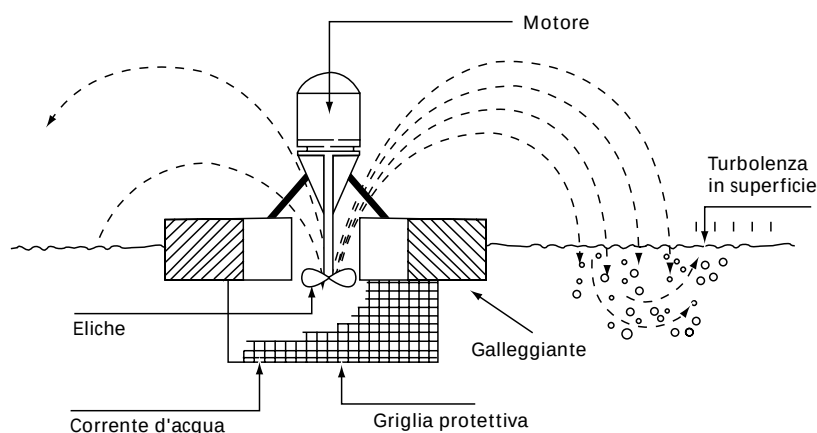
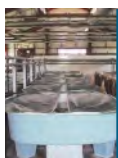


Fig. 3 - Schema di aeratore a fungo. L'elica solleva l'acqua che a sua volta ricade a pioggia. La stessa apparecchiatura, ricoperta da una cupola sotto la quale viene iniettato ossigeno puro, diventa un ossigenatore ad elevata efficienza.

direttamente nelle vasche di allevamento. La scelta delle attrezzature viene effettuata a seconda del flusso di acqua da ossigenare, dall'idrodinamica e topografia dell'impianto e della tipologia delle vasche dell'allevamento. Nel caso dell'ossigenazione per aerazione si va dalla semplice cascata o percolamento di un flusso laminare di acqua su piano inclinato, agli aeratori a pale od a fungo (Fig. 3), mentre sistemi che utilizzano un incremento di pressione possono risultare pericolosi per la presenza di azoto atmosferico. Con la tecnica dell'ossigeno puro si possono utilizzare, oltre ai sistemi precedenti rinchiusi in appositi cassoni o cupole, sistemi che sfruttano il principio di Venturi, colonne a pressione o "impaccate", tubi ad "U" che sfruttano la pressione idrostatica ed i principi della legge di Henry. L'ossigenazione mediante gas aria, apparentemente più economica, presenta infatti lo svantaggio di non consentire di allevare il pesce a valori di DO superiori al 90% del valore di saturazione senza adottare sistemi che sfruttano l'aumento della pressione, peraltro estremamente pericolosi per il rischio che comportano di sovrassaturazione gassosa con elevati valori di PN_2 . L'impiego di ossigeno puro peraltro rappresenta una nuova voce di costo per l'azienda. Al costo dell'energia elettrica è infatti necessario aggiungere il costo dell'ossigeno, di conseguenza è necessario utilizzare macchine con un elevato rendimento, per il tipo preciso di impiego. Alcune tecniche, ad esempio la generazione di bolle mediante tubi porosi, pur presentando un basso rendimento nel trasferimento dell'ossigeno in acqua, sono impiegate nel trasporto del pesce vivo, inoltre risultano molto efficaci nella necessità di trasferire ossigeno direttamente nelle vasche anche con la circolazione dell'acqua ferma,





permettendo di superare emergenze elettriche od avaria delle pompe, sfruttando la sola pressione del gas proveniente dal serbatoio.

Inoltre la presenza di materiale in sospensione nell'acqua, la possibile formazione di *fouling* e la stessa presenza del pesce, costituiscono alcuni ostacoli nella scelta delle attrezzature. D'altra parte, un'attenta analisi permette di osservare che i vantaggi ottenibili con l'impiego dell'ossigeno puro in acquacoltura sono molteplici, riassumibili in una migliore crescita specifica e conversione del mangime, in un incremento della produttività, all'azione positiva che una elevata disponibilità di O_2 determina sul sistema immunitario e sulla prevenzione delle malattie, oltre che alla sua azione di controllo su alcuni batteri patogeni ed ai vantaggi che derivano ai meccanismi di compromesso osmo-respiratorio del pesce.

Tab. III - Differenti metodologie per disciogliere l'ossigeno in acqua (da: B. Lawson, 1995).

Tipo di ossigenatore	Efficienza di assorbimento in acqua (%)	Efficienza di trasferimento ($kg\ O_2/kw.h$)	Concentrazione dell' O_2 in acqua (mg/l)
Tubo ad U	30-50	1,0-1,5	20-40
Tubo ad U con recupero del gas al camino	60-90	2,0-3,0	20-40
Colonna impaccata	40-50	0,5-1,0	10-15
Torre a caduta	40-55	0,5-1,0	10-15
Colonna pressurizzata	95-100	1,0	30-90
Cono di ossigenazione	80-90	4,0	5-25
Iniezione con tubo di Venturi ad alta pressione	15-70	<0,5-3,5 ^b	50-80
Iniezione con generatore di bolle (tubi porosi, ugelli con eliche)	20-40 ^a	0,2-2,5	30-50
Aerazione	3-7	0,1-0,2 ^c	10-20

^a: L'efficienza delle eliche può superare l'80% con particolari accorgimenti e pressioni idrostatiche.

^b: A seconda del tipo di impiantistica adottato.

^c: Si tratta di ossigeno atmosferico.

Tra le macchine idonee per lo scioglimento dell'ossigeno puro, il "tubo ad U" (Fig. 4) è una delle più semplici e non richiede in genere ulteriore dispendio di energia.

Consiste in un tubo a forma di U, ovvero di un tubo inserito coassialmente in uno di diametro maggiore, "immerso" verticalmente nel terreno a mo' di pozzo, per una profondità di alcuni metri (3-10): l'acqua entra da un lato ed esce allo stesso livello da quello opposto, dopo essere stata sottoposta ad un incremento di pressione idrostatica. L'ossigeno viene iniettato nel braccio discendente in forma di microbolle e si scioglie sfruttando i principi della legge di Henry, ossia la maggiore solubilità alla pressione più elevata.

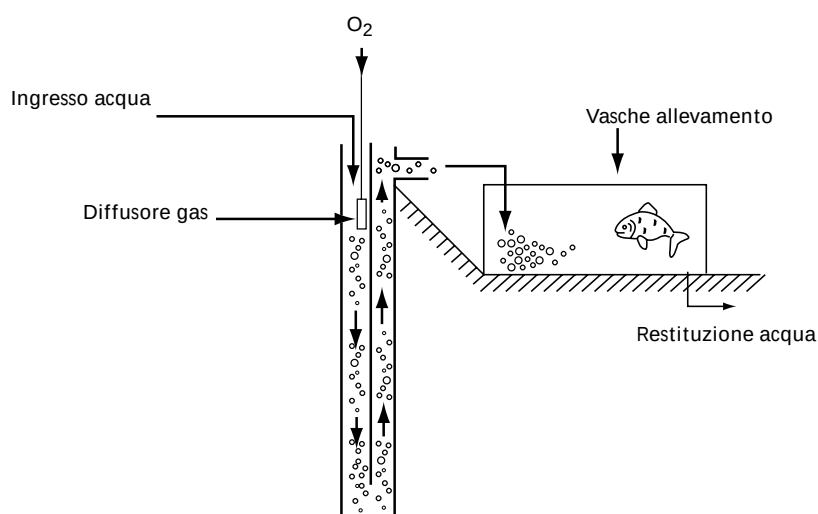
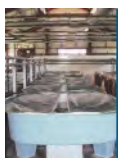


Fig. 4 - Ossigenatore costituito da "Tubo ad U". Questo ossigenatore sfrutta l'incremento di solubilità dei gas proporzionale alla pressione idrostatica che si crea nel braccio discendente del tubo. All'uscita, col ritorno alla pressione atmosferica, l'acqua risulta sovrassatura in ossigeno. L'impiego di aria in questo tipo di macchina risulta pericoloso per via della sovrassaturazione in azoto atmosferico che si verrebbe a creare.

La velocità dell'acqua nel braccio discendente deve essere mantenuta lievemente superiore alla velocità di risalita per galleggiamento delle bolle, affinché queste siano trascinate verso il basso dal fluido. Nel braccio di risalita, che funge anche da camino di uscita per i gas in eccesso, si libereranno bolle costituite da una miscela di azoto "strippato" e ossigeno non entrato in soluzione. Un'accurata regolazione dell'immissione di ossigeno permetterà di ridurne le perdite, inoltre è possibile recuperare i gas al camino di uscita e riimmergerli nel braccio discendente aumentando il rendimento del sistema,



Sbattitore a pale. Foto di M. Rampacci.



benché in questo caso si corrano rischi di reintroduzione dell'azoto atmosferico. L'assorbimento di ossigeno dipende dalla profondità del "tubo ad U". I costi di esercizio di questa macchina si mantengono minimi se il tubo è profondo fino a 25-60 m ed opera con una velocità del flusso idrico pari a 1,8-3,0 m/sec. Possono essere realizzati con vantaggio "tubi ad U" profondi anche soltanto 3-5 m. Altri vantaggi sono costituiti dal fatto che la funzionalità non è influenzata dal contenuto di solidi in sospensione; inoltre è necessaria una minima pressione in testa, il che rende spesso superfluo l'uso di pompe. Questo tipo di apparecchiatura risulta pericolosa se impiegata con aria anziché ossigeno puro, in quanto è possibile causare una sovrassaturazione in azoto con conseguente rischio di malattia da gas.

I "coni di ossigenazione" consistono di coni parzialmente riempiti di acqua. Acqua ed ossigeno entrano dal vertice del cono e scendono nella sezione sempre più ampia verso la sua base, dove si trova lo scarico del cono, dal quale fuoriesce l'acqua ossigenata. La velocità in ingresso è calcolata in circa 1,8 m/sec, mentre in prossimità dell'uscita è di 0,15 m/sec, pertanto le bolle che all'ingresso sono trascinate in basso dall'acqua, poi galleggiano e riempiono la camera interna. In prossimità della base esiste uno spillamento (*vent*) per l'uscita dell'azoto "strippato". La *performance* dei coni dipende dalla velocità interna dell'acqua e del gas, dal DO in ingresso, dallo spillamento dei gas sul fondo, dalla pressione di lavoro e quindi dall'altezza del cono. Quest'ultima aumenta la solubilità dell'ossigeno ma riduce lo *stripping* dell'azoto.

Le "colonne impaccate" (Fig. 5) consistono di colonne verticali riempite con materiale ad elevata superficie specifica. L'acqua è distribuita in alto a spruzzo o a pioggia, quindi scende sul materiale di riempimento lambendone la superficie ampiamente sviluppata per favorire il contatto con l'ossigeno che viene immesso più in basso regolando un rapporto gas/liquido nell'ordine 0,3-5%.

La colonna può essere aperta o chiusa in superficie, il materiale di riempimento ha una dimensione o diametro di circa 25-50 mm ed un rapporto superficie/volume di 80-360 m²/m³. L'efficienza delle colonne "impaccate" dipende dalle condizioni di ingresso di acqua e di ossigeno, dal DO in ingresso, dalla pressione di lavoro, dall'altezza della colonna, dalla superficie sviluppata dal materiale di riempimento. Tali colonne sono efficienti sia nel trasferimento di ossigeno all'acqua che nello "strippaggio" dell'azoto. Il problema principale deriva dall'intasamento con solidi sospesi e *fouling* che si verifica col tempo.

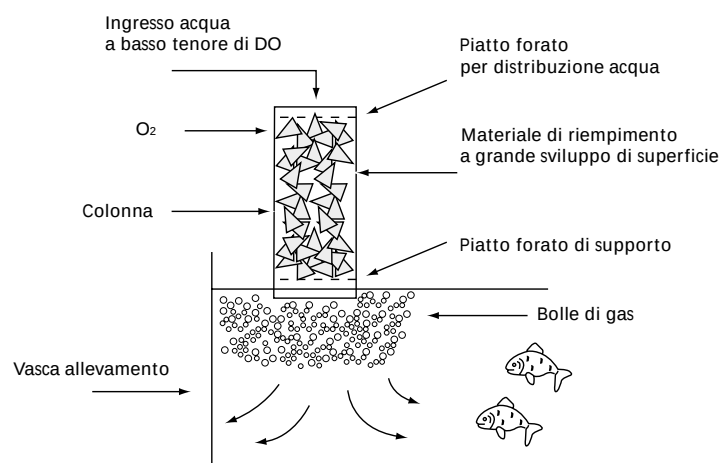
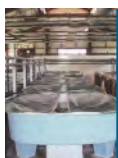


Fig. 5 - Ossigenatore a colonna "impaccata". Il materiale inerte che riempie la colonna, creando un importante incremento di superficie, facilita il contatto tra l'acqua e l'ossigeno iniettato. (da: Lawson, 1995, modificato).

Le "torri a pioggia" (o *spray*) sono simili alle colonne "impaccate", eccetto che non contengono materiale di riempimento. Possono essere pressurizzate o aperte. L'acqua entra da uno spruzzatore posto nella parte più alta, l'ossigeno viene introdotto poco più in basso. Il diametro deve essere piuttosto largo rispetto all'altezza. Le torri pressurizzate possono assorbire anche il 100% dell'ossigeno introdotto, se non si cerca di far fuoriuscire l'azoto "strippato". Le torri possono anche essere progettate per "strappare" l'azoto sotto vuoto, creando un vuoto di 20-50 mmHg al loro interno. Presentano il vantaggio di non intasarsi con materiale in sospensione eventualmente trasportato dall'acqua.



Ossigenatore a fungo. Foto di M. Rampacci.



Gli “ossigenatori a cupola” consistono in macchine provviste di un motore immerso che mediante elica verticale o pale agita l’acqua sollevandola in piccole gocce, sotto ad una cassa o cupola nella quale si genera un’atmosfera di ossigeno puro. Il rendimento di queste macchine dipende dalla geometria, dal diametro delle gocce di acqua, dal rapporto tra massa di acqua sollevata in gocce e volume di gas iniettato, dal DO in ingresso.

Gli “ossigenatori multistadio a cassone” sono in grado di operare a bassa pressione (0,3-1 m di colonna d’acqua), permettendo un notevole risparmio in energia elettrica. Questa apparecchiatura consiste di una serie di camere di contatto. L’acqua entra a caduta da un piatto perforato e si distribuisce a pioggia in un vario numero di camere verticali, arricchendosi con l’ossigeno che attraversa le camere nella parte alta. Le performance di questa macchina dipendono dall’altezza delle camere, dal loro numero, dal flusso dell’acqua e dell’ossigeno, dal fatto che le camere siano o no “impaccate” con materiale ad alta superficie relativa. Il tipo di apparecchiatura non è di pratico utilizzo in vasche di dimensioni limitate ma piuttosto in canali di alimentazione.

Gli “ossigenatori ad iniezione” costituiscono un tipico sistema di ossigenazione ad iniezione è basato sul principio del tubo di Venturi. L’ossigeno viene aspirato da una pompa Venturi attraversata da un flusso di acqua a pressione. Per il buon funzionamento di questa apparecchiatura è necessario che la pressione dell’acqua sia di 190-860 kpa (28-125 Psi). Il tubo di Venturi viene inserito in un circuito idraulico laterale controllato da un sistema di monitoraggio computerizzato, all’ingresso nella vasca di allevamento, oppure all’interno del percorso idraulico. In quest’ultimo caso il tempo di contatto è calcolato in 6-12 sec., in un flusso idrico con una velocità di 3,5-4,5 m/sec. Nel caso di iniettore Venturi inserito all’uscita dell’acqua in vasca, buoni rendimenti si osservano in presenza di una colonna d’acqua di almeno 2 m. Un secondo sistema di iniezione può essere praticato in camere a pressione tipo autoclave.

Gli “ossigenatori ad elica” (Fig. 6) sono costituiti da un motore immerso sul cui asse è calettata un’elica in grado di generare un flusso o pennacchio di acqua. Un ugello inietta ossigeno puro (od aria) dietro all’elica, in modo che il gas venga convogliato con il pennacchio che a sua volta può essere diretto verso il basso, orizzontalmente o verso la superficie, come aeratore a fungo. Il rendimento di questo tipo di macchina varia molto con la profondità di immersione della macchina, con il tempo di contatto tra gas ed acqua e con il diametro delle bolle che si vengono a generare.

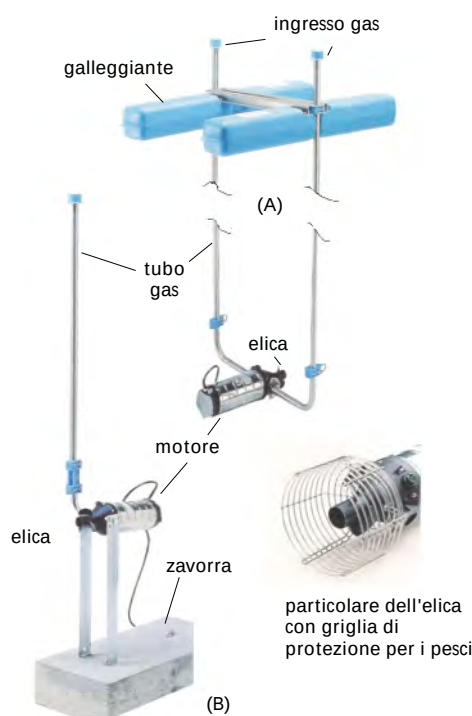


Fig. 6 - Ossigenatore ad elica. La macchina può essere utilizzata indifferentemente come aeratore o come ossigenatore. Negli impianti ad elevata densità di biomassa, la macchina può essere utilizzata per lo "strippaggio" della CO₂ libera. (Per gentile concessione Aqua-Eco, Reggio Emilia).

3.5.5 Performance degli ossigenatori

Le performance e le caratteristiche delle macchine per il trasferimento dell'ossigeno puro all'acqua variano molto in funzione della tecnologia adottata (Fig. 7). Il tasso di trasferimento dell'ossigeno od *Oxygen Transfer Rate* (OTR) si calcola sulla base del flusso idrico in ingresso (Qw) e della differenza tra la concentrazione di ossigeno in ingresso (DOin) ed in uscita (DOout):

$$OTR = Qw(DO_{out} - DO_{in}) \times 10^{-3}$$

dove OTR è espresso in kg/h, Qw in m³/h ed i valori di DO in mg/l.

L'efficienza percentuale di assorbimento (AE) percentuale rappresenta in termini di massa la quantità di ossigeno assorbito dall'acqua (Mabs), rispetto alla quantità totale di ossigeno iniettato (Mtot), entrambi espressi in kg/sec e varia entro 40-100%:

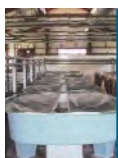
$$AE = M_{abs} / M_{tot} \times 100$$

ovvero:

$$AE = 100 \times Qw(DO_{out} - DO_{in}) / 1000 Q_o P_o$$

Dove Qo rappresenta il flusso volumetrico di O₂ in m³/h e Po la densità di massa dello stesso gas in kg/m³.





Esempio di calcolo:

Si calcola l'efficienza di trasferimento dell'ossigeno con $DO_{in} = 4 \text{ mg/l}$, $DO_{out} = 20 \text{ mg/l}$, flusso idrico $Q_w = 2200 \text{ l/min}$, iniezione di ossigeno = 50 l/min (si rammenta che 1 l di O_2 pesa $1,43 \text{ g}$):

$$AE = 100 \times 2,2 \times (20 - 4) / 1000 \times 0,05 \times 1,43 = 49,2\%$$

L'efficienza di trasferimento (TE) rappresenta la massa di ossigeno assorbita per unità di energia spesa a questo scopo. La somma dell'energia utilizzata comprende l'energia spesa per pompare ed agitare l'acqua e per comprimere il gas:

$$TE = Q_w (DO_{out} - DO_{in}) \times 10^{-3} / E$$

Dove TE è espresso in kg/kwh ed E rappresenta l'energia totale, espressa in kwh .

Quando si utilizza ossigeno liquido, l'efficienza di trasferimento varia entro $0,2\text{-}4,0 \text{ kg/kwh}$. Il costo totale (TC) del trasferimento di ossigeno si calcola su base annuale, considerando il costo annuale delle attrezzature (AC), il costo annuale dell'energia (EC) ed il costo dell'ossigeno (OC), sempre su base annuale:

$$TC = (AC + EC + OC) / OTR \times 8.760$$

Nel computo dell'energia, potrebbe essere opportuno includere anche l'energia elettrica utilizzata per liberare l'anidride carbonica dall'acqua mediante sbattitori.

L'efficienza di utilizzazione (UE) è la percentuale di ossigeno totale che passa attraverso l'impianto che è effettivamente utilizzata dal pesce:

$$UE(\%) = 100 \times (DO_{in} - DO_{out}) / DO_{in}$$

In un sistema a ciclo aperto o semichiuso che impiega ossigeno puro, il valore di UE si può calcolare tenendo conto dell'ossigeno contenuto nell'acqua in ingresso ($Q_w \times DO_{in}$) e dell'ossigeno consumato con l'efficienza di assorbimento ($AE \times M_{tot}$) come segue:

$$UE\% = 100 \times (Q_w \times DO_{in} + AE \times M_{tot} - Q_w \times DO_{out}) / (Q_w \times DO_{in} + AE \times M_{tot})$$

L'efficienza di utilizzazione dell'ossigeno in un sistema non aerato è del $20\text{-}40\%$, a seconda dell'altezza s.l.m., mentre con un sistema fornito di ossigeno puro è di $50\text{-}70\%$

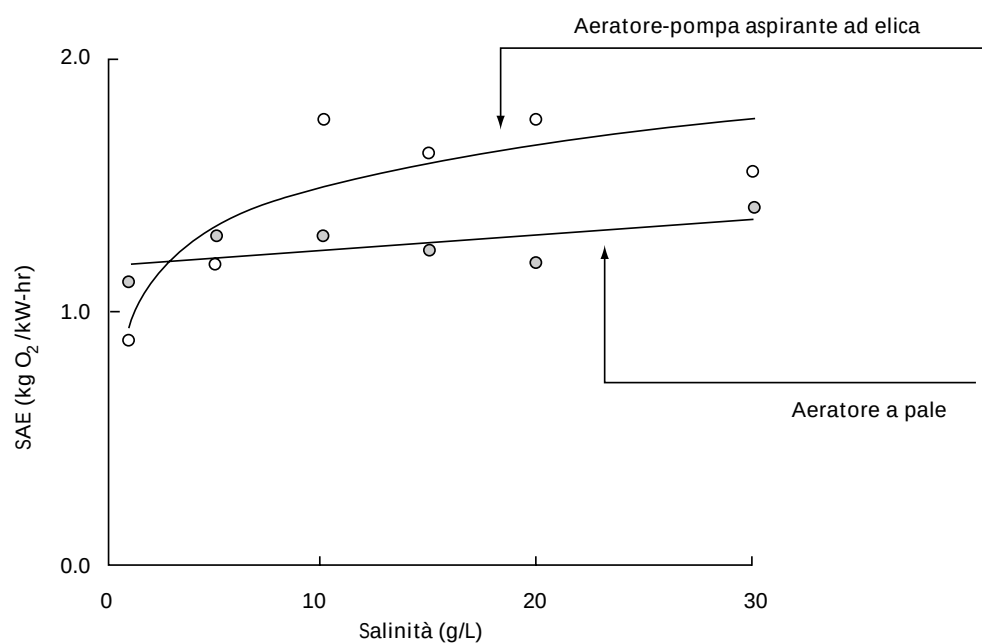
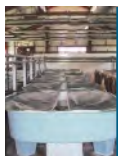


Fig. 7 - Comparazione tra il rendimento di un aeratore a pale ed un aeratore aspirante ad elica. Con l'aumentare della salinità si osserva un aumento nel rendimento della macchina ad elica. (da C. E. Boyd e C. S. Tucker, 1998 - modificato).





Bibliografia

- Barnabé G. (1990). *Aquaculture, Vol. I*. Ellis Horwood Ltd., Chichester.
- Belaud A. (1995). *Oxygénation de l'eau en aquaculture intensive*. Cépaduès éditions, Toulouse.
- Boyd C.E., Tucker C.S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer Ac. Publ., Boston.
- Lawson T.B (1995). *Oxygen and Aeration*. In: Lawson T.B., Fundamentals of Aquaculture Engineering. Chapman & Hall, New York: 248-309.
- Saroglia M., Ingle, E. (Eds) (1992). *Tecniche di Acquacoltura*. Edagricole, Bologna.
- Watten B.J. (1994). *Aeration and Oxygenation*. In: Timmons M.B., Losordo T.M. (Eds). *Aquaculture water reuse systems: Engineering design and management*. Elsevier, Amsterdam: 173-208.
- Wedemeyer G.A. (1996). *Physiology of fish in intensive culture systems*. Chapman & Hall, New York.



3.6 LA RIPRODUZIONE CONTROLLATA DELLE SPECIE ITTICHE MARINE

G. Marino, P. De Marzi, A. Spanò, S. Cataudella

In acquacoltura con il termine di riproduzione controllata si intende l'insieme delle tecniche volte al controllo completo del ciclo riproduttivo delle specie in allevamento, in grado di garantire una produzione costante e programmabile di uova, larve e giovanili. Le tecniche di riproduzione controllata per le specie ittiche marine sono una recente acquisizione e costituiscono una componente chiave dell'acquacoltura moderna.

Sino alla fine degli anni '70, la piscicoltura in Mediterraneo era basata esclusivamente sulla raccolta in natura di giovanili per l'allevamento in sistemi estensivi e semintensivi. Dagli anni '80, lo sviluppo di tecniche di allevamento intensivo, e la scarsa disponibilità di avannotti selvatici, in particolare per la spigola e l'orata, ha determinato un forte aumento della richiesta di avannotti, stimolando la messa a punto di tecniche per la produzione ed il trasporto di uova, larve e giovanili. Dai primi anni '90 la standardizzazione di queste tecniche per diverse specie ittiche ha, di fatto, permesso l'industrializzazione dell'acquacoltura.

Oggi nel mondo sono riprodotte oltre 200 specie ittiche, di cui 18 in Europa ed oltre 10 nell'area mediterranea. In Italia la produzione di avannotti di specie ittiche marine, che non raggiungeva le 500.000 unità nel 1987, ha superato nel 2000 le 150.000.000 (Fig. 1). Il numero delle avannotterie è cresciuto nello stesso periodo da 2 a 23.

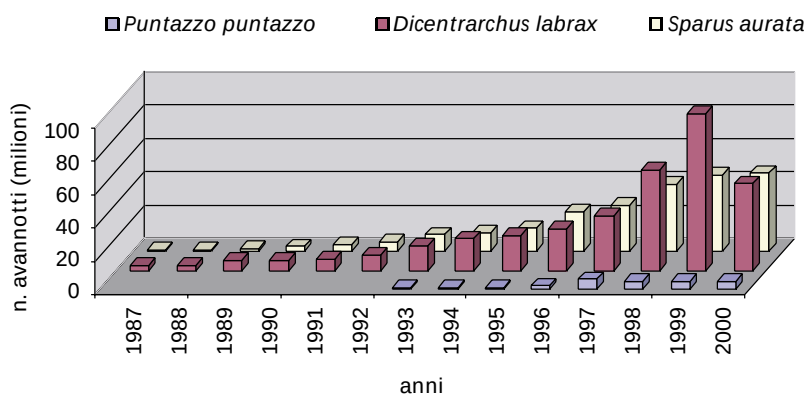
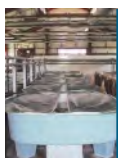


Fig. 1 - Produzione di avannotti di spigola, orata e sarago pizzuto nelle avannotterie italiane. I dati sono espressi in milioni. (anni 1987-1998: Fonte SIPAM-ICRAM; anni 1999-2000: Fonte Unimar).



Un insieme di fattori ha contribuito alla rapida crescita del settore, tra cui la disponibilità di fondi strutturali e per la ricerca, sia comunitari sia provenienti dai singoli Paesi, che ha supportato la ricerca di gruppi pubblici e privati nelle avannotterie mediterranee.

Alcuni passaggi chiave che hanno permesso la definizione delle tecniche di riproduzione controllata sono stati individuati (Fig. 2):

- nella sintesi e preparazione di principi ormonali in grado di indurre l'ovulazione e lo *spawning*;
- nell'applicazione di tecniche di termo e fotoperiodo per estendere il periodo riproduttivo;
- nella messa a punto di tecniche per il mantenimento di colture parallele, adeguate per le diverse specie di larve, ai vari stadi di sviluppo, e migliorate in contenuto grazie all'uso di arricchitori;
- nello sviluppo di tecniche per la preparazione di alimenti inerti, per sostituire parte dell'alimento vivo e ridurre i costi di produzione;
- nello sviluppo di tecniche di allevamento in grado di soddisfare le esigenze trofiche ed ecologiche delle larve e di ridurre l'incidenza di malformazioni negli avannotti prodotti (Grandi Volumi);
- nello sviluppo di sistemi di automazione e controllo degli ambienti d'allevamento;
- nell'adozione di metodi di profilassi (diretta ed indiretta) per prevenire la diffusione dei più comuni agenti patogeni.

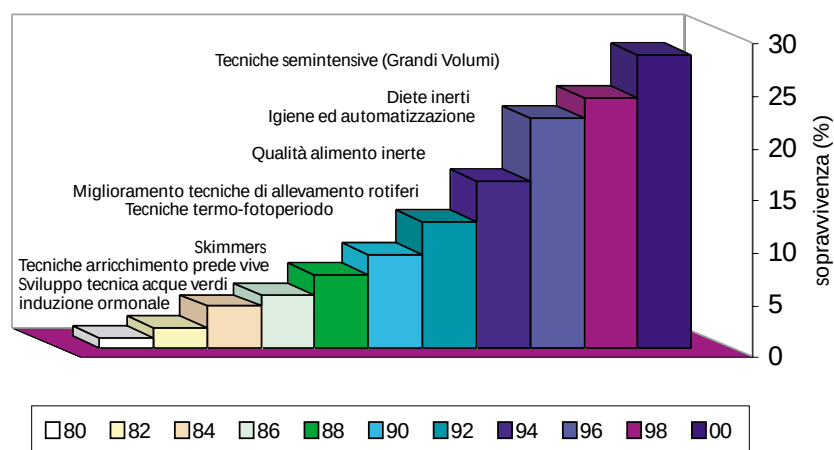


Fig. 2 - Alcuni fattori chiave nella definizione di tecniche di riproduzione controllata per specie ittiche marine (Mod. da Moretti et al. 1999; i dati di sopravvivenza sono riferiti all'orata).



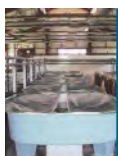
3.6.1 Origine e gestione dei riproduttori

La costituzione di un parco riproduttori avviene attraverso la raccolta di stadi giovanili o adulti in natura o da giovanili riprodotti in avannotterie. Generalmente l'uso d'individui selvatici è preferito per mantenere un'elevata variabilità genetica del *broodstock*, mentre l'uso d'individui riprodotti è preferito nei casi in cui si opera una selezione.



Raccolta di adulti ai lavorieri di *Mugil cephalus* per la costituzione di parchi riproduttori.
Foto di M. Lenzi.

Nella maggior parte delle avannotterie mediterranee la scelta di un individuo come riproduttore è basata, tuttora, su criteri empirici quali: le caratteristiche morfologiche e morfometriche del soggetto, le *performances* di crescita e di rusticità. Un primo effettivo passo per il miglioramento dei parchi riproduttori è stato introdotto recentemente in alcune avannotterie e prevede la marcatura dei riproduttori, la registrazione delle *performances* del riproduttore (taglia di prima maturità sessuale, fecondità, qualità delle uova) e della progenie (percentuali di schiusa, crescita e sopravvivenza larvale). Programmi di selezione e miglioramento genetico, sul modello di quanto già accade per i Salmonidi, sono solo agli inizi.



Esemplari adulti di cernia raccolti in natura per la costituzione di parchi riproduttori.
(Foto di G. Marino).

Nelle avannotterie le operazioni di gestione dei riproduttori sono finalizzate a:

- mantenere una dimensione dello stock in allevamento in grado di assicurare la produzione desiderata di uova e di giovanili di diverse taglie; il numero di riproduttori può variare grandemente tra specie e specie e nell'ambito della stessa specie in funzione della fecondità e delle *performances* degli stadi larvali;
- aumentare l'efficienza riproduttiva e favorire i comportamenti riproduttivi naturali della specie per ottenere deposizioni spontanee. Si ricercano, quindi, ambienti di allevamento adeguati, che possono essere diversi perché diversi sono i *pattern* riproduttivi ed i comportamenti di *mating* delle diverse specie. Le vasche di stabulazione possono variare per dimensioni, profondità, idrodinamismo, e diverse sono le densità di allevamento ed il rapporto maschi/femmine che deve essere mantenuto. Ad es., nel caso di parchi riproduttori di Sparidi, che comprendono sia specie ermafrodite proterogine che proterandrie, è di fondamentale importanza controllare ad ogni stagione riproduttiva la *sex ratio* in vasca, ed operare nel periodo di riposo sessuale su i fattori ambientali e sociali che influenzano il cambiamento di sesso, per ottenere un corretto rapporto maschi-femmine nel periodo riproduttivo;
- assicurare una dieta equilibrata, in particolare durante la gametogenesi, ricca in lipidi e acidi grassi insaturi, vitamina E e C. La deficienza di queste sostanze, infatti, riduce la qualità delle uova e delle larve. L'utilizzo di diete fresche nel periodo pre-riproduttivo, per migliorare la condizione

nutrizionale dei riproduttori, è un procedura comunemente utilizzata. Ha tuttavia l'inconveniente di non permettere una formulazione bilanciata delle diete e di aumentare sensibilmente il rischio di introduzione di patogeni in allevamento;

- mantenere lo stato di salute dei riproduttori, applicando protocolli di quarantena, profilassi e terapia. I moderni programmi di prevenzione e controllo delle patologie nei parchi riproduttori prevedono: l'individuazione e la rimozione dei riproduttori non indenni e la sostituzione con soggetti *pathogen free*, riproduttori indenni cioè da patogeni trasmessi verticalmente; la riduzione dello stress; la selezione di riproduttori resistenti ai più comuni patogeni; il trattamento terapeutico dei riproduttori, quando necessario.

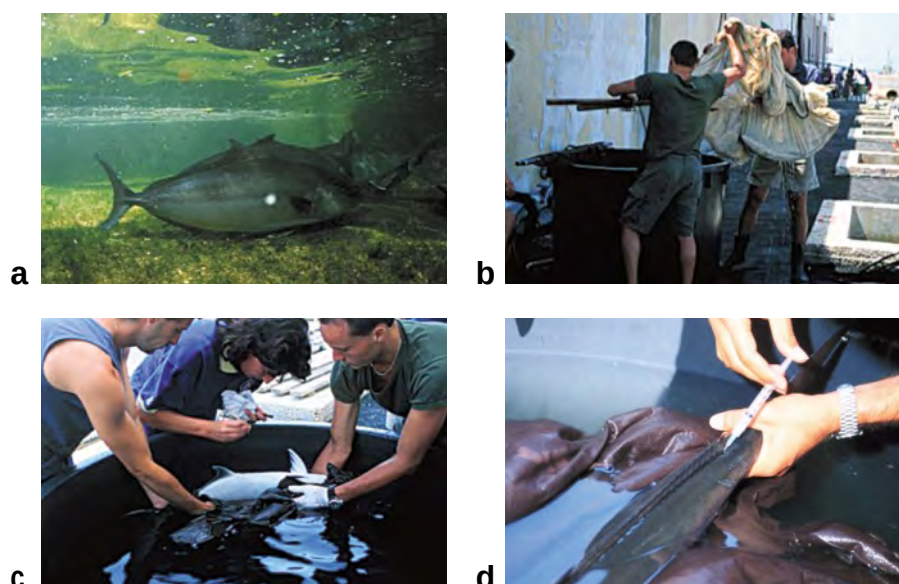


Vasche in cemento per la stabulazione di riproduttori presso l'impianto Ittica Mediterranea.
Foto di G. Marino.



3.6.2 Disfunzioni riproduttive nelle specie ittiche allevate

La maggior parte delle specie ittiche allevate presenta disfunzioni riproduttive e non emette gameti in cattività spontaneamente. Le disfunzioni riproduttive hanno generalmente una eziologia complessa, derivando dalla combinazioni di fattori di stress indotti dalla cattività e da alterazioni del comportamento di *mating* per la mancanza di ambienti di *spawning* adeguati, che risultano in alterazioni endocrine dell'asse ipotalamo-ipofisi-gonade. Il grado di disfunzione riproduttiva varia da specie a specie, e interessa più le femmine che i maschi, sebbene in alcune specie anche la produzione di sperma e la qualità degli spermatozoi risenta della cattività e delle manipolazioni.



Induzione ormonale della deposizione in riproduttori di ricciola stabulati presso l'impianto Ittica Mediterranea (Petrosino). Pesca dei riproduttori di ricciola dalla vasca di stabulazione; il livello dell'acqua viene abbassato per facilitare la cattura e vengono applicati teli scuri sulla superficie per ridurre lo stress (a). Trasferimento delle ricciole in mastelli da 1.000 l contenenti una soluzione anestetica (b). L'esemplare è anestetizzato, perde l'assetto di nuoto e si può procedere al prelievo biotipico per il controllo dello stato di maturazione ovarica (c). Il trattamento per l'induzione ormonale della deposizione viene effettuato nel seno linfatico posto dietro l'ultimo raggio della pinna dorsale. Foto di G. Marino.

Nelle femmine si distinguono tre gradi di alterazioni riproduttive:

- blocco o arresto precoce della vitellogenesi, come ad es. nel caso dell'anguilla (*Anguilla anguilla*);
- blocco del processo di maturazione finale (FOM) in oociti che hanno regolarmente completato la vitellogenesi;
- assenza di *spawning* di oociti che hanno completato la maturazione finale e l'ovulazione. Le uova sono quindi trattenute nella cavità ovarica o emesse tardivamente, quando sovra-mature.

Le disfunzioni di tipo II e III sono le più comuni. Sono diagnosticate osservando lo stato degli oociti prelevati con biopsia ovarica ad intervalli regolari durante il periodo riproduttivo ed in genere sono superate con la somministrazione di ormoni esogeni (Tab. I) o l'applicazione di protocolli di condizionamento ambientale che riproducono, per quanto possibile, le condizioni naturali.

3.6.3 Induzione dell'ovulazione e della deposizione di gameti

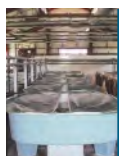
Manipolazione eco-fisiologica

Al termine della fase di riposo sessuale i riproduttori sono generalmente condizionati a regimi di termoperiodo e fotoperiodo, che riproducono le condizioni dell'ambiente naturale e favoriscono l'inizio della gametogenesi. Nei riproduttori in cattività la deposizione spontanea di gameti e la fecondazione naturale non è frequente, anche se alcune specie, come la spigola e alcuni Sparidi (pagro, pagello, sarago pizzuto), se opportunamente condizionati, possono deporre spontaneamente, senza la somministrazione di ormoni. La deposizione di gameti, se non spontanea, può essere indotta da variazioni di temperatura: nelle specie che depongono in inverno con temperatura e fotoperiodo che via via si riducono nel corso della gametogenesi, abbassamenti anche minimi della temperatura dell'acqua (1-2°C) sono uno stimolo all'ovulazione ed allo *spawning* (es. nella spigola); viceversa, in specie che si riproducono nel periodo tardo primaverile-estivo, con regimi di temperatura e fotoperiodo crescenti (es. nella ricciola), lo stesso effetto si può ottenere con un aumento di temperatura dell'acqua. Variazioni del fotoperiodo non hanno generalmente effetto sulla maturazione finale degli oociti e sulla deposizione. La qualità delle uova deposte naturalmente è per lo più elevata, sebbene alterazioni del comportamento possono portare ad una ridotta fecondazione delle uova deposte.

Induzione ormonale

Ormoni dell'asse ipotalamo-ipofisi-gonade sono utilizzati per indurre l'ovulazione e lo *spawning* nelle specie che hanno disfunzioni riproduttive; e per sincronizzare le deposizioni e facilitare la raccolta dei gameti nelle specie che depongono spontaneamente. Gli estratti ipofisari utilizzati negli anni '70, e la gonadotropina corionica umana (hCG) utilizzata alla fine degli anni '80, sono





stati oggi quasi completamente sostituiti da composti a base di peptidi ipotalamici (GnRH), in grado di indurre la sintesi ed il rilascio di gonadotropine endogene (GtH) dall'ipofisi e favorire la maturazione finale degli oociti e l'ovulazione (Tab. I).

Tab. I - Esempi di applicazione di alcuni principi ormonali utilizzati per l'induzione della deposizione nelle specie ittiche marine mediterranee.

Specie	Nome comune	Sesso	Trattamento	Dose	Riferimento
<i>Chelon labrosus</i>	bosega	F	Progesterone	20 mg/kg/x 6gg	Cassifour e Chambolle 1975
		F	hCG	5 U.I./kg	Cataudella <i>et al.</i> 1988
<i>Dicentrarchus labrax</i>	spigola	F	GnRHa(1)Ac.	15-25 µg/kg	Alvarino <i>et al.</i> 1992
		F	hCG	800-1000 U.I./kg	Carrillo <i>et al.</i> 1995
		M	GnRHa(1) EVAc	100 µg/pesce	Sorbera <i>et al.</i> 1996
		M	GnRHa(1) Fad-sa	50 µg/kg	
<i>Epinephelus marginatus</i>	cernia	F	GnRHa(1) EVAc	30-60 µg/kg	Marino <i>et al.</i> 2000a
	bruna	M	GnRHa(1) EVAc	5-8 µg/kg	
		F	GnRHa(2) LGA	40 µg/kg	Marino <i>et al.</i> 2000b
		F	hCG	800-2000 U.I.	Spedicato e Boglione 2000
		F	GnRHa(1)Ac.	15-31 µg/kg	
<i>Epinephelus aeneus</i>	cernia bianca	F	GnRHa(1) EVAc	10 µg/kg	Hassin <i>et al.</i> 1997
<i>Mugil cephalus</i>	cefalo	F	GnRHa(1) Ac	302 µg/kg	Lee <i>et al.</i> 1987
		F	Carp IP + GnRHa Ac.	20 µg/kg + 200 µg/kg	
<i>Pagrus pagrus</i>	pagro	F	GnRHa(1)Ac	15 µg/kg	Zohar e Mylonas 2001
		F	GnRHa(1) Fad-sa	50 µg/kg	
<i>Seriola dumerili</i>	ricciola	F	GnRHa(1)Ac.	2-10 µg/kg	Lazzari <i>et al.</i> 2000
		F	GnRHa(1) Fad-sa	20-40 µg/kg	
<i>Solea solea</i>	sogliola	F	hCG	250-1000 U.I./kg	Ramos <i>et al.</i> 1986a
	comune	F	GnRHa(1)Ac.	10 µg/kg	Ramos <i>et al.</i> 1986b
<i>Sparus aurata</i>	orata	F	hCG	150-200 U.I./kg	Zohar <i>et al.</i> 1989
		F	GnRHa(1)Ac.	5-20 µg/kg	
		F	GnRHa(3) LGA	20-80 µg/kg	Barbaro <i>et al.</i> 1997
<i>Umbrina cirrosa</i>	ombrina	F	GnRHa(1)Ac.	2-20 µg/kg	Libertini <i>et al.</i> 1999
		F	GnRHa(3) Fad-sa	40-80 µg/kg	
		M	GnRHa(1) Fad-sa	5-15 µg/kg	Mylonas <i>et al.</i> 2000
		M	GnRHa(1) Fad-sa	8 µg/kg	

Principi attivi: IP: ipofisi; PGtH: gonadotropine purificate di pesce; PiT: estratti ipofisari. hCG: gonadotropina corionica umana. GnRHa(1):D-Ala⁶; Pro⁹Net-mGnRH. GnRHa(2):D-Trp⁶-mGnRH. GnRHa(3):D-Leu⁶-mGnRH. Sistemi di rilascio: Ac. sistema a rilascio rapido; EVAc: implant solido a base di una matrice di copolimeri dell'acetato di etilene e di vinile; Fad-sa: microsfele biodegradabili a base di copolimeri di acidi grassi-acido sebasico; LGA: microsfele biodegradabili a base di copolimeri di ac. lattico e ac. glicolico.

L'utilizzo di GnRH ha indubbi vantaggi rispetto all'uso di ipofisi/estratti ipofisari perché permette un dosaggio più preciso, non variabile in funzione del contenuto di GtH dell'ipofisi del donatore, ed evita il rischio di trasmissione di patogeni dalla specie donatrice alla ricevente. Ci sono vantaggi anche rispetto all'uso di hCG, che per la sua natura immunogenica e l'alto peso

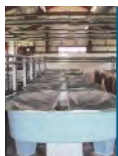


molecolare induce frequentemente la produzione di anticorpi specifici e perde di efficacia nei trattamenti prolungati. I GnRH sono piccoli decapeptidi, che agendo ad un livello più alto dell'asse ipotalamo-ipofisi-gonade inducono il rilascio di LH endogeno, senza esitare in reazioni immunitarie e favorendo il rilascio anche di altri ormoni coinvolti nel processo di maturazione finale e nella ovulazione, come la prolattina, l'ormone della crescita e gli ormoni tiroidei.

Nelle avannotterrie sono oggi utilizzati per lo più i *super-active* GnRH agonisti sintetici quali il [D-Ala⁶, Pro⁹, NEthylamide]-mammalian GnRH ed il [D-Arg⁶, Pro⁹, NEthylamide]-salmon GnRH, che per la loro polarità e la posizione di alcuni amminoacidi resistono meglio alla degradazione enzimatica (endopeptidasi localizzate nell'ipofisi rene e fegato) ed hanno quindi un tempo di permanenza nel circolo ematico più lungo. Proprio per prolungare la stimolazione di GtH è stata recentemente messa a punto una nuova generazione di "sistemi a rilascio prolungato", che ha dato interessanti risultati su diverse specie ittiche quali spigola, orata, cefalo, pagro, ombrina, cernia bruna, solo per citarne alcune. I sistemi più efficaci sono costituiti da matrici biodegradabili a base di co-polimeri del acido lattico e dell'acido glicolico in forma di microsfeere (LGA, 5-200 mm di diametro) o *implant* solidi costituiti da polimeri dell'acetato di etilene e di vinile (EVAC), che rilasciano lentamente ed in modo continuo il GnRHa contenuto nella matrice, stimolando il rilascio continuo di GtH dall'ipofisi (per 2-5 settimane). Promuovono quindi emissioni multiple nelle specie che hanno sviluppo sincrono degli oociti ed ovo-deposizione frazionata come la spigola, nelle specie a ovo-deposizione "sincrona a gruppi", come l'ombrina, la cernia ed il morone, ed in specie a deposizione asincrona come l'orata.

Anche nei maschi sono usati trattamenti a base di GnRHa, generalmente a dosi più basse (1-10µg/kg) per promuovere la spermiazione, con l'effetto di aumentare il volume di sperma prodotto, senza alterare la qualità e la concentrazione degli spermatozoi.

I vantaggi di questa nuova generazione di induttori della ovulazione sono molteplici: evitano interventi ripetuti sui riproduttori, riducono lo stress che deriva da successive manipolazioni ed anestesie e sono più compatibili con i principi del benessere animale, riducono i tempi di lavoro in avannotteria e quindi i costi, promuovono emissioni multiple, senza ridurre la qualità delle uova.



Estensione del periodo riproduttivo

Nelle avannotterie mediterranee di tipo monospecifico, quelle cioè che riproducono 1-2 specie, sono generalmente utilizzate tecniche di fotoperiodo e termoperiodo per manipolare il ciclo riproduttivo ed estendere il periodo produttivo nelle specie a periodicità riproduttiva stagionale. Le tecniche di fotoperiodo, oggi applicate per la spigola ed orata, si basano in gran parte sugli studi condotti sui Salmonidi. Utilizzano diverse condizioni di luce (lunghezza ed intensità) nel corso dell'anno per ritardare o anticipare la gametogenesi. I tre metodi più utilizzati prevedono:

- cicli naturali di luce traslati di 3 mesi;
- alternanza di brevi e lunghi periodi di luce;
- cicli di fotoperiodo compressi.

Per adattare i riproduttori ai cicli artificiali di luce sono necessari tempi lunghi, locali attrezzati con lampade alba-tramonto, teloni per ricreare condizioni di buio completo, sistemi di raffreddamento e riscaldamento dell'acqua, software e controllo computerizzato.

I vantaggi dell'applicazione di queste tecniche sono molti: riducono la stagionalità del lavoro nelle avannotterie; rendono disponibile seme di spigola e orata per l'allevamento per 7-10 mesi l'anno; permettono ai produttori di alternare cicli di produzione negli impianti, e quindi di disporre di prodotto a taglia commerciale in tutti i periodi dell'anno per il mercato. Tecniche di fototermoperiodo sono anche utilizzate per ritardare la maturità sessuale nelle specie che hanno riduzione del tasso di crescita, o della qualità delle carni nel periodo riproduttivo.

La qualità dei gameti prodotti con tali tecniche non è, tuttavia, elevata. In genere, l'avanzamento del periodo riproduttivo porta alla produzione di uova più piccole, mentre un ritardo induce la produzione di uova più grandi, ed in entrambi i casi la qualità delle larve è generalmente inferiore rispetto a quella ottenuta con uova deposte nel periodo naturale. Il CCPR (9.3.4) raccomanda l'utilizzo di cicli naturali per la produzione di avannotti da utilizzare per ripopolamento.

3.6.4 Qualità delle uova

L'obiettivo primario del controllo e della manipolazione del ciclo riproduttivo è la produzione massima di uova di buona qualità. Le uova di buona qualità si distinguono perché hanno percentuali di fecondazione e di schiusa elevate e producono giovanili con le caratteristiche desiderate.

Non esiste un metodo unico e standardizzato per stabilire la qualità delle uova.

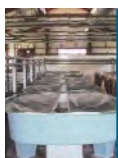


Generalmente, nelle avannotterie per selezionare le uova di qualità si effettuano controlli basati sulle caratteristiche morfologiche e fisiche delle uova (Tab. II), quali: le dimensioni, l'aspetto e la trasparenza, la galleggiabilità, le caratteristiche dello spazio perivitellino, il numero di globuli lipidici, la morfologia dei blastomeri, oltre l'assenza di parassiti e microrganismi sulla superficie.

Tab. II - Alcuni fattori che influenzano la qualità delle uova ed esempi di indicatori utilizzati per valutare la qualità delle uova in specie ittiche marine.

Determinanti della qualità delle uova		Indicatori di qualità delle uova	
Riproduttori	genotipo	Morfologici	diametro
	età		sfericità e trasparenza
	pubertà		ampiezza spazio perivitellino
	stato nutrizionale		presenza di granuli corticali
	ormoni e dosi nei trattamenti di induzione		numero e distribuzione globuli lipidici
	stress		morfologia del corion simmetria dei blastomeri apparenza dei cromosomi
Uova	età (sovramature/precoci)	Fisici	peso
	colonizzazione batteriche		galleggiabilità
Gestione uova	manipolazioni/ trasporto	Chimici/biochimici	
	trattamenti di disinfezione		<i>Fluido ovarico</i> pH/osmolarità/proteine aspartato aminotransferasi β-glucuronidasi
Incubazione	regime termico	<i>Uova</i>	Contenuto: vitamine (C e E) carotenoidi lipidi (EPA/DHA) ferro
	ossigeno disciolto		
	luce (intensità e fotoperiodo)		
	idrodinamismo		
	ricambio idrico		
		Performances	percentuale di fecondazione percentuale di schiusa sopravvivenza larvale malformazioni larvali

La qualità delle uova è il risultato dell'interazione di diversi fattori biotici e abiotici, tra gli altri: il patrimonio genetico e la condizione nutrizionale dei genitori, la qualità dello sperma, la composizione chimica, le procedure utilizzate per la raccolta, il trasferimento e l'incubazione. Gli effetti di questi fattori sono vari, variano da specie a specie. È stato dimostrato, ad esempio nei Salmonidi, che una riduzione di variabilità genetica nei riproduttori può avere effetti sulla fecondità e la percentuale di fertilizzazione e schiusa delle uova. Carenze nutrizionali, in particolare di acidi grassi poliinsaturi della serie n-3 (HUFA) si riflettono sulla composizione in lipidi delle uova e possono ridurre la sopravvivenza larvale in spigola e orata, mentre carenze di microelementi



e di vitamine nelle uova influenzano le *performances* larvali. Manipolazioni non adeguate durante le operazioni di raccolta, conta, disinfezione e trasporto riducono le percentuali di schiusa e di sopravvivenza dei primi stadi larvali. Per favorire un corretto sviluppo embrionale, sono determinanti le condizioni ambientali riprodotte in avannotteria e la qualità dell'acqua, quindi: la temperatura d'incubazione e di schiusa, l'idrodinamismo nelle fasi di schiusa, il pH, la salinità, il contenuto di ammoniaca e di ossigeno disciolto, l'alcalinità e la durezza dell'acqua, le concentrazioni di anioni, l'assenza di tossici organici ed inorganici. Per ridurre il rischio di diffusione di agenti patogeni nell'ambiente la maggior parte delle avannotterie ha adottato procedure di disinfezione delle uova e degli ambienti dove avviene l'incubazione. Sono utilizzati principi a base di iodio e formalina per ridurre la carica microbica di batteri saprofiti ed opportunisti (*Aeromonas sp.*, *Vibrio spp.*) sulla superficie delle uova, e per mantenere elevati *standard* igienici negli ambienti utilizzati per l'incubazione. Questi trattamenti sono indubbiamente efficaci e riducono i rischi di trasmissione di patogeni ambientali, riducendo di fatto l'uso di prodotti inibenti (antibiotici e disinfettanti) nelle prime fasi di allevamento larvale. Tuttavia, proprio perché necessari e frequenti, tali trattamenti devono essere applicati utilizzando procedure responsabili e rispettando i principi di "buone pratiche di allevamento", quali ad esempio: l'utilizzo delle dosi minime efficaci, di contenitori dedicati alle sostanze inibenti utilizzate, di ricircolo dell'acqua. Nei confronti di patologie a trasmissione verticale, come nel caso della nodaviriosi della spigola e dell'ombrina, i trattamenti di disinfezione dell'acqua e delle uova non sono efficaci e la prevenzione deve essere fatta a monte sui riproduttori.

3.6.5 La riproduzione di specie ittiche minacciate a fini di ripopolamento

L'impiego delle tecniche di riproduzione può costituire uno strumento per la propagazione artificiale di specie ittiche minacciate, per le quali si ritengano necessari interventi di ripopolamento attivi e conservazione *ex situ*. Le raccomandazioni del CCPR in tal senso (art. 9.3.5) non hanno trovato ancora completa applicazione e le esperienze avviate sono per lo più extramediterranee, come, ad esempio, nel caso del *Morone saxatilis* in USA. Secondo il CCPR, per la propagazione di specie minacciate dovrebbero essere utilizzate tecnologie genetiche, in grado di identificare riproduttori geneticamente omogenei con la popolazione minacciata, sui quali non siano stati indotti effetti di domesticazione, ed essere applicate tecniche di riproduzione controllata, in grado di

assicurare la produzione di uova di qualità e di avannotti senza malformazioni ed adattati a condizioni trofiche simili alle naturali. Esperienze in tal senso sono in preparazione per alcune specie mediterranee minacciate, come, per esempio, la cernia bruna.

3.6.6 Le colture parallele

Fitoplancton, zooplancton ed *Artemia salina* costituiscono le colture parallele accessorie alle più comuni produzioni di specie acquatiche.

Il fitoplancton

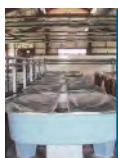
Al fitoplancton appartengono vari generi di microalghe che possono essere utilizzate in acquacoltura sia direttamente come alimento (per stadi larvali di gamberi, orate, cernie, cefali, molluschi, ecc.) sia per la produzione e l'arricchimento delle proprietà nutrizionali dello zooplancton. La produzione di microalghe prevede il mantenimento delle colture monocellulari specifiche (ceppi) in contenitori pirex da 15-250 ml di volume, in condizioni che non favoriscono eccessivamente le duplicazioni cellulari. Il mantenimento si ottiene per inoculi successivi al 10% di volumi di acqua filtrata ad 1 mm, sterilizzata in autoclave e arricchita con "mezzo Walne" e preparati vitaminici. Per la produzione di microalghe sono utilizzati volumi crescenti in palloni pyrex (2-10 lt), in sacchi in pvc o polietilene trasparenti (25-300 l) e, nel caso di produzioni massive, in vasche di grande volume, poste all'esterno o sotto serre di tipo agricolo. Qui si creano le condizioni migliori per la crescita della popolazione cellulare, ovvero temperature comprese tra 20-25°C, salinità 25-30 ppt, pH 8.0-8.6, ed intensità di luce di almeno 2000 lux per 24h/giorno.

L'acqua viene sterilizzata con ipoclorito di sodio (5 ppm) tamponata con tiosolfato di sodio ed arricchita con mezzo Walne e preparato vitaminico. L'inoculo si esegue con 10-20% di coltura matura ($3 \cdot 10^6$ cell/ml).

Lo zooplancton

Lo zooplancton utilizzato nell'allevamento larvale è costituito principalmente da Rotiferi (*Brachionus plicatilis*, *Brachionus rotundiformis*). Questi sono degli organismi filtratori che misurano circa 110-350 µm, si prestano facilmente alla produzione in massa su colture algali o con lieviti (molto usato è il *Saccaromyces cerevisiae*). I Rotiferi devono essere allevati in un *medium* ricco di aminoacidi, vitamine ed acidi grassi polinsaturi (EPA e DHA).





Filtrando queste sostanze si comportano da vettori e le veicolano nelle larve. Il ciclo produttivo dello zooplancton si attua in due fasi: mantenimento dei ceppi e produzione. Per il mantenimento dei ceppi si utilizzano volumi di 15-250 ml di ceppi algali con inoculi del 5-10%. Per la produzione massiva si utilizzano grandi volumi, sino a 10 m³, con acqua che viene filtrata e trattata con ipoclorito di sodio e tiosolfato di sodio a 5 ppm. Per l'allevamento sono mantenute temperature di circa 25°C, salinità di 15-20 ppt. La concentrazione iniziale è di circa 100 ind./ml e quella finale di 700-800 ind./ml. Concentrazioni superiori possono comportare problemi di carica microbica ed inibizioni intraspecifiche.

Tra le prede coltivate parallelamente per la produzione di specie ittiche gioca un ruolo fondamentale l'*Artemia salina*, un crostaceo che produce delle cisti durature. Queste se immerse in acqua marina per circa 24 ore, anche dopo anni di conservazione in ambienti asciutti, possono svilupparsi dando vita a nauplii vitali.

Le cisti vengono raccolte negli ambienti naturali, essiccate, selezionate, confezionate e distribuite. Compito dell'acquacoltore è quello di schiudere le cisti in vasche con acqua salata, secondo le procedure indicate dalle stesse case di commercializzazione, e arricchire i nauplii con prodotti specifici, spesso gli stessi utilizzati per i Rotiferi, e somministrarli alle larve. L'*artemia* non è una risorsa illimitata e la crescente domanda da parte dei vari settori dell'acquacultura ha determinato forti problemi di disponibilità, oltre all'incremento dei prezzi nel mercato. Lo sviluppo sostenibile dell'acquacultura certamente deve fare i conti con una risorsa limitata come quella dell'*artemia*. Sin da oggi possiamo utilizzare meglio questa risorsa allevandola nelle prime 48-72 ore e determinando quindi un aumento della biomassa individuale, oppure sostituendola con altre produzioni zooplanctoniche quali ad esempio i Copepodi. Negli ultimi anni sono state introdotte delle diete artificiali, umide o secche, estrusi o microincapsulati che devono essere comunque ottimizzate, per formulazione, stabilità in acqua e galleggiabilità. Questi mangimi artificiali sono stati messi a punto con l'intento di sostituire le colture parallele, costituite appunto da fito-zooplancton ed *artemie*, impegnative sia dal punto di vista tecnico che economico. Tuttavia la qualità delle diete composte disponibili a tutt'oggi non è ancora tale da permettere la completa sostituzione delle colture parallele nelle prime fasi di allevamento larvale; sono tuttavia molto utili nell'anticipare il momento dello svezzamento.

3.6.7 I differenti approcci all'allevamento larvale: Piccoli e Grandi Volumi

I Piccoli Volumi

Nei tradizionali metodi (perfezionati negli ultimi venti anni) per l'allevamento larvale l'elevato numero di animali prodotti rappresenta l'obiettivo finale del processo produttivo; questo viene progettato e perfezionato seguendo una metodica zootecnica. Tale approccio si basa sulla capacità di controllo del sistema produttivo.

In questi metodi di allevamento larvale, si utilizzano volumi di piccole dimensioni (fino a 10 m³), con densità larvale di circa 150-250 ind./lt (Fig. 3).

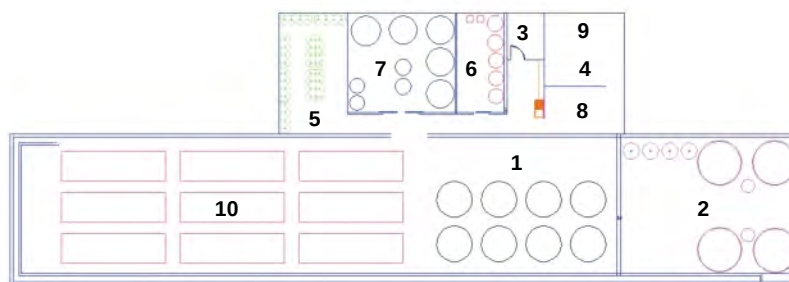


Fig. 3 - Lay-out di avannotteria a piccoli volumi. 1: vasche di allevamento larvale; 2: vasche di deposizione e schiuditoi; 3: sala ceppi; 4: area tecnica; 5: fitoplancton; 6: artemia; 7: rotiferi; 8: ufficio; 9: magazzino; 10: vasche svezamento e preingrasso.

Tutte le risorse trofiche sono esogene e ricambi cospicui dell'acqua provvedono alla stabilità del mezzo. Per controllare il sistema si cerca di monitorare il maggior numero di fattori trofici, igienico-sanitari, ambientali. Laddove si rilevi una relazione negativa causa-effetto, si procede modificando alcuni parametri gestionali. Sebbene i piccoli volumi siano sistemi ecologicamente aperti, tutti i flussi con il mondo esterno sono estremamente controllati, soprattutto sotto il profilo sanitario, creando vere e proprie barriere a batteri e virus, spesso con l'utilizzo di prodotti e sistemi inibenti.

I Grandi Volumi

Una lunga serie di prove sperimentali condotte in diversi laboratori mediterranei ha dimostrato che l'utilizzo di grandi volumi per l'allevamento larvale consente la produzione di giovanili che, per forma e numero di anomalie scheletriche, risultano di qualità migliore rispetto a quelli allevati intensivamente. Dunque lo sviluppo di tecnologie semi-intensive per l'allevamento



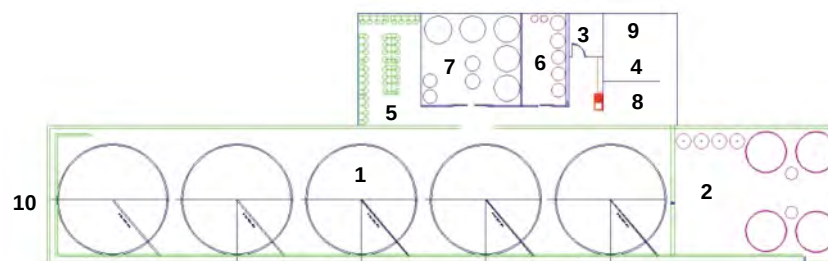
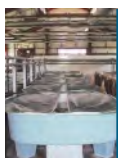


Fig. 4 - Lay-out di avannotteria a grandi volumi. 1: vasche di allevamento larvale; 2: vasche deposizione e schiuditoi; 3: sala ceppi; 4: area tecnica; 5: fitoplancton; 6: artemia; 7: Rotiferi; 8: ufficio; 9: magazzino; 10: serra tipo agricolo.

La tecnica semi-intensiva o dei grandi volumi non è alternativa alle produzioni intensive, ma offre opportunità produttive in condizioni particolari in cui ad esempio non si vogliono utilizzare farmaci, o in tutti quei casi in cui si richiedono quantità contenute di novellame nato da riproduttori autoctoni, da utilizzare in aree dove non si vogliono introdurre genomi esotici o nuove patologie. In Italia il metodo dei grandi volumi è stato messo a punto secondo i principi dell'acquacoltura responsabile, ricreando, per quanto possibile nei volumi di allevamento, alcune delle condizioni che apparentemente caratterizzano i cicli naturali.

La tecnica dei grandi volumi ha come obiettivo la produzione di giovanili di qualità e immunologicamente competenti nei confronti dei comuni patogeni, grazie all'esposizione precoce e continua ad un ambiente simile a quello naturale.

Il grande volume è dunque un sistema che simula una condizione di tipo naturale, con dinamiche tipiche degli ecosistemi. In queste forme di allevamento sono presenti numerose specie della comunità biotica che caratterizzano gli ambienti in cui si opera (Fig. 4).

Nei moderni sistemi di produzione semintensiva, che talvolta sono stati chiamati "in acque verdi", si sfruttano positivamente i risultati delle tecniche intensive, utilizzando colture parallele ed arricchitori di elevata qualità. L'allevamento si basa sulla somministrazione di prede dall'esterno, consentendo, peraltro, ai soggetti allevati di utilizzare, come integrazione alimentare, le specie o le fasi larvali di specie che colonizzano dall'esterno l'ambiente di allevamento. Dunque le larve dispongono di un ambiente di allevamento che assicura ampi spazi con idrodinamismo controllato e prede naturali, che integrano quelle delle colture parallele. Le specie foraggio da colture parallele, una volta introdotte possono mantenere per tempi più lunghi adeguate

caratteristiche nutrizionali, in parte mantenute dal sistema stesso, che inoltre provvede al metabolismo di parte dei cataboliti e degli organismi morti. Nella vita di un grande volume è fondamentale l'istaurarsi di consistenti comunità batteriche che aumentano la capacità autodepurativa del sistema, che comunque necessita successivamente, con l'aumento delle biomasse e delle somministrazioni esterne, di interventi per la rimozione dei prodotti di scarto che si accumulano sul fondo e sulle pareti. In alcuni casi si è osservato un abbattimento nell'acqua della ammoniaca da 0,05 ppm a 0,01 ppm dopo i primi 10 gg di allevamento.



Avannotteria a grandi volumi. Foto di SMEG Latina.

I grandi volumi funzionano su cinque fattori principali: qualità del seme, densità di allevamento larvale, idrodinamismo, disponibilità nelle prime fasi di "foraggi" integrativi a quelli provenienti dalle culture parallele, ed igiene. I periodi di riproduzione devono seguire i cicli naturali e le induzioni ormonali praticate con moderazione, sfruttando invece le emissioni spontanee ottenibili con una buona gestione del parco riproduttori. La densità delle larve immerse nella vasca non deve essere superiore alle 10 per litro, questo per limitare le interazioni intraspecifiche e mantenere un accettabile equilibrio tra le varie popolazioni presenti nella vasca. All'interno dei grandi volumi debbono essere installati sistemi di aereazione che debbono consentire costantemente la circolazione delle acque, provvedendo all'ossigenazione e, nei casi in cui il sistema sia integrato ad uno schiumatoio, alla rimozione di materiale organico di varia natura disperso nella colonna d'acqua. La presenza di una leggera corrente obbliga le larve ad un nuoto attivo reofilo fin dal 4° giorno, favorendo un naturale ed armonico sviluppo dell'apparato



muscolare e scheletrico. Inoltre, unitamente ad altri fattori (es. luce, densità delle prede), contribuisce a rendere, in termini di forzanti idrodinamiche, molto eterogeneo l'ambiente del grande volume, stimolando le larve alla ricerca di microambienti adatti alle diverse attività, quali la fase trofica e/o quella di riposo. Il substrato trofico è composto, sin dai primi giorni, di varie specie di alghe unicellulari selezionate (*Chlorella*, *Isochrysis*, *Nannochloris*), di Rotiferi (*Brachionus plicatilis* e *B. rotundiformis*), introdotti dall'allevatore e, successivamente, di varie specie immesse dall'ambiente esterno con l'acqua di mare. Tra queste soprattutto i Copepodi, le cui larve costituiscono un ottimo alimento ricco di nutrienti essenziali per lo sviluppo della larva (Fig. 5).

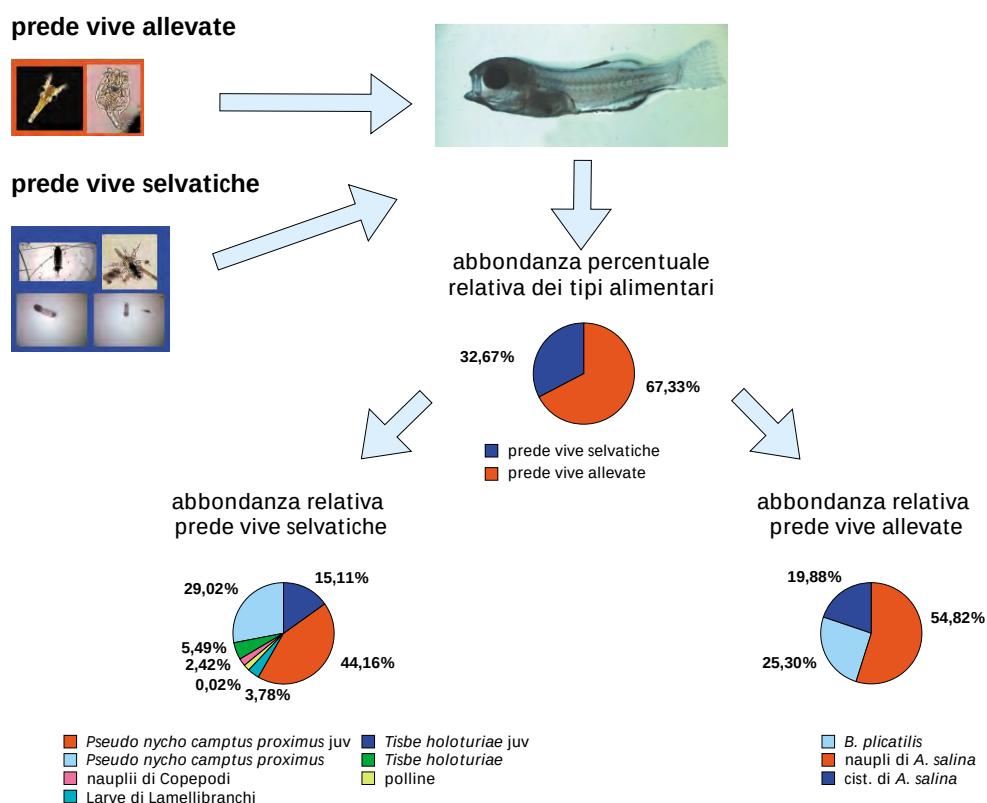


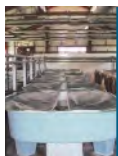
Fig. 5 - Dati ottenuti dall'esame di 2.400 larve di *Sparus aurata* (di età compresa tra 4 e 40 giorni di schiusa) allevate in due cicli di "Grandi Volumi"; nei contenuti stomacali si osservano prede vive allevate e selvatiche. (Monitoraggio Larvale, programma MIPAF 41/82: Cataudella S., Fresi E., Boglione C., Russo T.).

La composizione delle comunità introdotte dall'esterno naturalmente dipende dagli ecosistemi da cui si preleva l'acqua, e dunque può variare stagionalmente e nelle differenti realtà geografiche.



Le microalghe costituiscono la base della catena alimentare all'interno dei grandi volumi, come in ogni ecosistema acquatico. E pur non conoscendo approfonditamente il ruolo delle microalghe nella nutrizione delle larve di pesci, se ne trovano abbondanti quantità nel digerente ancora primitivo delle orate, delle ricciole e dei cefali. I Rotiferi nei primi giorni sono esclusivamente quelli allevati parallelamente ed introdotti nella vasca. L'immissione si effettua nei 2-5 giorni precedenti all'introduzione delle larve di pesci. Le larve sono introdotte al terzo giorno dalla schiusa e nei primi 6-7 giorni di allevamento, tutto il sistema è completamente chiuso e funziona se si raggiunge un buon equilibrio tra le popolazioni di alghe, Rotiferi, zooplancton naturale e larve. Nei giorni successivi, a causa della crescente predazione, si immettono nel sistema delle quote complementari di Rotiferi e di alghe, comunque senza attuare ricambi di acqua, per mantenere la funzione autodepurativa svolta dalle popolazioni batteriche endogene. Intorno al 10-15° giorno, l'apertura di un ricambio di ridotta portata (10% al giorno), con acqua di mare filtrata a 100-130 μm , permette di mantenere stabili le condizioni ambientali ed anche l'ingresso di specie foraggio esterne, soprattutto Copepodi. Queste si alimentano e accrescono la propria popolazione grazie alle alghe unicellulari disponibili. I Rotiferi non devono superare mai le 10-15 unità/larva in quanto ci deve essere, da parte dei pesci, una ricerca attiva della preda che favorisca le capacità motorie e visive della larva. Inoltre, per le specie molto voraci, quali ad esempio la spigola, quantità eccessive di Rotiferi o di artemie spingono gli animali ad una abbondante e rapida ingestione di prede, che poi si osservano nella parte terminale del digerente, solo parzialmente digerite dagli enzimi digestivi. Per le produzioni destinate al ripopolamento si può procedere alle semine precoci, senza somministrazione di alimento artificiale nel ciclo di allevamento. In questo caso la predazione intraspecifica in vasca può essere elevata. Generalmente per avere buone sopravvivenze è sufficiente che qualche giorno prima della semina gli avannotti ritrovino disponibilità di prede vive in vasca.

L'aspetto igienico nella gestione dei grandi volumi deve avere una attenzione particolare proprio perché non è previsto l'utilizzo di disinfettanti o antibiotici, al di fuori dell'ipoclorito di sodio utilizzato nella preparazione iniziale della vasca.



La scelta di una tecnologia?

Come specificato nel paragrafo precedente, il metodo dei grandi volumi per la produzione di giovanili di specie ittiche marine non va considerato come alternativa alle tecnologie applicate nelle produzioni intensive delle grandi avannotterie moderne che possono produrre decine di milioni di soggetti. Non va dimenticato che all'origine della acquacoltura marina moderna, quando si ottenevano con difficoltà giovanili di qualità, si tendeva ad utilizzare grandi volumi ed acque verdi che comunque garantivano la produzione di pochi giovanili di elevata qualità. In tal caso era semplice concludere che l'ambiente sapeva fare meglio dell'allevatore, in poche parole il sistema era fuori controllo. Nell'evoluzione tecnologica, grazie alle innumerevoli innovazioni, i produttori di giovanili di specie ittiche marine hanno raggiunto elevati livelli di controllo dei cicli produttivi, come i risultati quantitativi e qualitativi dimostrano. Oggi disporre di seme di pesci di mare, spigole ed orate nel caso del Mediterraneo, non è certo difficile, anzi l'offerta è quasi eccedente. Dunque perché tornare indietro? Di nuovo ai grandi volumi? In effetti si tratta di un nuovo grande capitolo dell'acquacoltura responsabile, ad esempio in preparazione di tecniche sostenibili per i ripopolamenti in mare.



Cernia di 20 giorni allevata in grande volume.
Foto di P. De Marzi.



Stanza termostata per il mantenimento delle colture parallele.
Foto di P. De Marzi.

Studi sulla forma e sulle anomalie scheletriche hanno dimostrato che l'impiego di grandi volumi è strategico per produrre giovanili di qualità, con malformazioni scheletriche quasi assenti, senza l'uso di farmaci. Il metodo può essere applicato sia nelle prime fasi dello sviluppo, per avere larve di qualità, che possono poi essere avviate all'intensivo sia completando il ciclo, e producendo giovanili da ripopolamento.

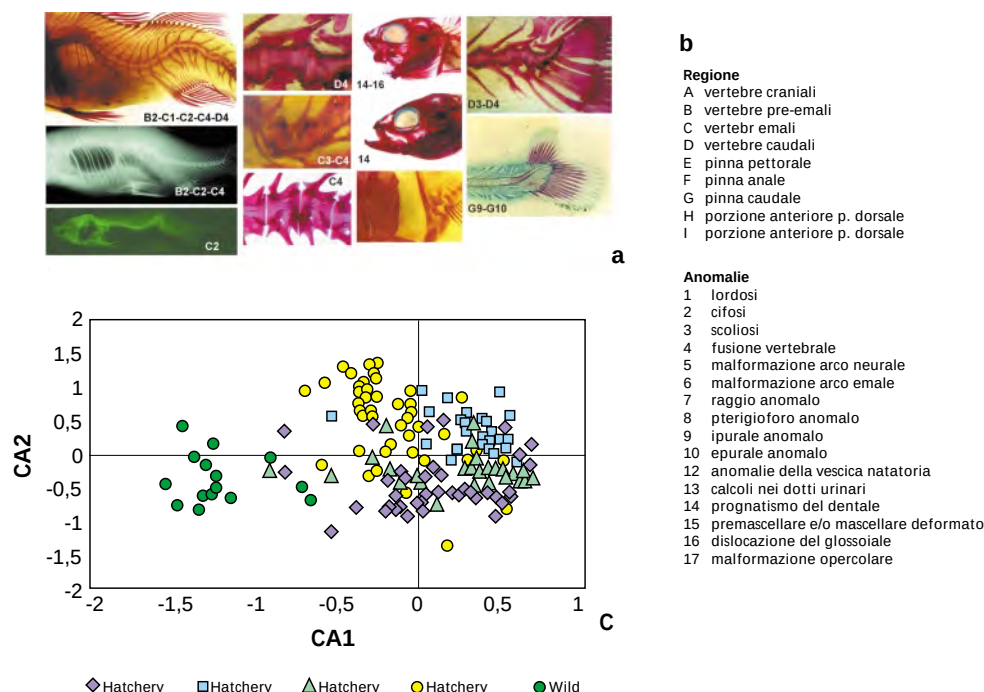
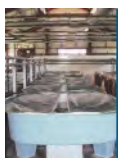


Fig. 6 - a) Esempi di anomalie scheletriche osservate in alcuni pesci. Le sigle riportate su ogni immagine si riferiscono alla tabella b. b) Legenda delle anomalie scheletriche utilizzate per la valutazione della qualità morfologica di giovanili da allevamento. c) Risultati di un'analisi fattoriale delle corrispondenze applicata ad una matrice contenente i dati relativi alla presenza ed al tipo di anomalie scheletriche in 4 lotti di spigola: Hatchery 1,2 e 3=allevamento intensivo; Hatchery 4=allevamento in "Grandi Volumi"; Wild=selvatico di riferimento. Il lotto da Grandi Volumi è l'unico presente nell'emipiano negativo di CA1. Ciò indica un alto grado di similarità al fenotipo selvatico. (Monitoraggio Larvale, programma MIPAF 41/82., Cataudella S., Boglione C., Scardi M.).

Nella tecnica dei grandi volumi l'abilità dell'operatore è fondamentale, l'impianto non richiede filtri biologici per il ciclo di produzione dei giovanili, ed è possibile lavorare in serre di tipo agricolo, riscaldando l'aria, e sfruttando l'effetto serra.

Altro aspetto rilevante, sul piano tecnologico, sta nel fatto di poter utilizzare, in un impianto a grandi volumi, vasche circolari di circa 60 m³, (diametro circa 8 m) particolarmente adatte, ad esempio, per specie come i Mugilidi, che hanno dato scarsi risultati produttivi con tecnologie tradizionali. Sono specie che interessano poco il nostro mercato, ma che hanno un ruolo rilevante in programmi di cooperazione in varie aree del globo. Analogamente ottimi risultati si sono ottenuti nell'allevamento larvale sperimentale di cernia bruna e di ricciola.

Per le specie innovative infatti è presumibile che il ruolo ambientale dei grandi volumi aiuti a sopperire alle inappropriate somministrazioni di diete. Infatti la tendenza naturale alla omogenizzazione dei metodi, ci ha portato in



passato a considerare tutti i pesci trote, ed oggi ci spingerebbe a considerare tutte spigole le specie marine da riprodurre. A tale scopo si ricordi l'effetto ritardante che comportò, nella prima fase della riproduzione dell'orata, la tendenza a trattarla come una spigola, prima di definire un protocollo di alimentazione e gestione appropriato e specifico.

In 8 anni di esperimenti sono state ottenute produzioni medie di 200.000 giovanili di spigola di 80-90 giorni per volume (circa 60 m³), e produzioni medie di 120.000 giovanili di orata della stessa età.

In alcune applicazioni industrializzate, in cui il grande volume è usato sostanzialmente come allevamento post-larvale, quindi con tempi di permanenza in vasca non superiori a trenta giorni, sono stati ottenuti risultati produttivi ben più interessanti. In questo caso è stato confermato che, anche in presenza di una maggiore densità larvale, gli effetti spaziali generati dall'idrodinamismo e dalla forma circolare della vasca si riflettono positivamente sulla qualità della larva.

Produzioni da ripopolamento, o che per altre finalità mirano ad offrire larve con bassissimo tasso di anomalie del cranio, dell'asse e delle appendici, che riguardano specie innovative, o specie che non hanno dato buoni risultati con le tecniche intensive, in caso in cui non si vogliono impiegare farmaci, trovano nella tecnica dei grandi volumi una opportunità rilevante.

Ciò è stato sviluppato anche in riferimento al mantenimento di attività produttive integrate alla gestione conservativa delle lagune costiere ed alla pesca artigianale.



Copepodi ed altri organismi nella comunità di un grande volume al 27° giorno.
Foto di P. De Marzi.

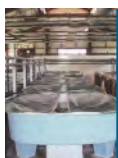


Spigole al 6° giorno dalla schiusa delle uova. *Foto di P. De Marzi.*



Tab. III - Livelli tecnologici nei sistemi produttivi.

	Intensivo	Semintensivo (grandi volumi)
Tecnologia	sofisticata	semplice
Uova		
Periodo riproduttivo	esteso	naturale
Deposizione	indotta con ormoni	naturale ormoni a lento rilascio
Ambienti d'allevamento		
Tipologia	vasche	vasche
Localizzazione	interno	esterno/interno
Volumi (m ³)	2-10	30-200
Parametri allevamento larvale		
Densità (larve/l)	30-100	2-20
Idrodinamismo	controllato	naturale, movimentazione forzata
Fotoperiodo	controllato	tipo naturale
Regime termico	controllato	tipo naturale
Avvio ricambio idrico	dopo 10 gg	dopo 20 gg
Catene trofiche		
Origine	esogena	endogena ed esogena
Fertilizzazione	no	utilizzabile
Microalghe	acque chiare/verdi - inoculo giornaliero	acque verdi endogene - inoculo precedente all'introduzione di larve
Zooplancton	culture parallele	culture parallele/endogeno
Stabilità propria del sistema (gg)	assente	25-30 gg
Disinfettanti e chemioterapici		
Impiego	si	no
Performances larvali		
Sopravvivenza dall'uovo (%)	45	45-60
Malformazioni (%)	elevate	ridotte/assenti
Fenotipo		simil-naturale
Autonomia dei sistemi	bassa/nulla	media/alta
Know-how	alto	basso
Manodopera		
Specializzazione	alta	media
Dipendenza	+++	+



Bibliografia

- Boglione C., Gagliardi F., Scardi M., Cataudella S. (2001). *Skeletal descriptors and quality assessment in larvae and post-larvae of wild-caught and hatchery-reared gilthead sea bream (*Sparus aurata* L., 1758)*; Aquaculture 192: 1-22.
- Boglione C., Marino G., Bedin L., Bertolini B., Ferreri F., Fezzardi D., Finoia M.G., Fresi E., Rossi A., Scardi M., Cataudella S. (1998). *Analisi morfo-funzionale dello sviluppo embrionale e della ontogenesi larvale in Teleostei marini da Acquacoltura, in relazione al problema delle malformazioni ed alla ottimizzazione della qualità del novellame*. Biol. Mar. Med., 5 (3)III: 2289-2299.
- Boglione C., De Innocentiis S., Dell'Aquila M., Gagliardi F., Marino G., Mugnai F., Scardi M., Spanò A., Cataudella S. (1998). *Applicazione ed ottimizzazione di un sistema di monitoraggio per larve e giovanili di specie ittiche marine riprodotte in condizioni controllate*. Biol. Mar. Med., 5 (3)II: 939-948.
- Boglione C., Costa C., De Francesco M., Fantozzi M., Gagliardi F., Loy A., Scardi M., Selmo C., Sanò A., Cataudella S. (1998). *Monitoraggio della qualità larvale e di giovanili di teleostei di acquacoltura come sistema di controllo delle tecniche di riproduzione e primo allevamento: applicazione alle produzioni consolidate ed a quelle innovative*. Biol. Mar. Med., 5(3)III: 949-958.
- Bromage N., Porter M., Randall C. (2001). *The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin*. Aquaculture, 197: 63-98.
- Brook J.A., Bullis R. (2001). *Disease prevention and control of gametes and embryos of fish and marine shrimp*. Aquaculture, 197: 137-159.
- Brooks S., Tyler C., Sumpter J. (1997). *Egg quality in fish: what makes a good egg?* Review in Fish Biology and Fisheries, 7:387-416.
- Bye J.V. (1990). *Temperate marine teleosts*. In: Reproductive seasonality in teleosts: Environmental influence. A. Munro, Scott A., T.J. Lam Eds.: 125-144.
- Cataudella S., Crosetti D., Ingle E., Marino G. (1993). *La produzione da acquacoltura estensiva degli ambienti lagunari italiani*. Aquaculture and coastal wetlands. INIP, Lisbon, July 5-7: 200-206.
- FAWC (1996). *The welfare of farmed fish*. Report of the Farm Animal Welfare Council.: 52 pp.
- Francescon A., Barbaro A. (1999). *Umbrina cirrosa. Riproduzione ed allevamento in cattività*. Manuale di Divulgazione n.5. Veneto Acquacoltura.
- Gerking S.D. (1996). *Feeding ecology of fish*. Academic Press: 416 pp.



- Houde E. D., Schekter R. C. (1980). *Feeding by marine fish larvae: developmental and functional responses*. Env. Biol. Fish., Vol. 5, No. 4: 315-334.
- Kentouri M., Divanach P. (1986). *Spectres alimentaires des larves de sparides en conditions contrôlées. Sélectivité spécifique de la daurade Sparus aurata*. Oceanol. Acta, 9, 3: 343-348.
- Kjorsvik E., Mangorjensen A., Holmefjord I. (1990). *Egg quality in fishes*. Advances in marine biology, 26: 71-113.
- Koumoundouros G., Gagliardi F., Divanach P., Boglione C., Cataudella S., Kentouri M. (1996). *Normal and abnormal osteological development of caudal fin in Sparus aurata L. fry*. Aquaculture, 149: 215-226.
- Lavens P., Sorgeloos P. (1996). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper 361: 294 pp.
- Loy A., Boglione C., Cataudella S. (1998). *Geometric morphometrics and morpho-anatomy: a combined tool in the study of the sea bream (Sparus aurata, Sparidae) shape*. J. Appl. Ichthyol., 14: 1-7.
- Loy A., Boglione C., Gagliardi F., Ferrucci L., Cataudella S. (2000). *Geometric morphometrics and internal anatomy in sea bass shape analysis (Dicentrarchus labrax L., Morinidae)*. Aquaculture, 186: 33-44.
- Moretti A., Pedini Fernandez-Criado M., Cittolin G., Guidasti R. (1999). *Manual of hatchery production of sea bass and gilthead seabream*. Volume 1, Rome FAO: 194 pp.
- Mylonas C.C., Gissis A., Magnus Y., Zohar Y. (1997). *Hormonal changes in male white bass (Morone chrysops) and evaluation of milt quality after treatment with a sustained-release GnRHa- delivery system*. Aquaculture, 153: 301-313.
- Osse J.W.M., van den Boogaart J.G.M., van Snik G.M.J., van der Sluys L. (1997). *Priorities during early growth of fish larvae*. Aquaculture, 155: 249-258.
- Pitta P., Giannakourou A., Divanach P., Kentouri M. (1998). *Planktonic food web in marine mesocosms in the Eastern Mediterranean: bottom-up or top-down regulation?* Hydrobiologia, 363: 97-105.
- Sola L., De Innocentiis S., Rossi A.R., Crosetti D., Scardi M., Boglione C., Cataudella S. (1998). *Genetic variability and fingerling quality in wild and reared stocks of European Sea Bass*. Cahiers Options Méditerranéennes, Bartley D. and Basurco B. (Eds.), vol. 34: 273-280.
- Zohar Y., Harel M., Hassin S., Tandler A. (1995). *Gilthead sea bream*. In: Broodstock management and egg and larval quality. N. Bromage and R. Roberts (Eds.), Blackwell Science: 94-117.
- Zohar Y., Mylonas C.C. (2001). *Endocrine manipulations of spawning in cultured fish : from hormones to genes*. Aquaculture, 197: 99-136.



Riferimenti al CCPR

Esemplificando al massimo si può dire che il controllo della riproduzione è la priorità in acquacoltura, infatti tale meccanismo è alla base della rinnovabilità della vita e quindi dei prodotti biologici intesi come risorse.

Una risorsa rinnovabile è tale se può consentire un prelievo con continuità nel tempo, dunque se può ricostituire correttamente la componente prelevata. In dinamiche di tipo naturale, ad esempio per una popolazione soggetta a pesca, la capacità di "ricostituzione" dipende anche dalla natura del prelievo effettuato, che deve essere correttamente dimensionato, perché sia sostenibile. Naturalmente in questo caso non basta disporre di reclute, ma è necessario che ci siano le condizioni per una loro sopravvivenza e per il loro accrescimento affinché la risorsa sia disponibile per il prelievo.

In acquacoltura la disponibilità illimitata di seme, una volta messa a punto la tecnica di riproduzione, apre opportunità di sviluppo teoricamente illimitate. L'acquacoltura storicamente si è basata sulla raccolta di giovanili in natura, poi trasferiti in ambienti di accrescimento controllati e spazialmente definiti. Le forme di piscicoltura basate sul seme naturale, generalmente hanno possibilità di sviluppo molto limitate, la disponibilità di giovanili diventa infatti un fattore limitante alla crescita. Con la chiusura del ciclo produttivo, l'allevamento di una specie ittica assume il suo ruolo strategico ed esprime tutti i potenziali di sviluppo. Nel caso dei pesci ossei l'elevato numero di uova che una femmina può produrre, e le elevate sopravvivenze che le tecnologie possono consentire, sono proprio alla base della crescita esponenziale delle produzioni che spesso si osservano dopo la messa a punto della riproduzione controllata. Ma la facilità con la quale si possono riprodurre i pesci, le possibilità di ibridazione, la possibilità di erodere le caratteristiche genetiche delle popolazioni di origine, ci debbono far riflettere sull'evento riproduttivo come la fase più delicata per un'acquacoltura responsabile.

In pratica bisogna fare un passo avanti, non considerando come indice esclusivo di successo riproduttivo il numero di giovanili prodotti. Certo ripetere il miracolo della moltiplicazione dei pesci è sempre un evento entusiasmante, soprattutto negli organismi acquatici in cui poche coppie possono sostenere la produzione di milioni di giovani individui, i quali potranno darci l'opportunità di produrre centinaia di tonnellate di prodotto vendibile, talvolta in poco più di un anno. Alla nozione di quantità dobbiamo integrare quella di qualità, considerando che stiamo manipolando anche cose che non vediamo e che nel tempo potrebbero manifestare effetti indesiderati ed inattesi.

Il CCPR, all'art. 9. Punto 9.3.3 promuove lo sviluppo di tecniche di riproduzione controllata responsabili per la produzione di uova, larve e giovanili. Tuttavia, dal 1995 anno di pubblicazione del CCPR, il crescere delle produzioni e la competizione internazionale tra le avannotterie, hanno portato, di



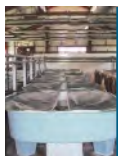
fatto, ad una progressiva intensificazione delle tecniche di allevamento, con conseguenze non sempre desiderabili in termini di qualità delle produzioni, di performances, e di sicurezza dal punto di vista ecologico. I problemi di riduzione delle performances dei riproduttori e di qualità dei gameti, il rischio di perdita di variabilità genetica dei riproduttori, la presenza di alterazioni macroscopiche del fenotipo e di gravi deformazioni negli avannotti allevati, il rischio di impatto ambientale per l'uso di antibiotici e chemioterapici (utilizzati in molte avannotterie a scopo profilattico fin dalle prime fasi di allevamento larvale), possono disattendere i principi di sostenibilità contenuti nel CCPR e richiamati agli art. 9.1.5, 9.3.3, 9.3.4, 9.3.5, 9.4.4 (Tab. I).

Spesso si assiste ad una sottovalutazione da parte degli addetti, o alla pubblicazione di manuali tecnici in cui si consiglia l'impiego massivo di farmaci, senza stimolare la crescita di tecnologie appropriate ai contesti di una acquacoltura responsabile secondo le esigenze proprie dei Paesi in Via di Sviluppo (art. 5 CCPR).

S.C.

Tab. I - Linee guida derivate dall'art. 9 del CCPR (FAO, 1997) per la produzione responsabile di uova, larve e giovanili di specie ittiche.

CCPR (Par.)	Riproduttori	Gameti	Larve e giovanili
9.3 9.4	Perdita di variabilità genetica Stress Riduzione delle performances Trasferimento di patogeni	Riduzione fertilità e schiusa	Sopravvivenza ridotta Deformazioni Alterazioni del fenotipo
Linee guida			
9.3.3	Selezione e miglioramento genetico	Indicatori di qualità	Codici di "Buone pratiche di allevamento"
9.3.4	Aumento del numero di riproduttori Programmi di riproduzione e selezione Registrazione dati di avannotteria Avannotterie specializzate per il miglioramento del seme	Ottenuti durante tutta la stagione riproduttiva naturale Regole e linee guida per la produzione di ibridi e transgenici	
9.3.5	Mantenimento della variabilità genetica Broodstock geneticamente compatibili No incroci e/o ibridi No domesticazione	Conservazione <i>ex situ</i>	Riprodotti in condizioni simil-naturali (catene trofiche, ambiente)
9.4.2	Riduzione stress	Igiene ambientale	Riduzione stress
9.4.3	Programmi di profilassi, diagnosi e terapia		Riduzione densità Programmi di profilassi, diagnosi e terapia
9.4.4	Igiene ambientale Registrazione dati Miglioramento diete Sviluppo vaccini (soprattutto contro agenti trasmessi verticalmente)	Trasferimento costituenti (resistenza patogeni e miglioramento crescita)	Miglioramento diete Riduzione uso farmaci



3.7 MOLLUSCHICOLTURA

R. Rossi, G. Prioli, M. Pellizzato, E. Turolla, G. Giulini

Del *phylum* dei Molluschi sono attualmente allevate numerose specie di Bivalvi ed alcuni Gasteropodi.

In ambito internazionale la molluschicoltura è fonte di circa il 15% della produzione complessiva dell'acquacoltura, mentre in Italia il settore rappresenta oltre il 50% della produzione totale. Fino a non molti anni fa si allevavano solo mitili; oggi, oltre ad una ancor modesta produzione di ostriche, l'allevamento di vongole veraci è l'evento che caratterizza l'intera acquacoltura italiana nell'ultimo ventennio.

L'applicazione del CCPR alla molluschicoltura, dal punto di vista sia ambientale sia economico-sociale è un processo già avviato. Nei confronti dell'ambiente da cui ricava fonte di reddito, l'uomo ha modificato il suo approccio, perché passa dalla semplice raccolta delle risorse naturali della pesca ad una più razionale gestione delle potenzialità produttive degli ecosistemi acquatici: in alcune aree si è già passati alla cosiddetta *culture based fishery*, mediante uno sforzo di programmazione delle semine, degli spostamenti e dei prelievi. Non da ultimo, la molluschicoltura sottrae manodopera alla pesca riducendone quindi l'impatto nei confronti dell'ambiente.

Dal punto di vista ambientale, l'eutrofizzazione delle lagune, delle aree delizie e di alcuni tratti costieri del mare Adriatico, anziché causa di catastrofi diviene fonte di ricchezza, mediante l'utilizzazione del più basso livello della rete trofica rappresentato soprattutto dai molluschi bivalvi, che si nutrono di fitoplancton e particolato organico filtrando elevate quantità d'acqua.

Venericoltura e ostricoltura portano all'attenzione il problema, frequente a livello internazionale, della introduzione di specie alloctone, dal momento che la quasi totalità delle vongole veraci raccolte in Italia è rappresentata da *Tapes philippinarum*, e le ostriche sono soprattutto *Crassostrea gigas*, entrambe specie non indigene. Il successo ambientale e commerciale, soprattutto di *T. philippinarum*, non deve far dimenticare il suo impatto negativo sulla composizione della biocenosi macrobentonica dell'alto Adriatico, così come il fatto che numerose altre specie di molluschi alloctoni introdotti anche involontariamente, ad esempio *Anadara inaequalis*, *Rapana venosa*, e da ultimo *Musculista senhousia*, hanno invece arrecato danni rilevanti ai produttori.

L'allevamento dei Molluschi va quindi condotto utilizzando esclusivamente



ceppi di seme autoctono, evitando l'immissione di prodotto proveniente da aree extramediterranee. Nel caso della vongola filippina e dell'ostrica conca-va, specie non indigene ma ormai acclimatate e non eradicabili, è da evitare l'immissione di animali provenienti da aree comunque estranee alle zone di produzione. Questo anche per evitare il trasferimento di organismi associati, presenti nell'acqua intervalvare o come epibionti, che possono portare a nuove patologie o, più genericamente, ad una loro diffusione incontrollata nell'ambiente, con possibili ed imprevedibili danni di carattere genetico ed ecologico.

La molluschicoltura italiana, come anche quella europea, deve fare i conti con un fenomeno il cui impatto futuro è difficilmente prevedibile: le biotos-sine algali (PSP, DSP, ASP e altre), prodotte da alcune microalghe tossiche per l'uomo. Nutrendosi di queste alghe, i Molluschi, ed i mitili in particolare, accumulano tossine che essendo termostabili resistono alla cottura e posso-no costituire un serio pericolo per la salute umana. La presenza nei Molluschi di tossine in quantità oltre i limiti di legge comporta la chiusura temporanea alla commercializzazione dell'impianto di allevamento. Questo problema ha impedito nelle ultime stagioni la raccolta della produzione per molti mesi all'anno, mettendo in crisi le mitilocolture di interi compartimenti. Al di là del fatto che si rendono necessari metodi di rilevazione della presenza delle tos-sine più affidabili di quelli oggi in uso, poiché non si conosce attualmente alcun rimedio, non si può, per ora, fare altro che tenere sotto stretto con-trollo gli allevamenti.

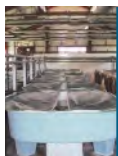
3.7.1 Mitilicoltura

In Italia la mitilicoltura è la principale attività di allevamento di specie acquatiche, per i quantitativi prodotti, la diffusione sul territorio nazionale ed il numero di insediamenti produttivi.

Oggetto di allevamento è il Bivalve *Mytilus galloprovincialis*, diverso dal con-generico atlantico, *Mytilus edulis*, per il colore esterno delle valve più scuro, la forma più appiattita della zona postero-dorsale della conchiglia, ed il bordo esterno del mantello di colore violaceo anziché giallo-bruno. I mitili sono organismi sessili che tramite i filamenti del bisso vivono aderenti a sub-strati fissi o incoerenti.

La mitilicoltura nel nostro Paese è esercitata principalmente attraverso tre sistemi: (1) su fondale, (2) pali fissi, (3) filari galleggianti o *long-line*.

Il sistema su fondale è utilizzato solo in aree lagunari del delta padano, e consiste in spostamenti di prodotto sotto taglia, raccolto in natura, in zone



Esemplare di *Mytilus galloprovincialis*.
Foto di G. Prioli.

appositamente predisposte, dove viene lasciato crescere fino al raggiungimento della taglia minima commerciale (50 mm). Per la raccolta si usano attrezzi al traino a bocca rigida, analogamente a quanto avviene in paesi dell'Europa settentrionale. Il sistema a pali fissi è diffuso in zone lagunari o costiere riparate: consiste nella disposizione, secondo alcuni schemi principali, di pali, un tempo di legno di castagno ora più frequentemente di cemento o metallo, collegati tra loro da cavi a cui vengono appese le calze, reti tubolari in materiale plastico (polipropilene) contenenti i mitili (l'insieme della struttura e dei mitili è detto resta). Attualmente, come sta avvenendo per il sistema su fondale, queste strutture vengono gradualmente abbandonate e sostituite con i *long-line*. Il sistema a filari galleggianti (*long-line*), nella sua struttura base, è composto da due corpi morti di ancoraggio, posti a una distanza variabile da 100 a 200

metri, tra loro collegati da uno o più cavi mantenuti in sospensione da una successione di galleggianti. Il numero di cavi in sospensione, a cui vengono appese le reste di mitili, può variare da uno (*long-line monoventia*) a tre (*long-line bi/triventia* o "triestino"). Nel primo caso, adatto ad aree più esposte, la cima è mantenuta ad una profondità che varia da 2 a 5 metri, mentre nel secondo il cavo si trova in prossimità della superficie.



Posizionamento di reste su un filare galleggiante. Foto di G. Prioli.

Tolto il sistema a fondale, di tipo estensivo, gli altri sistemi comportano alcune operazioni di lavorazione che consistono nel reperimento di giovanili, tramite captazione naturale nell'ambito del proprio allevamento, la raccolta su banchi naturali o l'acquisto presso altri allevamenti, e la loro immissione in calze, formando reste di lunghezza variabile da 2 a 5 m. L'operazione di incalzo può essere ripetuta una o due volte nell'arco del ciclo di allevamento, in relazione all'accrescimento dei mitili ed alla conseguente necessità di ridurne il quantitativo all'interno delle reste. Alla taglia commerciale, 50-70 mm di lunghezza, le reste vengono vendute tal quali o come prodotto sfuso, previa operazione di sgranatura, effettuata manualmente o con l'ausilio di apposite attrezzature.

In tutte le sue fasi la mitilicoltura presenta l'adozione di tecniche e procedure che richiedono un comportamento responsabile da parte degli operatori del settore, in primo luogo dei mitilicoltori, ma anche delle strutture tecniche deputate alla loro assistenza.



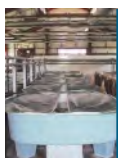
Scelta del sito di installazione

Gli impianti di mitilicoltura dovrebbero essere posizionati in zone in cui:

- la struttura fisica del fondale consenta l'insediamento della tipologia di allevamento prescelta;
- non avvengano frequenti fenomeni distrofici a carico del fondale e dello strato acqueo in cui stazionano i mitili;
- sia garantita la sicurezza alla navigazione, in qualunque condizione meteo;
- sia limitato l'impatto visivo delle strutture emergenti e quello fisico delle parti immerse;
- sia favorito il rimescolamento del fondale e la conseguente dispersione di residui organici, compresi eventuali accumuli di pseudofeci, di mitili distaccatisi dalle strutture di allevamento o derivanti da scarti di lavorazione;
- la classificazione igienico-sanitaria sia di tipo A, adatta cioè alla produzione di molluschi da indirizzare direttamente al consumo umano (D.Lgs. n. 530/92 e successive integrazioni).

Sistemi e strutture di allevamento

Il sistema ed il dimensionamento delle strutture di allevamento vanno scelti avendo presenti ovi criteri di economicità, ma anche le caratteristiche ambientali e meteomarine dell'area di insediamento. Una scelta errata, oltre che causare notevoli disagi per gli addetti, può comportare gravi danni alle



strutture e di conseguenza all'ambiente circostante, per la dispersione dei materiali costituenti l'impianto e del prodotto presente in allevamento. Particolare attenzione va posta al controllo periodico di tutte le parti componenti l'impianto, sostituendo i materiali usurati.

Vanno preferite quelle scelte che comportano l'introduzione di strumenti che agevolano le operazioni di lavorazione o che consentono risparmi energetici. Ad esempio, l'impiego sulle imbarcazioni di motori ausiliari per fornire energia ai servizi, in sostituzione di quelli propulsivi generalmente molto più potenti, limita il consumo di carburante e l'emissione di gas in atmosfera.

La scelta di sistemi di allevamento adeguati e di mezzi ausiliari efficienti, riducendo il carico di fatica degli addetti, favorisce da parte di questi ultimi una maggiore disponibilità verso l'adozione di pratiche di lavorazione responsabili e compatibili con le necessità ambientali.

Allevamento

Nel corso delle operazioni di lavorazione occorre porre attenzione al recupero dei materiali di scarto, tratti di vecchie reste, cordami, boe non più efficienti. È necessario impostare il ciclo di produzione in maniera tale da evitare l'eccessivo appesantimento delle reste di mitili, che può portare al loro distacco, con conseguente immissione nell'ambiente di lunghi tratti di calze. La loro presenza sul fondale è causa di inconvenienti sia dal punto di vista ambientale, perché si tratta di materiale plastico non biodegradabile, sia direttamente su altri mestieri di pesca, che spesso vedono ridotta l'efficienza

dei loro attrezzi. Una pratica diffusa in mitilicoltura è il trasferimento di prodotto tra differenti zone di produzione, sotto forma di seme o come adulto da destinare ad un breve periodo di stabulazione e finissaggio. Valgono in questo caso le raccomandazioni già espresse, a cui si aggiunge l'esigenza di preferire zone di inserimento con caratteristiche chimico-fisiche analoghe a quelle di provenienza, così da favorire un migliore adattamento dei mitili ed una corretta ripresa delle funzioni fisiologiche.



L'operazione di incalzo di nuove reste.
Foto di G. Prioli.

Raccolta e commercializzazione

In fase di raccolta e prima commercializzazione occorre porre cura sia agli aspetti legati alla qualità e vitalità del prodotto, sia all'adozione di pratiche che ne garantiscano la salubrità. I mitili devono essere raccolti in condizioni ottimali, quando cioè non siano in corso anossie o evidente emissione gametica, che possano diminuirne la resistenza alle operazioni di preparazione e trasporto. Il lavaggio deve essere effettuato con acqua salubre, e lo stoccaggio deve avvenire evitando l'eccessivo soleggiamento ed il contatto dei mitili con superfici potenzialmente contaminate da agenti chimici o microbici. È assolutamente vietata la raccolta di mitili contaminati da tossine algali oltre i limiti consentiti.

3.7.2 Ostricoltura

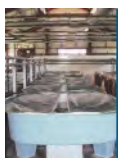
Benché abbia origini antiche nel nostro Paese, l'ostricoltura al momento è scarsamente esercitata, ed il più delle volte è associata alla mitilicoltura, quale produzione complementare o accessoria. Mentre un tempo si allevavano esclusivamente ostriche autoctone, *Ostrea edulis* o ostrica piatta, ora gran parte della produzione deriva dalla coltura di una specie di origine pacifica: *Crassostrea gigas* o ostrica concava, importata negli anni 1960-70 in alcune lagune dell'Alto Adriatico.



Esemplari di *Ostrea edulis*. Foto di E. Turolla.

L'ostrica piatta ha una forma rotondeggiante con la valva inferiore leggermente concava, mentre la valva superiore è piana. Si ritrova fino a circa 40 metri di profondità. Vive aderente al substrato roccioso o libera sul sedimento, sabbioso o fangoso. Si caratterizza per presentare una forma di riproduzione di tipo larviparo. *C. gigas* presenta una conchiglia di forma allungata,





con la valva inferiore fortemente incavata. È specie ovipara che predilige acque più superficiali, superiori a 15 metri di profondità.

I sistemi di allevamento sono analoghi a quelli della mitilicoltura, tanto che sui medesimi impianti di allevamento trovano luogo entrambe le specie. Il seme può essere reperito tramite captazione naturale in prossimità dell'allevamento, oppure acquistato da altri allevamenti o da schiuditori. Le giovani ostriche vengono poste a dimora su fondale o in appositi contenitori mantenuti in sospensione. Nel caso di semina su fondale è necessario preparare il terreno e gestire il banco; l'adozione del metodo in sospensione comporta invece la cura e la pulizia dal *fouling* dei contenitori, nonché periodiche operazioni di selezione. Il raggiungimento della taglia commerciale avviene dopo circa 12-18 mesi per l'ostrica concava e 24-30 mesi per l'ostrica piatta.



Esemplari di *Crassostrea gigas*. Foto di E. Turolla.

Per l'ostricoltura sono valide gran parte delle considerazioni espresse per la mitilicoltura. Per le ostriche è assai frequente la pratica del trasferimento, anche a livello internazionale ed intercontinentale, con i pericoli che questo comporta.

Una pratica che si sta diffondendo è la cattura di individui adulti di *O. edulis* da banchi naturali ed il loro mantenimento in sospensione per alcune settimane per il finissaggio. Le ostriche vengono selezionate in base a criteri di forma e dimensione e trasferite presso impianti di mitilicoltura, dove si ripuliscono da eventuali residui fangosi, si affina il sapore, e si compie un'azione preventiva di depurazione. Se tale pratica dovesse perdurare sarebbe opportuno, a tutela dei banchi naturali, prevedere la captazione di seme autoctono da utilizzare per ripopolare periodicamente i banchi sfruttati.

3.7.3 Venericoltura

La crescente domanda di vongole veraci, la bassa resa della pesca sui banchi naturali della specie nostrana, *Tapes decussatus*, e la difficoltà del suo allevamento hanno spinto gli operatori del settore a seguire l'esempio di altre nazioni europee ed extraeuropee, importando la vongola filippina, *Tapes philippinarum*.

Rispetto a *Tapes decussatus*, il margine posteriore della conchiglia è più arrotondato nella filippina, mentre le sculture sulla superficie esterna risultano più fitte ed omogenee nella specie nostrana. L'elemento distintivo più evidente è la disposizione dei sifoni, nella filippina fusi alla base e divisi all'estremità, mentre nella nostrana sono completamente separati.



Esemplari di vongola verace autoctona, *Tapes decussatus*. Foto di E. Turolla.

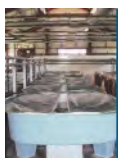
Le lagune dell'Alto Adriatico, per l'elevata trofia delle acque, il particolare tipo di sedimento ed il costante idrodinamismo dovuto alle maree, le più alte del Mediterraneo, si sono rivelate le più idonee per la nuova specie, che si è riprodotta naturalmente dando origine ad estese popolazioni.

Reperimento del seme

Il seme migliore è quello che viene reclutato naturalmente nei fondali del vivaio. In caso di bisogno si ricorre alla pesca o all'acquisto di seme nato nelle zone circostanti. È da evitare l'immissione di seme proveniente da aree geografiche extramediterranee.

Il periodo ottimale per la semina è la primavera, con temperatura dell'acqua superiore ai 14°C e quando cominciano a manifestarsi le prime "fioriture" di microalghe. È possibile seminare anche a settembre, quando non c'è più il





rischio di morte legato alle temperature estive e a bassi valori di ossigeno disciolto.

La semina va fatta a spaglio, durante la bassa marea: ciò, oltre a facilitare il lavoro, consente di verificare l'infossamento delle giovani vongole, che in genere avviene entro 5-15 minuti. Per il seme proveniente da schiuditoio, se di piccola taglia, 2-3 mm, bisogna prevedere il pre-ingrasso in cassette o in sacchi rotativi o in teli stesi sul fondo. Animali di taglia superiore ai 10 mm consentono la semina direttamente sul fondo, protetta da reti anti-predatori. Con ridotto ricambio d'acqua e scarso fitoplancton la densità di semina non deve superare i 50 animali per m². Nelle aree interessate da forti ricambi idrici e dotate di buona trofia, la densità di semina può arrivare fino a 1.000 animali per m².

L'allevamento

L'allevamento delle vongole veraci viene praticato direttamente sul fondale.



Esemplari di vongola verace alloctona, *Tapes philippinarum*. Foto M. Pellizzato.

Scelta del sito di allevamento

La scelta va fatta tenendo conto dell'idoneità sanitaria del sito, la pendenza del fondale, la tessitura del sedimento e l'idrodinamismo.

Il fondale non deve essere troppo in pendenza: è tollerata una variazione della profondità di 50 cm ogni 100 metri. Il sedimento ottimale è un misto di sabbia e fango, ma buoni risultati si possono ottenere anche con sedimento completamente sabbioso o fangoso, purché ben ossigenato.



Delimitazione della concessione

Per garantirsi prodotto commerciale tutto l'anno è opportuna la divisione della concessione in campi o zone di coltura; in genere si usano pali di castagno, economici e resistenti all'acqua salata. Qualunque sia la forma, la delimitazione deve avere un contenuto impatto ambientale e non costituire ostacolo alla navigazione.

Pulizia del fondale

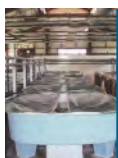
Ogni impedimento fisico presente sul fondale modifica in qualche modo la movimentazione dell'acqua. Le macroalghe, ad esempio l'ulva o lattuga di mare (*Ulva rigida*), possono condizionare il movimento dell'acqua e provocare danni agli allevamenti.

La raccolta

I metodi tradizionali, costituiti dalla raccolta manuale o dall'impiego di rastrelli a mano o rasche, sono quelli più rispettosi dell'ambiente. Nella laguna di Venezia si usano anche la rasca meccanica con fuoribordo (rusca) ed il rastrello vibrante; in laguna di Marano durante l'inverno si utilizza un piccolo rapido, detto rastrello maranese. L'uso di attrezzi non consentiti come la draga turbosoffiante o la motorasca reca gravi danni al fondale.



Raccolta manuale di vongola verace con "rastrello". Foto M. Pellizzato.



Il prodotto viene selezionato mediante setacci manuali o meccanici. Nella laguna di Marano l'allevamento viene praticato in aree lasciate scoperte dall'escursione di marea; ciò rende possibile l'impiego di 3 tipologie diverse di macchinari: macchina per la semina e per stendere le reti, macchina pulitrice, macchina raccogliitrice.

Problemi del settore

Situati in ambienti eutrofici, caratterizzati dal ciclico manifestarsi di crisi anossiche, gli allevamenti di vongole veraci sono sottoposti a morie che in alcuni casi possono decimare il prodotto. Alcune regole di comportamento responsabile possono comunque limitare i danni:

- adozione di sistemi di delimitazione che non intralcino il flusso dell'acqua;
- mantenimento del fondale sgombrato da macroalghe, evitando anche di formare con la selezione fuori bordo accumuli di scarto sul fondale;
- evitare di seminare in aree non adatte;
- adozione di idonee densità di semina;
- redistribuzione del prodotto sottomisura ottenuto durante la fase di selezione;
- controllo periodico della crescita, in termine di dimensioni e peso per metro quadrato.

Fra i problemi della venericoltura vi sono quelli di mercato. L'aumento dell'offerta ha portato inevitabilmente ad un calo del valore del prodotto alla prima vendita. La situazione è aggravata dal diffuso fenomeno della pesca e della vendita abusiva.

3.7.4 Altri Molluschi coltivabili

La ricerca di nuove specie da allevare è risultata fino ad oggi improduttiva. Fermo restando il vincolo di non introdurre specie alloctone, il campo di scelta delle specie candidate è limitato da valutazioni delle caratteristiche biologiche dell'organismo, disponibilità di conoscenze tecnologiche, e prospettive di mercato. Dei circa quaranta molluschi mediterranei presenti sui mercati europei (Tab. I), oltre a quelli già coltivati possiedono i requisiti necessari per l'allevamento alcuni bivalvi: la capasanta (*Pecten jacobaeus*), il tartufo di mare (*Venus verrucosa*), il fasolaro (*Callista chione*), il canalicchio (*Ensis siliqua*), la modiola (*Modiolus barbatus*), il dattero bianco (*Pholas dactylus*); ed il gasteropode orecchia di S. Pietro (*Haliotis tuberculata*).



Tab. I - Denominazione italiana e scientifica dei Molluschi Gasteropodi e Bivalvi commercializzati in Italia.

GASTEROPODI

Orecchie di S. Pietro*	<i>Haliotis tuberculata</i>
Lumachine*	<i>Nassarius mutabilis</i>
Crocette*	<i>Aporrhais pespelecani</i>
Murici e bulli*	<i>Bolinus brandaris</i> , <i>Hexaplex trunculus</i>
Rapane*	<i>Rapana venosa</i>

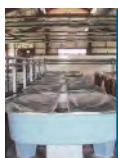
BIVALVI

Mitili o cozze	<i>Mytilus galloprovincialis</i> <i>Mytilus edulis</i>
Cozze pelose o modiole	<i>Modiolus barbatus</i>
Ostriche concave	<i>Crassostrea gigas</i>
Ostriche piatte	<i>Ostrea edulis</i>
Capesante	<i>Pecten jacobaeus</i>
Capesante atlantiche*	<i>Pecten maximus</i>
Canestrelli	<i>Aequipecten opercularis</i> <i>Chlamys varia</i>
Cuori o cappe tonde	<i>Cerastoderma glaucum</i>
Cappe ricce	<i>Acanthocardia spp.</i>
Cannolicchi o cappelunghe	<i>Solen vagina</i> <i>Ensis minor</i>
Cannolicchi atlantici*	<i>Ensis directus</i>
Telline	<i>Donax trunculus</i>
Vongole	<i>Chamelea gallina</i>
Vongole veraci	<i>Tapes philippinarum</i> <i>Tapes decussatus</i>
Tartufi o noci di mare	<i>Venus verrucosa</i>
Fasolari	<i>Callista chione</i>
Longoni e lupini	<i>Paphia aurea</i> , <i>P. rhomboides</i> <i>Dosinia exoleta</i> , <i>D. lupinus</i>
Arche di Noè o mussoli	<i>Arca noae</i>
Piè d'asino	<i>Glycymeris glycymeris</i>

Le specie contraddistinte dall'asterisco (), pur essendo commercializzate comunemente, non sono elencate nel Decreto del 4 agosto 2000 del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.



Esemplari di *Venus verrucosa*. Foto E. Turolla.



Esemplari di *Modiolus barbatus*.
Foto E. Turolla.

Il problema fondamentale del seme, grazie a tecniche di riproduzione controllata, è risolto per specie come la modiola e l'orecchia di S. Pietro. La capasanta, il tartufo ed il fasolaro sono ancora in fase di studio. Per le altre specie, né l'insediamento naturale, né tentativi di captazione con collettori

artificiali sono in grado di garantire un approvvigionamento di stadi giovanili sufficiente ad avviare una coltura. Per alcune di queste specie, poi, non sono ancora a punto adeguate tecniche di allevamento. L'interesse dei produttori verso nuove specie sembra comunque relativo: è il caso della modiola, che, raggiungendo la taglia commerciale (5 cm) non prima dei due anni, non suscita l'interesse dei mitilicoltori abituati a brevi cicli di allevamento (anche 6 mesi) con rese molto superiori. Lo stesso vale per il tartufo, il fasolaro e per l'orecchia di S. Pietro. Quest'ultima necessita inoltre di alimentazione, un elemento nuovo nella molluschicoltura tradizionale.

3.7.5 Depurazione del prodotto

La depurazione, intesa come processo di risanamento microbiologico del prodotto, costituisce un passaggio estremamente importante nella filiera, sia per quanto riguarda la salubrità, prerequisito della qualità alimentare, sia per la rintracciabilità delle produzioni.

Infatti, da un lato deve garantire l'abbattimento delle cariche microbiche (Coliformi fecali, *E. coli* e Salmonelle) entro precisi limiti di legge, dall'altro deve essere effettuata in modo da non mescolare prodotti di provenienze diverse. Quest'ultima esigenza, che rappresenta una delle problematiche recenti di più difficile soluzione, nasce dal fatto che si sono verificati gravi episodi di tossinfezione alimentare imputabili al consumo di molluschi bivalvi dei quali non era definibile l'origine. Ciò ha creato ostacolo all'opera degli organi di controllo e quindi alla tutela del consumatore, intaccando la credibilità del settore.

Qualunque sia il metodo utilizzato per la depurazione, sono fondamentali per l'efficacia del processo:

- il tempo di trattamento del prodotto;
- la vitalità dei molluschi;
- le caratteristiche fisico-chimiche e microbiologiche dell'acqua.

I tempi di stazionamento del prodotto, sufficienti alla sua depurazione, dipendono dalla capacità depurativa dell'impianto e dalla durata dei cicli di



depurazione, stabiliti sulla base di determinazioni analitiche di lotti provenienti dalle diverse zone di allevamento e raccolta.

La variabilità delle caratteristiche microbiologiche delle produzioni rende difficile la standardizzazione dei tempi di depurazione: per una maggiore sicurezza nell'abbattimento dei contaminanti è basilare la scelta dei fornitori, sia per quanto riguarda le caratteristiche microbiologiche dei Molluschi, sia per le condizioni di vitalità del prodotto consegnato alla depurazione.

Il benessere degli animali durante il processo depurativo si ottiene fornendo loro un ambiente adeguato per la ripresa dell'attività di filtrazione dopo lo stress della raccolta e del trasporto, il che si traduce in acque d'immissione con valori ottimali dei principali parametri fisico-chimici, tenendo conto delle differenze fisiologiche delle specie trattate.

Poiché il prodotto movimentato può avere origini diverse, l'identità dei lotti di produzione va mantenuta:

- curando la separazione dei lotti nei settori dell'impianto;
- prevedendo un sistema di registrazione efficiente in ingresso ed in uscita per garantirne l'identificazione e la tracciabilità.

La depurazione può essere effettuata o tramite l'immissione in zone di stabulazione a mare o tramite impianti di depurazione a terra.

Zone di stabulazione

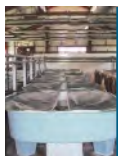
La stabulazione in mare è finora poco praticata, anche perché attualmente, ai sensi della normativa vigente (D.Lgs. n. 530/92 e successive integrazioni), le zone autorizzate per la depurazione naturale dei Molluschi Bivalvi vivi sono pochissime.

Per una buona pratica di stabulazione, valgono le stesse considerazioni fatte per la produzione, relativamente: all'introduzione di specie alloctone volontaria o accidentale, all'impatto ambientale dell'impianto di stabulazione, alla sicurezza dell'impianto rispetto al sito e rispetto ai criteri di realizzazione, allo stress delle specie dovuto a caratteristiche fisico-chimiche delle acque d'immissione diverse da quelle di provenienza.

Impianti di depurazione

La depurazione a terra è affidata dalla normativa ai Centri di Depurazione Molluschi (CDM), e viene effettuata tramite due tipi di impianto:

- "tradizionali" a circuito aperto, attivi in Italia già dagli anni '60;
- "innovativi" a circuito chiuso, di recente introduzione, in costante aumento ed in continua evoluzione tecnologica.



Le principali problematiche legate agli impianti a terra, oltre a quelle generali già esposte, si possono riassumere in:

- gestione e manutenzione delle tecnologie installate;
- preparazione tecnica degli addetti;
- eliminazione di tutte le forme batteriche indesiderate;
- ricontaminazione del prodotto (microbiologica o chimica);
- smaltimento dei reflui.

La corretta conduzione di un CDM deve quindi prevedere programmi di manutenzione completi, chiari e dettagliati, con procedure scritte e schede operative, indispensabili per un efficace controllo del sistema. Al fornitore della tecnologia dovrebbe essere richiesta, oltre ad una assistenza competente e tempestiva, la possibilità di formare il personale addetto alle manutenzioni ed ai controlli, mediante corsi e dimostrazioni.

Poiché non è ancora completamente chiarita l'efficacia dei trattamenti depurativi in fase di processo, sia sulle diverse forme batteriche, sia su concentrazioni microbiche molto elevate, al controllo sull'operatività dell'impianto deve essere sempre associata la conoscenza delle caratteristiche microbiologiche del luogo di provenienza del prodotto.

Durante la depurazione non devono essere aggiunti contaminanti ai Molluschi, per cui particolare attenzione deve essere posta ai residui degli agenti chimici disinfettanti utilizzati, alla qualità dell'acqua prelevata a mare o ottenuta artificialmente e, nel caso si utilizzi un circuito chiuso, alla qualità dell'acqua di riciclo.

Relativamente ai rifiuti prodotti da tali attività, non esistono particolari problemi per lo smaltimento dei fanghi, classificati come speciali assimilabili e



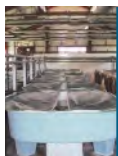
Stabulario tradizionale a circuito aperto per la depurazione dei mitili.
Foto di G. Prioli.

quindi conferibili ad impianti di discarica di 1^a categoria. Più complessa può risultare l'eliminazione dei reflui, che, nel caso di scarico diretto a mare, è opportuno sia preceduta da una filtrazione e da una clorazione, mentre nel caso di scarico in pubblica fognatura, deve essere preceduta da una adeguata diluizione, per evitare problemi agli impianti di depurazione delle acque reflue.



Bibliografia

- Breber P. (1996). *L'allevamento della vongola verace in Italia*. Cleup: 157 pp.
- Bussani M. (1983). *Guida pratica di mitilicoltura*. Edagricole: 231 pp.
- ESAV (1990). *Tapes philippinarum - Biologia e Sperimentazione*. Regione Veneto - ESAV, Grafiche Zoppelli: 299 pp.
- FAO (1987). *Fiches FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. Mediterranée et mer Noire, Zone de peche 37*. Revision 1: 760 pp.
- Franzosini C. (1998). *Mitilicoltura nel golfo di Trieste: analisi del settore e opportunità di innovazione*. Filacorda: 182 pp.
- Giovanardi O., Prioli G. (1994). *Guida pratica alla molluschicoltura in mare aperto su filari: tecnologie e materiali*. Quaderno ICRAM n. 8: 148 pp.
- Gosling E. (Ed.) (1992). *The mussel Mytilus: ecology, physiology, genetics and culture*. Developments in aquaculture and fisheries sciences, volume 25. Elsevier: 590 pp.
- Loosanoff V.L., Davis H.C. (1963). *Rearing of bivalve molluscs*. Adv. Mar. Biol., 1: 1-136.
- Maffei M., Piva P., Prioli G. (1996). *Allevamento sperimentale di Crassostrea gigas (Thunberg, 1793) in mare aperto su filari flottanti semi-sommersi*. Biol. Mar. Medit., 3 (1): 400-404.
- Mattei N., Pellizzato M. (1997). *Mollusk fisheries and aquaculture in Italy*. In: The history, present condition, and future of the molluscan fisheries of North and Central America and Europe, Volume 3, Europe. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. of Fishery Bulletin, 129: 201-216.
- Paesanti F., Pellizzato M. (2000). *Manuale di allevamento della vongola verace Tapes philippinarum*. Veneto Innovazione: 1- 74.
- Paesanti F., Giulini G., Piva P., Prioli G., Pucci P., Serratore P., Zentilin A. (1999). *Molluschi bivalvi: Problemi e proposte. Le normative della produzione e della commercializzazione*. Lega Pesca, Roma.
- Pellizzato M., Mattei N., (1986). *Allevamento di Tapes philippinarum (Adams & Reeve, 1850) in alcuni biotopi lagunari veneti*. Nova Thalassia, 8 (Suppl. 3): 393-402.
- Prioli G., Mietti N., Malorgio A. G., Maffei M. (1998). *Messa a punto di nuove tecnologie di allevamento di Mytilus galloprovincialis e Modiolus barbatus*. Biol. Mar. Medit., 5 (3): 1857-1866.
- Rossi R. (1992). *L'introduzione di specie alloctone in acquacoltura*. Oebalia, 17, suppl. 2: 5-14.
- Rossi R., Campioni D., Conte A.G., Paesanti F., Turolla E. (1994). *Artificial*



- reproduction of warty venus (Venus verrucosa): preliminary results*. Rivista Italiana Acquacoltura, 29: 53-62.
- Solidoro C., Pastres R., Melaku Canu D., Pellizzato M., Rossi R. (2000). *Modelling the growth of Tapes philippinarum in Northern Adriatic lagoons*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 199: 137-148.
 - Turolla E. (1998). *Molluschicoltura: nuove prospettive*. Laguna 3: 10-15.
 - Turolla E. (1999). *Riproduzione controllata di bivalvi*. Laguna, 5: 16-19.
 - Turolla E., Rossi R. (1999), *Controlled reproduction of bearded horse mussel (Modiolus barbatus)*. Atti Conferenza "Towards the year 2000", Verona 11-12 febbraio 1999: 89 pp.
 - Turolla E., Rossi R. (2000). *Prime esperienze di allevamento larvale di Modiolus barbatus (Linneo, 1758)*. Biologi Italiani, 11: 44-47.
 - Walne P. R. (1972). *Culture of Bivalve Molluscs: 50 year's Experience at Conwy*. Fishing News (Books), West Byfleet. 173 pp.
 - Webber H.H., Riordan P.F. (1976). *Criteria for candidate species for aquaculture*. Aquaculture, 7: 107-123.



Riferimenti al CCPR

Anche nell'art. 9 dedicato all'acquacoltura, il CCPR, per la sua valenza generale, non fa riferimento a particolari tecnologie o a gruppi sistematici. Dunque in questo caso, trattando di molluscoltura, non è necessario rimandare il lettore a specifici articoli del CCPR. Potrebbe essere comunque utile avviare alcune riflessioni, proprio perché l'allevamento di Molluschi, per le sue potenzialità, assume una valenza strategica centrale nello sviluppo dell'acquacoltura mondiale.

Se nell'allevamento ittico, nei Paesi più industrializzati, sono utilizzate delle specie predatrici che richiedono una dieta con forti componenti di origine animale (e che quindi sono considerate energeticamente dispendiose), basti pensare alle trote, ai salmoni, alle spigole, nel caso dell'allevamento dei Molluschi le biomasse crescono sfruttando solo risorse trofiche naturali.

Dal punto di vista strategico l'allevamento di Molluschi ha potenzialità di crescita forte, con un limite più evidente, quello rappresentato dal degrado ambientale, sia per le contaminazioni dei sedimenti sia per gli eventi di varia natura (inquinamento, fioriture di alghe tossiche, ecc.) che possono interessare la colonna d'acqua.

Un'acquacoltura responsabile dei Molluschi dipende in prima istanza dal "governo responsabile dell'ambiente" e dalla piena attuazione delle politiche di difesa del mare dall'inquinamento.

Una difesa dai rischi citati è rappresentata dalla depurazione e dalla capacità di garantire i controlli igienico-sanitari che debbono prevenire i rischi connessi al consumo di Molluschi.

La possibilità di fare una molluscoltura sicura è una delle misure della qualità nella politica ambientale per il mare.

Anche in questo caso le crescenti condizioni di degrado di alcune aree povere del globo, inficiano per rischi igienico-sanitari il potenziale produttivo a basso consumo energetico rappresentato dalla molluscoltura. Soprattutto in condizioni di crescenti rischi igienici aumentano le barriere sanitarie tra le varie aree del globo, riducendo, a causa di ciò, le opportunità di crescita della ricchezza, attraverso le esportazioni, là dove è più necessaria.

Diffondere tecnologie ed equipaggiamenti per controllare la qualità igienica dei molluschi, consentire di classificare le aree idonee alla molluscoltura, conoscere meglio i valori nutrizionali di questi alimenti, anche nei Paesi più poveri, ha un significato rilevante in una acquacoltura che tende ad esaurire le materie prime di pregio da trasformare.

S.C.



3.8 CROSTACEICOLTURA

E. Lumare

Sebbene siano diverse le specie coltivate di Crostacei (in genere come integrazioni a produzioni di base, nei paesi sud-orientali), soprattutto i gamberi Peneidi da oltre un ventennio costituiscono oggetto di interesse ai fini dell'allevamento (Fig. 1). In base agli ultimi dati della FAO, risalenti al 1998, la produzione mondiale di gamberi provenienti da pesca e allevamento ammontava a 3.827.337 t, delle quali ben il 29,1% ottenuto attraverso forme di acquacoltura (Fig. 2).

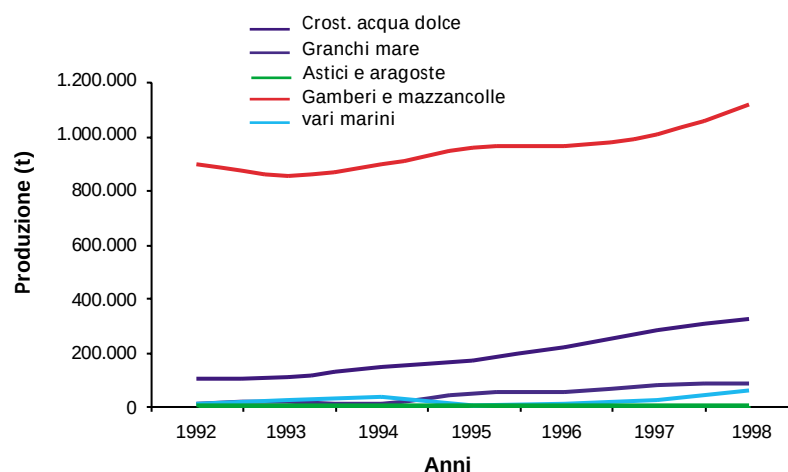


Fig. 1 - Produzione dei Crostacei da allevamento nel mondo (FAO, 2000). La voce Crostacei d'acqua dolce si riferisce soprattutto a *Macrobrachium spp.*, *Cherax spp.*, ed Astacidi dulciacquicoli; granchi di mari a *Portunus sp.*, *Callinectes sp.* e *Scylla serrata*; Astacidi e aragoste a *Panulirus spp.* e *Palinurus spp.*; la voce gamberi e mazzancolle ai gamberi Peneidi. Vari marini, infine, ad altri crostacei, come *Artemia spp.*, non inclusi nelle categorie precedenti.

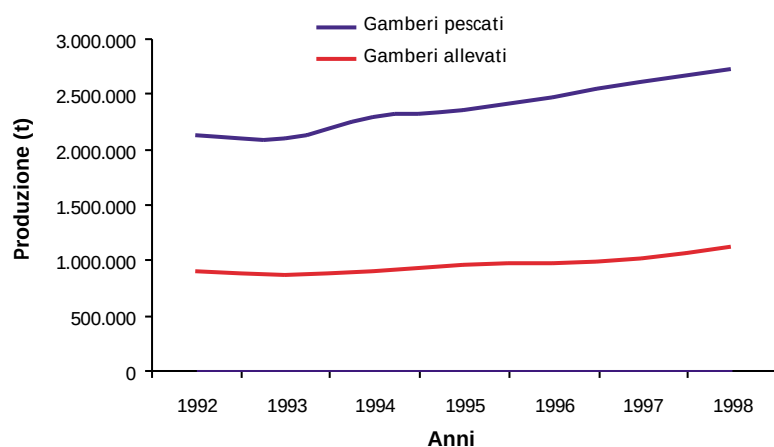


Fig. 2 - Andamento della produzione mondiale di gamberi sia da allevamento che pescati in natura. Su un totale della produzione mondiale, nel 1998, pari a 3.827.337 t, ben il 29,1% proveniva da allevamenti.



3.8.1 Il consumo dei gamberi nella UE

L'Unione Europea è, insieme al Giappone ed USA, una delle maggiori consumatrici di gamberi al mondo.

La UE nel 1998 ha utilizzato 625.273 t di gamberi (Fig. 3) con un consumo medio pro-capite pari a 1,3 kg; di esse 382.115 t (61,1%) sono state importate e 243.158 t (38,9%) risultano di produzione interna, in grande maggioranza da pesca in mare. Le stime indicano che del totale consumato il 22% proveniva da allevamento.

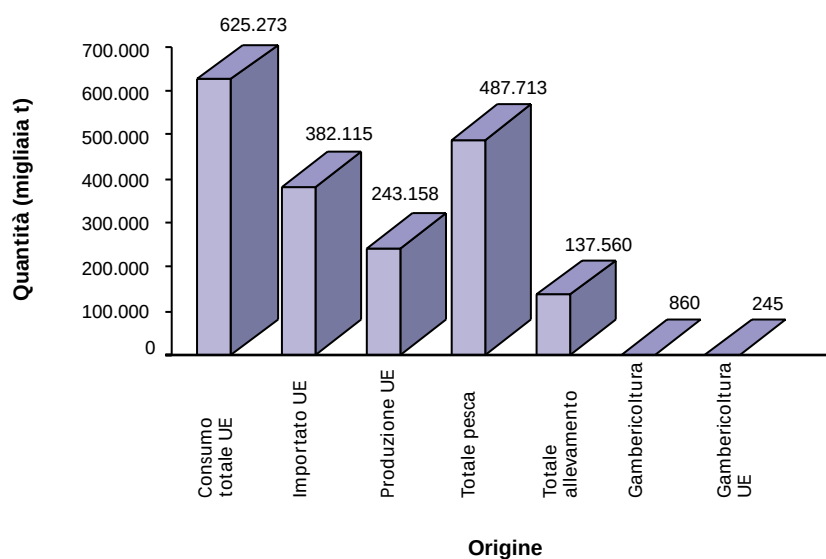


Fig. 3 - Quantitativi ed origini dei gamberi consumati nell'Unione Europea; dati riferiti al 1998. In particolare vengono indicati: il consumo totale nella UE; i quantitativi prodotti nella UE (243.158 t) rispetto a quelli di importazione (382.115 t), il totale proveniente da allevamento (estero e UE, pari a 137.560 t) e la produzione da allevamento all'interno della UE (112 t).

3.8.2 La gambericoltura nel Mediterraneo

La produzione di gamberi allevati nel Mediterraneo ha raggiunto, nel 1998, le 505 t, delle quali soltanto 112 t prodotte nell'ambito della UE. La situazione relativa alle produzioni per specie, quantità e paese è illustrata in figura 4; da questa si rileva che i maggiori produttori del Mediterraneo sono Turchia ed Egitto (rispettivamente con 270 t e 80 t).

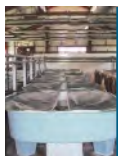


Fig. 4 - Mappa dei principali paesi produttori di gamberi da allevamento nell'area del Mediterraneo, con relativi quantitativi e specie. In blu vengono indicati i paesi che al momento non hanno produzioni significative, ma hanno avviato programmi di sviluppo.

3.8.3 Le specie

Il gambero Peneide più diffusamente oggetto di coltura in Mediterraneo è *Marsupenaeus japonicus*, di importazione asiatica. L'interesse nell'area per questo gambero è stata determinata, originariamente, dalla somiglianza alla specie autoctona *Melicertus kerathurus*, non adatta per impiego in acquacoltura.



Il gambero Peneide *Marsupenaeus japonicus*, importato dal Giappone, è diffusamente allevato nell'area del Mediterraneo. Foto di F. Lumare.



I principali criteri dei quali generalmente si tiene conto per individuare specie potenzialmente valide ai fini dell'allevamento sono:

- livello di facilità nella riproduzione e produzione del novellame;
- tasso di accrescimento;
- richieste nutrizionali;
- densità di stoccaggio;
- resistenza alle salinità elevate;
- rendimento.

In Tab. I vengono elencati vantaggi e svantaggi ai fini dell'allevamento di alcune differenti specie di Peneidi, già sperimentate nell'area del Mediterraneo; di esse se ne evidenziano con caratteri rossi gli aspetti negativi e con quelli blu i positivi.

Il peneide che, ad una analisi sommaria, presenta le prospettive più interessanti è *Fenneropenaeus indicus*, gambero di origine indo-pacifica, che permette anche rendimenti molto elevati.

Tab. I - Caratteristiche svantaggiose (in rosso) e vantaggiose (in blu) delle principali specie di gamberi Peneidi allevati nel Mediterraneo. *Fenneropenaeus indicus* assomma il maggior numero di caratteri vantaggiosi.

Specie	Livello difficoltà riproduzione	Tasso accrescimento	Regime alimentare	Densità stoccaggio	Tolleranza salinità	Rendimento
<i>Marsupenaeus japonicus</i>	basso	medio	carnivoro	bassa	media	medio
<i>Penaeus semisulcatus</i>	medio	medio	onnivoro	bassa	molto alta	medio
<i>Fenneropenaeus indicus</i>	basso	basso	onnivoro	molto alta	molto alta	molto alto
<i>Penaeus monodon</i>	alto	alto	onnivoro	alta	alta	alto
<i>Litopenaeus vannamei</i>	basso	medio	onnivoro	molto alta	media	molto alto

3.8.4 Ciclo biologico dei gamberi Peneidi in natura

Il ciclo biologico dei Peneidi costieri è molto simile tra i vari rappresentanti del gruppo. Per comodità riportiamo quello di *Melicerus kerathurus*, la specie autoctona mediterranea, studiato recentemente nelle acque costiere prospicienti il Lago di Lesina (Puglia nord-orientale; Fig. 5).

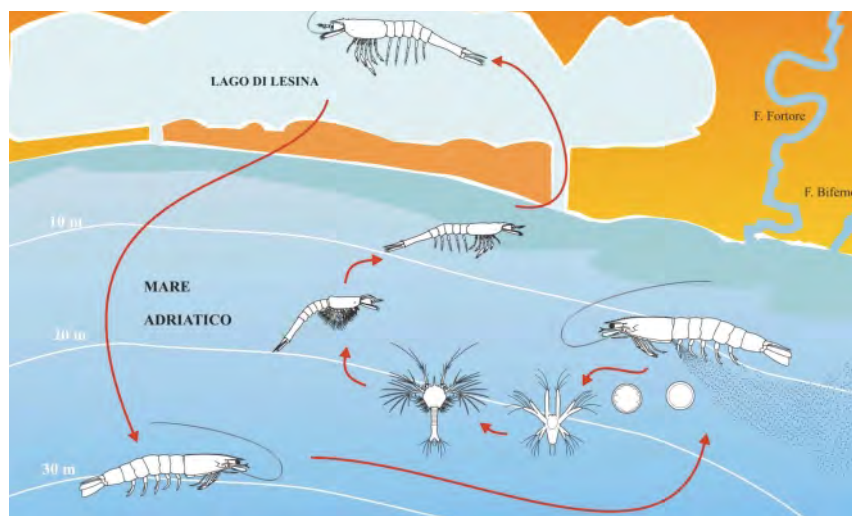
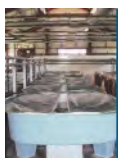


Fig. 5 - Ciclo biologico del gambero peneide *Melicertus kerathurus* nelle acque prospicienti il Lago di Lesina (Puglia nord orientale), caratterizzato da una fase di vita in mare (accrescimento autunno-invernale, riproduzione e sviluppo larvale) e da una successiva in acque salmastre (accrescimento estivo di post-larve e giovanili).

Le riproduttrici arrivano sotto costa dal largo, in maggio-giugno (temperatura dell'acqua da 20 a 24°C), all'isobata di circa 10 m. Le femmine, già accoppiatesi, completano ivi il processo di ovogenesi, che porta all'emissione delle uova. Da queste nasce la larva planctonica, il *nauplius*, che successivamente metamorfosa a *zoea* e poi a *mysis*; segue la fase post-larvale, bentonica, attraverso la quale i giovani animali si muovono sul fondo per raggiungere le basse acque della battigia. Esse, seguendo stimoli reotattici e chemiotattici, penetrano in gran numero nel Lago di Lesina (o in lagune, foci fluviali, ecc.) ed ivi si accrescono, favorite dalla temperatura mediamente elevata (25-28°C) e dall'abbondanza di cibo naturale. In tarda estate-primi autunno, quando le acque dell'invaso tendono a raffreddarsi, i giovani (taglia media di 4-5 g) migrano verso il mare. Con l'ulteriore abbassamento termico delle acque marine, gli stadi adolescenti e subadulti si muovono verso batimetrie maggiori. In questa migrazione gli animali continuano ad alimentarsi ed accrescersi fino a raggiungere l'isobata dei 30 m (in dicembre-febbraio, con temperatura dell'acqua sul fondo di circa 12°C), dove trascorrono il periodo invernale. Con l'inizio della buona stagione, rilevata dagli animali dall'aumento della fotofase (incremento delle ore di luce) e poi dal graduale innalzamento delle temperature, i Peneidi riprendono la migrazione in senso inverso, dirigendosi verso l'isobata dei 10 m, dove si riprodurranno.



3.8.5 Struttura e tipologia delle gambericoltura

Una panoramica circa l'organizzazione e la struttura della gambericoltura nei paesi produttori del Mediterraneo viene riportata in Tab. II. Interessanti sono gli alti rendimenti che vengono ottenuti in Spagna (1,7 t/ha), ma ancora più elevati sono quelli realizzati a Cipro (oltre 10 t/ha).

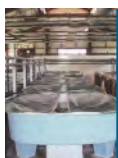
Tab. II - Organizzazione e situazione produttiva della gambericoltura nei paesi del Mediterraneo. (Fonti: FAO, 2000; National Centre Marine Research (NCMR), Grecia; Arab Aquaculture Consultants Office (AACO), Egypt; Department Fisheries and Marine Research, Cyprus; Instituto Ciencias Marina Andalusia, Espana; operatori vari).

Paese	Schioditoi (n°)	Produzione postlarve (milioni/anno)	Area (ha)	Produzione totale (t)	Produzione media (t/ha)	Produzione variazione (t/ha)
Albania	1	1,5	40	8	0,2	0,15-0,35
Cipro	1	2,6	4	35	8,75	4,0-12,0
Egitto	6	32	300	80	0,27	0,1-2,25
Francia	2	7	150	24	0,16	0,1-0,3
Grecia	0	0	5	3	0,6	0,2-0,7
Italia	1	1,5	61	25	0,41	0,2-0,8
Spagna	2	11	35	60	1,7	0,4-3,5
Turchia	3	25	350	270	0,7	0,2-1,1

I principali fattori che condizionano gli indirizzi di sviluppo della gambericoltura sono: la situazione climatica (clima temperato freddo nel Mediterraneo settentrionale e temperato caldo in quello meridionale, con una fascia intermedia) e la disponibilità dei riproduttori in natura (nel Mediterraneo sud orientale; Fig. 6).



Fig. 6 - Fasce climatiche con relativi parametri principali che caratterizzano gli indirizzi di sviluppo della gambericoltura nel Mediterraneo.



Nella fascia temperata fredda (Mediterraneo settentrionale) il ciclo biologico degli animali si svolge in cattività, per buona parte nello schiuditoio (fasi di svernamento e di condizionamento alla maturazione ovarica), la stagione di ingrasso è breve (3-4 mesi) e non si dispone di tempo sufficiente per effettuare un vero e proprio preingrasso.

Nella fascia temperata calda (Mediterraneo meridionale) sussistono condizioni climatiche spiccatamente più favorevoli che permettono di effettuare nei bacini all'esterno lo svernamento, il condizionamento alla maturazione ovarica, il preingrasso (30-45 giorni) e il prolungamento dell'ingrasso per 8-10 mesi.

L'area del Mediterraneo sud-orientale presenta, inoltre, popolazioni naturali di Peneidi adatti all'allevamento (*Marsupenaeus japonicus*, *Penaeus semisulcatus*). Pertanto gli impianti di gambericoltura ivi dislocati possono procurarsi le femmine mature direttamente in mare, all'epoca in cui devono avviare la produzione di novellame.

La temperatura mite e la disponibilità di popolazioni naturali sono fattori che incidono positivamente ed in modo sensibile sugli aspetti economici della gambericoltura.

Gli impianti di gambericoltura sono, in genere, articolati attraverso differenti fasi di processo: la produzione di novellame in schiuditoio, il preingrasso e l'ingrasso.

3.8.6 Lo schiuditoio per gamberi Peneidi

Lo schiuditoio rappresenta il punto nevralgico del sistema produttivo, sia per il ruolo che esso svolge (essendo la produzione del seme alla base del processo) che per l'elevato contenuto tecnologico (alti investimenti sia nella realizzazione delle strutture che nella spinta qualificazione del personale).

Il ciclo produttivo in schiuditoio si svolge selezionando le genitrici, pronte a riprodursi, dopo averne indotta la maturazione ovarica. Facendo ricorso all'ablazione unilaterale del peduncolo oculare ed alla regolazione sia del fotoperiodo che della temperatura è possibile ottenere riproduzioni in ogni epoca dell'anno ed in numero elevato per ogni riproduttrice trattata. Laddove possibile, si può fare ricorso alla cattura in natura di femmine mature. Ciascuna riproduttrice rilascia mediamente, durante le prime ore notturne, da 100.000 a circa 800.000 uova, a seconda della specie.

Dopo 11 ore le uova schiudono (a temperatura d'incubazione di circa 26°C) lasciando fuoriuscire il nauplio, il primo stadio larvale. Questo, planctonico, si accresce a spese delle riserve energetiche accumulate nel sacco del tuorlo.

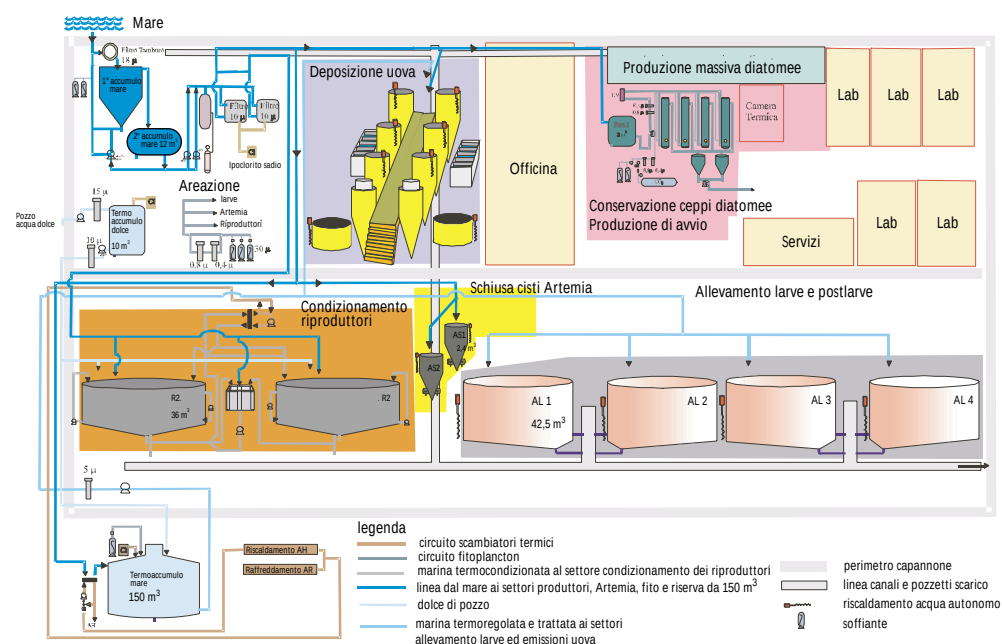
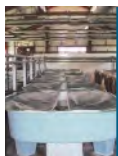


Fig. 8 - Schema del CEPRIGAP (Centro Provinciale per la Riproduzione dei Gamberi Peneidi, di Carloforte), uno schiuditoio per gamberi realizzato dall'Amministrazione Provinciale di Cagliari. I diversi settori operativi sono stati evidenziati in colori differenti.

All'epoca in cui lo schiuditoio deve avviare l'attività di produzione del novellame, le genitrici - delle quali è stata stimolata la maturazione ovarica - vengono selezionate e trasferite nel settore di riproduzione. Esse vengono ivi stimolate ad emettere le uova, poi raccolte in automatico.



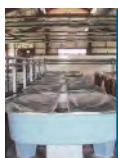
Vasca da 36 m³ per il condizionamento alla maturazione ovarica in riproduttori del Peneide *Marsupenaeus japonicus*, presso il Centro Provinciale di Riproduzione per Gamberi Peneidi (CEPRIGAP) di Carloforte (Cagliari). Foto di F. Lumare.



Questo comparto è dotato di vasche opportunamente strutturate, in varie dimensioni (2-5 m³), le cui condizioni ambientali dell'acqua (temperatura, salinità, aerazione, riciclo, ecc.) sono rigidamente controllate. Il settore di allevamento larvale e post-larvale è organizzato con una serie di vasche (da 10-50 m³) gestibili relativamente ai valori richiesti di temperatura, salinità, ricambio idrico, filtrazione, aerazione, ecc. Qui vengono trasferite le uova per la schiusa e si procede con l'allevamento prima delle larve e poi delle post-larve, fino a PL7 o PL22, a seconda degli orientamenti di pianificazione aziendale. Assumono anche importanza nell'ambito della produzione del novellame del gambero: il settore di produzione delle alghe diatomee, delegato al mantenimento dei ceppi, alla produzione dei volumi di avvio, alle colture massive; il settore di schiusa delle cisti di *Artemia salina*; il settore che raccoglie gli altri servizi, ovvero filtrazione, aerazione, termocondizionamento, ecc.

In relazione alla realizzazione dell'impianto e alla sua attività produttiva si può presentare una serie di problemi sinteticamente riassunti nei seguenti punti:

- a) Applicazione di tecnologie non specifiche. L'errore più frequente nell'area mediterranea è dovuto all'impiego di tecnologie mediate dagli impianti di produzione del pesce. Si creano in tal modo problemi superabili soltanto ricorrendo alla ristrutturazione dello schiuditoio.
- b) Bassa percentuale di schiusa delle uova. Condizione generalizzata imputabile alla lunga cattività per generazioni successive dei riproduttori, cui conseguono ripetuti incroci consanguinei (*inbreeding*). Ciò determina una riduzione della variabilità genetica che si manifesta, praticamente, con una caduta della percentuale di schiusa delle uova.
- c) Patologie trasmesse alle larve dai riproduttori, causate da errori di gestione legati alla lunga permanenza in ambienti innaturali dei genitori. Quest'ultimi provengono dai bacini spesso già affetti da patologie, che si acquiscono nelle fasi di svernamento e di condizionamento (per batteri chitrolitici, in genere, e *Leucothrix sp.*).
- d) Qualità scadente del novellame.
 1. Per problemi di gestione e, più specificamente, di alimentazione (diete non equilibrate) con conseguente difformità di taglia degli animali, la qual cosa favorisce l'insorgere del cannibalismo.
 2. Novellame stressato per inadeguata preparazione dell'imballaggio da spedizione (eccessivi tempi di attesa negli aeroporti, scarsa regolazione della temperatura, ecc.) e per i tempi lunghi di trasferimento (con conseguenti valori elevati di nutrienti tossici nell'acqua, caduta di ossigeno, ecc.). Nei due casi si ha come effetto la mortalità consistente del



novellame, non necessariamente all'arrivo del prodotto, ma anche nella prima decade dopo la semina, senza che l'operatore poco accorto se ne renda conto. Ciò determina perdite significative della produzione, spreco di mangime, deterioramento della qualità dell'acqua di allevamento.

- e) Scarsa disponibilità di novellame. Problema ricorrente se l'impianto di ingrasso non dispone del proprio schiuditoio e deve importare le post-larve da molto lontano, spesso dall'estero. In tale circostanza si rischia di non disporre del seme al momento giusto, o anche di non disporre nelle quantità necessarie, con il rischio di lasciare improduttivi parte dei bacini da ingrasso.

3.8.7 Il preingrasso

Consiste in una fase di "coltura intermedia" tra l'allevamento postlarvale e l'ingrasso, della durata di 15-45 giorni.

Nell'area mediterranea, in genere, non si fa ricorso al preingrasso bensì, talvolta, a una breve fase di acclimatazione (2-7 giorni), laddove si disponga delle strutture necessarie.

3.8.8 Gli impianti di ingrasso

Nell'area mediterranea non esiste un orientamento univoco dell'ingrasso per gamberi, ma piuttosto differenti modelli in rapporto alle fasce climatiche, ad alcune caratteristiche biologiche delle specie allevate ("fossorie", fortemente territoriali o fruttrici di tutta la colonna d'acqua), al regime alimentare (carnivoro o onnivoro), all'orientamento produttivo, a seconda del mercato di riferimento. Tale eterogeneità di fattori contribuisce a diversificare gli indirizzi della gambericoltura (Tab. III), ancora alla ricerca di stabili riferimenti tecnologici ed economici. Ampiamente diffuso è l'allevamento estensivo, caratterizzato da basse densità di stoccaggio (0,8-1,5 es./m²) e da rendimenti altrettanto contenuti (180-250 kg/ha), e organizzato generalmente su bacini di grandi dimensioni (2-25 ha); esso si è sviluppato in contesti climatologicamente difficili (3-4 mesi utili per l'accrescimento, e un esempio ne è la vallicoltura) o in aree precluse ad interventi di riqualificazione ambientale (saline, zone con vincoli di varia natura, ecc.). Miglioramenti produttivi (fino ad oltre 800 kg/ha) di questo modello possono essere perseguiti attraverso una oculata gestione dell'ecosistema di allevamento (fertilizzazione, integrazione alimentare, fitodepurazione endogena, bassi ricambi idrici, pesca selettiva).



Tab. III - Principali orientamenti di sviluppo dell'ingrasso dei gamberi Peneidi in Mediterraneo.

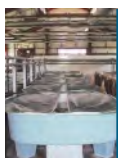
Modello	Estensivo	Semi-intensivo	Intensivo
Fascia climatica	<i>temperata - fredda</i> (Mediterraneo settentrionale)	<i>intermedia</i> (Mediterraneo centrale)	<i>temperata-calda</i> (Mediterraneo meridionale)
Densità stoccaggio (es. /m ²)	0,8 - 1,5	2 - 5	5 - >100
Alimentazione	<i>naturale</i>	<i>naturale+ fertilizzante+ integrazione composto</i>	<i>composto autosufficiente</i>
Durata accrescimento (mesi)	3 - 4	5 - 7	8 - 10
Superficie bacino (ha)	2 - 25	0,8 - 5	0,1 - 1,5
Rendimento (t /ha)	0,18 - 0,25	0,5 - 0,9	1- >10
Aerazione	assente	moderata	elevata
Ricambio idrico (%)	1<	1-10	>10

Nella fascia temperata calda hanno trovato soddisfacente applicazione le forme di allevamento intensivo, in bacini di piccola dimensione (0,6-1,5 ha; densità di stoccaggio di 10-25 es./m²) del gambero giapponese *Marsupenaeus japonicus*; ciò ha consentito di innalzare i rendimenti a 2-3 t/ha per anno, ma ricorrendo a mangimi a base di scarto di pesca e di lavorazione.



Allevamento intensivo in bacini da 1 ha circa, sulla costa mediterranea sud orientale. Si notino l'aerazione alquanto sostenuta, anche durante le ore diurne, ed il ricambio idrico in atto.
Foto di F. Lumare.

Optando, invece, per Peneidi poco fossori ed onnivori, come *Fenneropenaeus indicus*, è possibile incrementare sensibilmente le produzioni, stabilendo densità di stoccaggio da 50 a oltre 100 es./m², e con rendimenti superiori a



10 t/ha per anno. Nelle forme di intensivo assumono importanza la dimensione ridotta dei bacini, il ruolo della dieta, il sostenuto ricambio idrico e la spinta aerazione.

Il modello semi-intensivo, infine, è ben rappresentato nella fascia climatica intermedia; esso sfrutta un periodo di 5-7 mesi per l'accrescimento, densità di stoccaggio di 2-5 es./m² e raggiunge rendimenti di 500-1.000 kg/ha in tal caso vengono impiegati bacini di media dimensione (0,8-5 ha) e l'alimentazione viene integrata con mangimi commerciali.

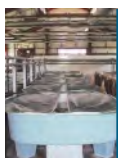
Anche relativamente all'ingrasso sono ricorrenti alcuni problemi. I principali sono:

- a) Conflitto d'uso del territorio. Esso rappresenta uno degli aspetti che maggiormente condiziona l'espansione della gambericoltura. Questa, per impostazione originaria richiede, in genere, vaste superfici di terreno. Ciò porta a conflittualità sull'uso del territorio con turismo, agricoltura, insediamenti residenziali, industrie.
- b) Indisponibilità sul mercato europeo di diete autosufficienti per l'ingrasso dei gamberi. La dimensione della gambericoltura nel Mediterraneo non ha contribuito a creare, d'altra parte, le premesse per un fattivo interesse dei mangimifici europei a risolvere il problema. E ciò risulta maggiormente penalizzante considerando che la specie più diffusamente allevata nell'area mediterranea, *Marsupenaeus japonicus* è anche quella maggiormente esigente sotto il profilo dietetico.
- c) Ricerca e sviluppo. Lo sviluppo della gambericoltura, così come di qualsiasi attività ad elevato contenuto bio-tecnologico, richiede un notevole sforzo di ricerca. La ricerca in gambericoltura, nell'area mediterranea, viene fortemente penalizzata e ciò viene sentito con grave preoccupazione dal mondo della ricerca e della produzione. Proprio con lo scopo di colmare tale vuoto e di creare sinergismi, onde superare i fattori limitanti allo sviluppo della gambericoltura, sono in atto importanti azioni di aggregazione di organi tecnici, scientifici e produttivi a livello nazionale e mediterraneo.

Bibliografia

- FAO (2000). *FAO yearbook. Fishery statistics. Capture production*. Vol 86/1, Rome: 713 pp.
- FAO (2000). *FAO yearbook. Fishery statistics. Aquaculture production*. Vol 86/2, Rome: 169 pp.
- Josepeit H. (1999). *European Shrimp markets*. FAO/GLOBEFISH Research Programme. Vol. 60, Rome: 82 pp.
- Lumare F. (1979). *Reproduction of Penaeus kerathurus using eyestalk ablation*. *Aquaculture*, 18: 203-214.
- Lumare F. (1998). *Crostacei Peneidi. Tecnica e gestione dell'allevamento*. Manuale di divulgazione, Serie Acquacoltura, ESAV (publ.), vol. 4: 187 pp.
- Lumare F., Scordella G., Pastore M., Prato E., Zanella L., Tessarin C., Sanna A. (2000). *Pond management and environmental dynamics in semiextensive culture of Penaeus japonicus (Decapoda, Penaeidae) on the northern Adriatic coast of Italy*. *Rivista Italiana di Acquacoltura*, 35: 15-43.
- Lumare F., Uzunoglu S., Baspehlian A. (1997). *Hatchery mass production of the penaeid fry Penaeus japonicus and P. semisulcatus (Penaeidae, Decapoda) on the Mediterranean coast of Turkey (Gulf of Antalya)*. *Rivista Italiana Acquacoltura*, 32: 127-146.
- Lumare F., Scordella G. (2001). *Ciclo biologico, accrescimento, e riproduzione del gambero peneide Melicertus kerathurus nella fascia costiera del Basso Adriatico*. In: Atti del Workshop "Stato della pesca e dinamica di popolazione del gambero mediterraneo Penaeus kerathurus in alcune aree della Costa Adriatica" 16 marzo 2001, Lecce: 2-14.





3.9 LE BARRIERE ARTIFICIALI

G. Fabi, A. Spagnolo

Le barriere artificiali sono strutture realizzate dall'uomo sul fondo marino mediante l'impiego di materiali naturali e/o artificiali opportunamente assemblati per riprodurre alcune caratteristiche degli habitat rocciosi naturali. Esse rientrano nella definizione di "strutture artificiali", comprendente qualsiasi oggetto posizionato deliberatamente nell'ambiente acquatico per proteggere, incrementare e gestirne le risorse acquatiche viventi.

L'impiego delle barriere artificiali è aumentato rapidamente nell'ultimo secolo. Nel 1991 tale attività interessava circa 40 Stati, con una maggiore concentrazione nel Sud-Est asiatico, in Giappone, in Australia, lungo la costa atlantica del Nord America, nel Mar dei Caraibi e in Mediterraneo (Fig. 1).

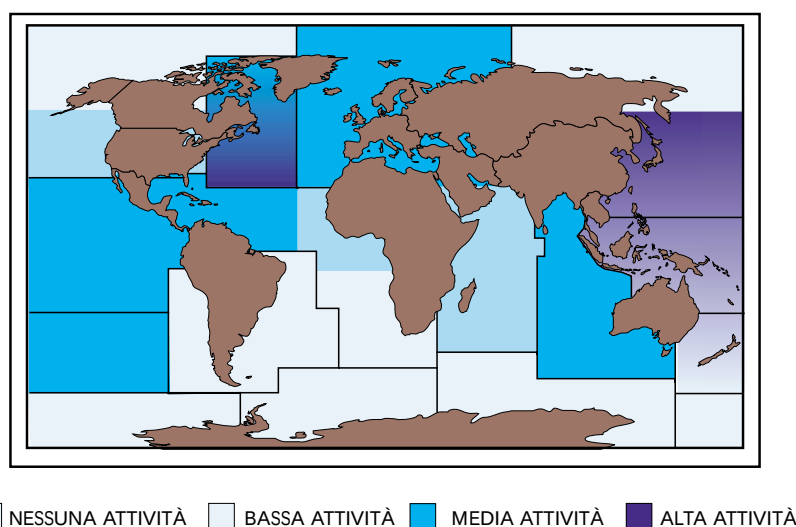


Fig. 1 - Utilizzo delle barriere artificiali nel mondo (mod. da Seam e Sprague, 1991).

Inizialmente le barriere artificiali hanno rappresentato un mezzo per favorire la pesca tramite l'aggregazione e l'incremento di specie ittiche in determinate aree, ma in seguito, anche grazie allo sviluppo di nuove tecnologie, il loro impiego si è esteso ad altre applicazioni di carattere sia ecologico che produttivo (Tab. I).

Tab. I - Utilizzo delle barriere artificiali nell'ambiente marino.

Incremento delle catture della pesca commerciale
Incremento delle catture della pesca sportiva
Creazione di aree per l'acquacoltura
Creazione di aree per il turismo subacqueo
Controllo della mortalità naturale e da pesca
Gestione del ciclo vitale degli organismi
Protezione di habitat
Ripristino di habitat danneggiati
Conservazione della biodiversità
Miglioramento delle condizioni delle acque e degli habitat
Ricerca

3.9.1 Ecologia delle barriere artificiali

Il funzionamento ecologico delle barriere artificiali è basato sull'aumento del numero di specie tramite lo sviluppo dell'eterogeneità spaziale del substrato in termini di altezza, orientamento e cavità interstiziali (Fig. 2).

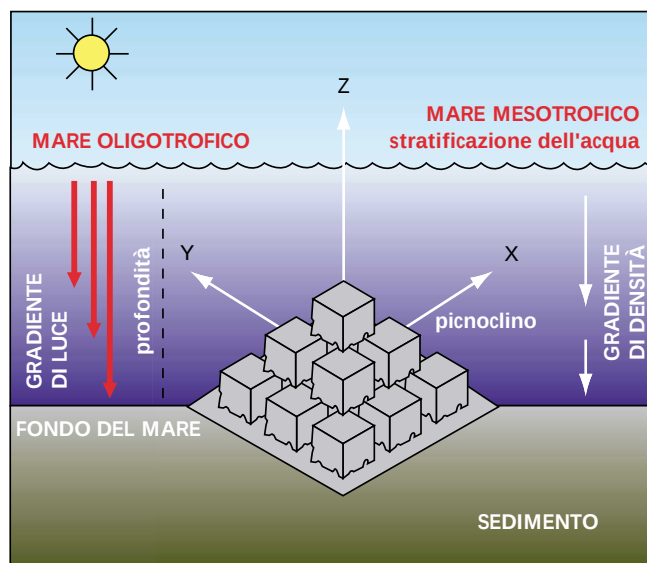
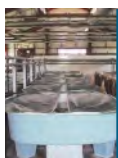


Fig. 2 - Funzionamento ecologico delle barriere artificiali.

Ciò favorisce l'insediamento di una comunità sessile che altrimenti non avrebbe capacità di colonizzazione per l'assenza di superfici idonee. In acque eutrofiche, la colonizzazione dei substrati artificiali da parte di organismi filtratori, come mitili ed ostriche, consente di contribuire al riciclaggio dell'energia trofica presente nella colonna d'acqua con conseguente produzione di biomassa edule.





Inoltre, la stessa fauna sessile crea habitat e microhabitat per le specie criptiche e produce detrito organico che arricchisce i sedimenti circostanti favorendo lo sviluppo dell'infauna di fondali mobili. Questi processi inducono, a loro volta, l'innescio di nuove reti trofiche con conseguente richiamo di pesci e macroinvertebrati. Non meno importante è anche l'effetto rifugio per organismi che necessitano di protezione durante l'intero ciclo vitale o in alcuni stadi di sviluppo (es. Crostacei in fase di ecdisi).

Su questi processi si basa il concetto secondo cui i substrati artificiali possano indurre un incremento di biomassa, non solo di organismi sessili ma anche della fauna nectonica. In base alle teorie più recenti, subito dopo l'immersione di una barriera artificiale prevale l'effetto di aggregazione ma, con l'instaurarsi di una comunità bentonica e di una popolazione ittica residente, è verosimile che per molte specie avvenga una concentrazione unita ad un aumento di biomassa. Se il fenomeno di aggregazione è facilmente verificabile, è molto più difficoltoso dimostrare e quantificare la produzione di biomassa, essendo la barriera un sistema aperto che ha continui scambi con l'ambiente circostante. Tale difficoltà è accentuata dal fatto che, ad eccezione del Giappone, la maggior parte delle barriere esistenti hanno dimensioni troppo ridotte per indurre un incremento evidente sugli stock ittici presenti nelle aree di mare aperto in cui le strutture sono immerse. Tuttavia, l'applicazione di metodi indiretti (es. analisi dei contenuti stomacali, marcatura) ha permesso di dimostrare, per alcune specie, meccanismi che senza dubbio portano ad un aumento di biomassa. Ad esempio, nella barriera artificiale di *Pool Bay* (Inghilterra), si è osservato che il tordo occhionero (*Crenilabrus melops*) si riproduce e si alimenta tra i blocchi, mentre i moduli immersi a Ponza (Tirreno centrale) sono sede dell'intero ciclo vitale di alcune specie tra cui *Apogon imberbis* e *Serranus cabrilla*. Analogamente, per *Sciaena umbra* e *Umbrina cirrosa* è stato evidenziato un rapporto trofico stretto con la barriera artificiale di Senigallia (Adriatico settentrionale). Tale legame, praticamente esclusivo per la corvina, che si ciba di organismi presenti sui moduli, è invece indiretto per l'ombrina, esplicandosi principalmente tramite l'arricchimento delle comunità bentoniche del fondo mobile circostante.

3.9.2 Barriere artificiali e acquacoltura

L'utilizzo potenziale delle barriere artificiali come interventi di "tecnologia morbida" per incrementare la produttività dell'ambiente marino ha fatto intuire la possibilità di trasformare la pesca tradizionale, che si può definire *catch fishery* poiché basata esclusivamente sul prelievo di organismi, in una



culture fishery, ovvero un'attività mirata alla gestione del ciclo vitale delle specie di interesse commerciale. Il concetto si basa sull'impiego delle barriere artificiali per creare nuove aree controllate di pesca e di acquacoltura estensiva, piuttosto che per la semplice aggregazione di organismi e conseguente aumento delle catture che la presenza della barriera può consentire.

L'applicazione di tale principio è ormai molto comune in Asia orientale e soprattutto in Giappone, dove viene attuato a vari livelli di complessità: dalla semplice immersione di moduli (es. rocce o manufatti) per l'insediamento di organismi bentonici, sia vegetali (es. *Laminaria spp.*) che animali, come abalone (*Haliotis discus hanna*) e ricci di mare (*Strongylocentrotus nudus*), alla costruzione di barriere artificiali in grado di modificare la circolazione delle correnti e del moto ondoso, in modo da prevenire la dispersione di uova, larve e spore favorendone l'accumulo e l'insediamento in aree idonee, se necessario, anche tramite l'immersione di substrati specifici per le specie target. Quando il reclutamento naturale è insufficiente, le colture vengono sostenute con semine da schiuditoi.

Un esempio esplicativo dell'uso di barriere artificiali, per localizzare in un'area e gestire l'intero ciclo vitale di una specie ittica, si rinviene nella baia interna alle *Iki Islands* (Giappone) dove branchi di *Pagrus major* seguivano una rotta migratoria coincidente con la propagazione del moto ondoso. La strategia adottata consistette nel posizionare una *induction reef* all'ingresso della baia per attrarre gli adulti dalle acque circostanti, una *spawning reef* dove le onde convergevano e una *nursery reef* presso l'uscita dalla baia per limitare la dispersione e la mortalità dei giovanili (Fig. 3).

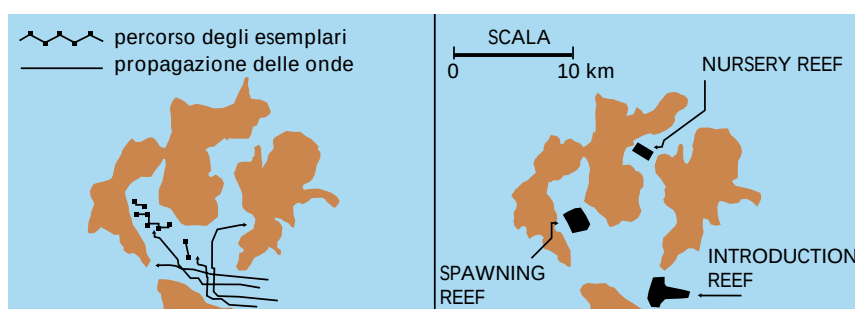
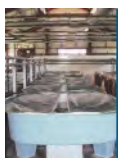


Fig. 3 - Esempio di costruzione di barriere artificiali per localizzare e gestire il ciclo vitale di *Pagrus major* nelle Iki Islands (mod. da Nakamura, 1985).

Una delle applicazioni più tecnologicamente avanzate in tal senso è il *marine ranching*, variante dell'acquacoltura tradizionale basata sulla capacità di trattenere il pesce allevato in un'area (generalmente una baia o un golfo) tramite condizionamento acustico e senza limitazioni fisiche.



I pesci, previamente addestrati nelle *hatcheries* ad associare un richiamo sonoro all'erogazione di cibo, vengono immessi nell'area dove sono incoraggiati a rimanere dalla presenza di substrati artificiali che offrono un habitat idoneo e dalla distribuzione periodica di mangime tramite dispensatori muniti di segnale acustico (Fig. 4).

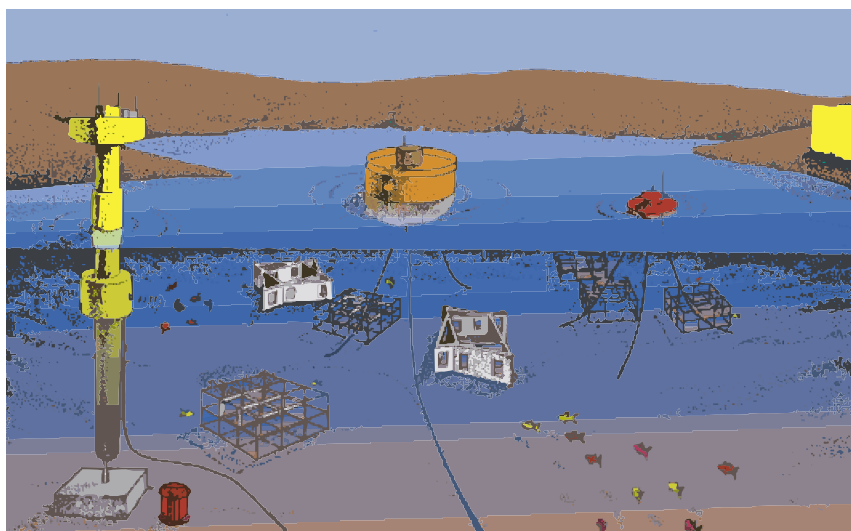


Fig. 4 - Schema del sistema giapponese *marine ranching*. (da: Grove et al., 1991 - modificato).

Questo sistema, utilizzato sin dagli inizi degli anni '80, ha dato buoni risultati con *P. major*, *Sebastes major* e *Paralichthys olivaceus*.

Anche negli USA sono stati immersi moduli idonei in aree in cui la disponibilità di rifugi costituiva un fattore limitante per l'abbondanza e la distribuzione di astici (*Homarus americanus*) e aragoste (*Palinurus argus*), incrementando notevolmente in questo modo la densità delle popolazioni residenti. L'unico esempio europeo che, in base al modello giapponese, ha associato barriere artificiali e iniziative di acquacoltura si trova in Italia. A partire dagli anni '60 nel nostro Paese sono state costruite circa 40 barriere (Fig. 5) con i materiali più vari: da semplici corpi antistrascico (tripodi e torpedini; es. Golfo di S. Eufemia) a carcasse di auto (Varazze) e imbarcazioni (Golfo Marconi), fino ad arrivare a moduli progettati *ad hoc* (es. Loano, Senigallia, Portonovo). Alcune di tali iniziative non hanno avuto buon esito a causa della dispersione di sostanze inquinanti e dello sfaldamento delle vernici con perdita del *fouling* insediato su di esse (carcasse di auto), dell'azione distruttrice di organismi perforatori (battelli in legno) o del rapido infossamento delle strutture nel substrato mobile dovuto alla limitata superficie di appoggio (tripodi e torpedini).

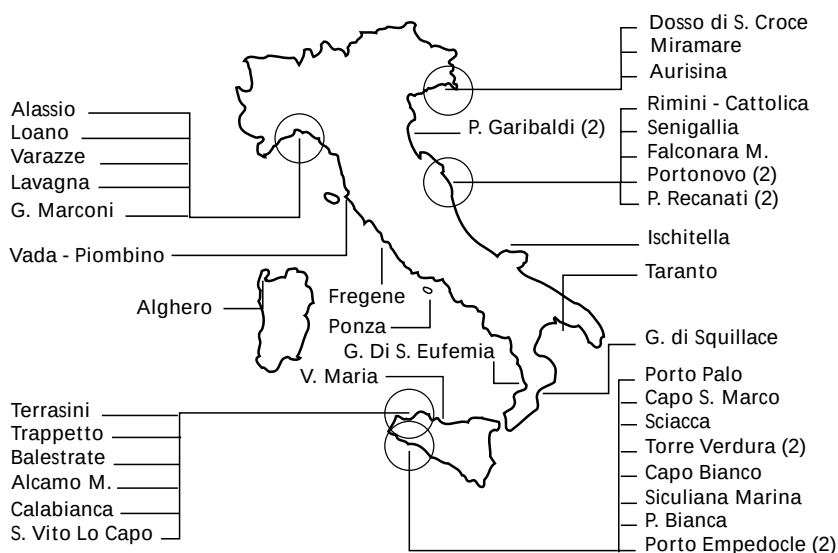


Fig. 5 - Localizzazione delle barriere artificiali in Italia.

Risultati positivi si sono ottenuti con l'uso di moduli in calcestruzzo progettati dall'IRPEM-CNR di Ancona e impiegati nella realizzazione della maggior parte delle barriere tuttora esistenti. Questi blocchi (2x2x2 m), aventi superfici scabre per favorire l'insediamento di organismi sessili e fori di diverse dimensioni per offrire rifugio a pesci e macroinvertebrati, assicurano anche una buona stabilità, un'efficace protezione contro lo strascico illegale e, grazie alla possibilità di assemblaggio, una notevole versatilità nella progettazione di una barriera. All'inizio furono costruite piramidi a due e/o tre strati poste a 25-50 m l'una dall'altra e a profondità di 15-20 m (Fig. 6).

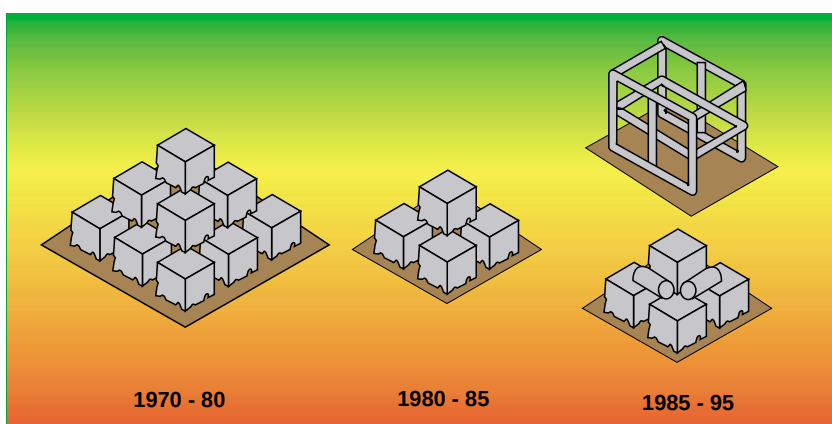
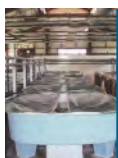


Fig. 6 - Evoluzione delle strutture usate in Italia per la costruzione di barriere artificiali e lo sviluppo di impianti di molluschicoltura estensiva in mare aperto.



Gli scopi principali erano: protezione di habitat sensibili nella fascia costiera (es. prateria di Posidonia) e incentivazione della piccola pesca. Successivamente, la grande biomassa di mitili (*Mytilus galloprovincialis*) insediatisi sui substrati sommersi in Adriatico ha portato alla creazione, in quest'area, di barriere più specializzate, volte anche allo sviluppo della molluschicoltura estensiva. I nuovi impianti su larga scala (7500–13000 m³ di materiale immerso) costruiti negli anni '80 furono posizionati a minore distanza dalla costa (10-15 m di profondità) per agevolare la gestione delle colture. A causa dei bassi fondali, furono utilizzate piramidi a 2 strati associate a gabbioni in cemento armato (6x4x5 m; Fig. 7) che, grazie alla loro conformazione, hanno incrementato notevolmente la superficie utile per l'insediamento naturale dei mitili.



Fig. 7 - Immagine *multibeam* di una delle tre oasi che costituiscono la barriera artificiale a fini multipli realizzata nella baia di Portonovo (Adriatico centro-settentrionale) da una cooperativa locale di pescatori. Foto di CNR-IRPEM.

Le ricerche condotte in Adriatico centro-settentrionale su queste nuove barriere artificiali, definite “a fini multipli” o “polivalenti”, hanno indicato quanto segue:

- L'immersione dei substrati determina un aumento della ricchezza, della diversità specifica e dei rendimenti di pesca. Ciò è dovuto essenzialmente alla costante presenza e maggiore abbondanza, presso le strutture sommerse, di specie ittiche con affinità per i substrati duri, che sono rare nell'habitat sabbio-fangoso originario (Fig. 8). Tali effetti sono più evidenti in aree lontane da substrati rocciosi naturali.
- L'uso di moduli diversi ha contribuito a differenziare il popolamento ittico: le piramidi sono idonee soprattutto per specie bentoniche e necto-bentoniche strettamente dipendenti dai substrati duri, alcune delle quali stazionano presso la barriera per tutto l'anno, mentre i gabbioni appaiono più efficaci



per pesci necto-bentonici e pelagici gregari, che tendono a concentrarsi attorno a corpi sommersi che si elevano lungo la colonna d'acqua (Fig. 9).

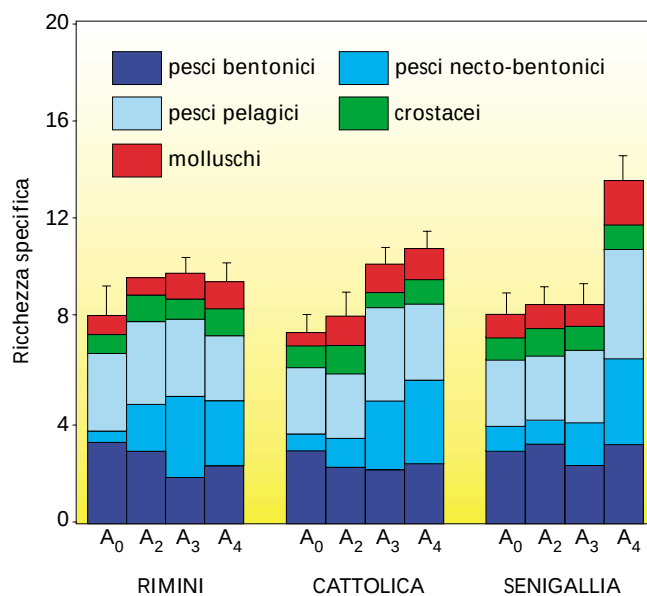


Fig. 8 - Ricchezza specifica media con relativo errore standard calcolata per le catture ottenute presso tre barriere artificiali a fini multipli dell'Adriatico settentrionale prima e dopo l'immersione dei moduli. A₀ = anno precedente all'immersione; A₂, A₃, A₄ = secondo, terzo e quarto anno dopo l'immersione.

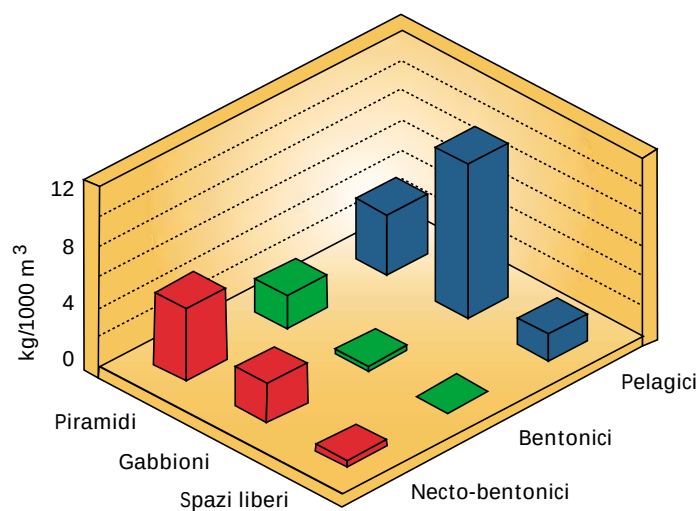
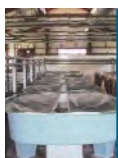


Fig. 9 - Biomassa di specie bentoniche, necto-bentoniche e pelagiche rilevata presso le piramidi in calcestruzzo, i gabbioni in cemento armato per la molluschicoltura e gli spazi liberi tra le strutture nella barriera artificiale a fini multipli di Senigallia (Adriatico settentrionale).



- Dopo tre anni dall'immersione dei moduli le catture di specie necto-bentoniche sono risultate da 10 a 42 volte superiori a quelle ottenute prima della costruzione degli impianti. A Senigallia il rapporto di cattura tra la barriera artificiale e un'area di controllo priva di substrati duri è aumentato gradualmente nei primi 5 anni, stabilizzandosi poi su valori di 9:1.
- Alcune di queste specie (*S. umbra* e *U. cirrosa*), hanno costituito una popolazione residente che è incrementata nel tempo, mostrando una stabilizzazione dopo circa 10 anni dall'immersione dei moduli (Fig. 10).

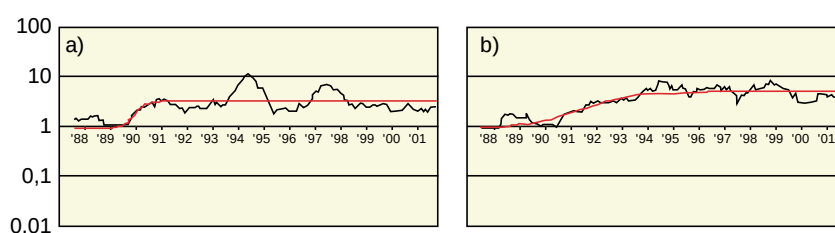


Fig. 10 - Rapporto tra le catture in peso ottenute presso la barriera artificiale di Senigallia (Adriatico settentrionale) e un'area di controllo priva di substrati duri. a) *Umbrina cirrosa*; b) *Sciaenops ocellatus*.

- La biomassa dei mitili commerciali insediati sulle strutture varia da 20 a 55 kg/m²/anno, in base all'intensità del reclutamento e del sito. Una barriera artificiale costituita da 116 piramidi e 48 gabbioni ha dato una produzione media di 260 t/anno di mitili e gli introiti provenienti dalla loro raccolta hanno consentito di recuperare il costo netto dell'impianto in circa 5 anni. Dopo la creazione di queste zone si sono susseguite le sperimentazioni e gli interventi mirati a potenziarne e diversificarne la capacità produttiva. Ad esempio, in alcuni casi alle strutture di fondo sono stati associati impianti galleggianti su *long-lines*, estendendo così la mitilicoltura lungo l'intera colonna d'acqua, ed è stata inoltre dimostrata la possibilità di inserire in queste aree allevamenti di specie ittiche in gabbie di piccole e/o medie dimensioni. Recentemente si è anche conclusa la sperimentazione di moduli in composto di cenere di carbone per l'allevamento estensivo di *Pholas dactylus* (dattero bianco), un bivalve perforatore che vive all'interno di rocce tenere (arenacee, scistose e marnose) sino a circa 20 m di profondità. Questa specie è molto apprezzata su alcuni mercati e, nonostante la sua raccolta sia proibita dalla legge italiana (DM del 20/08/88 e successive proroghe) perché comporta la distruzione degli habitat rocciosi naturali, è tuttora oggetto di un'intensa attività illegale di prelievo. Anche in questo caso l'immersione di moduli artificiali consente un cospicuo insediamento del dattero bianco in aree prive di substrati rocciosi idonei; nonostante una forte mortalità naturale dovuta alla competizione per lo spazio, dopo un anno il numero di



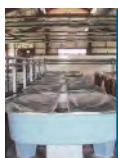
esemplari si stabilizza su valori di circa 1.000 ind/m² (Fig. 11), il 40-50% dei quali raggiunge o supera la taglia (LT) di 50 mm, che può ritenersi valida dal punto di vista commerciale, in 2-3 anni.



Fig. 11 - *Pholas dactylus*. Foto di CNR-IRPEM.

Pertanto, con l'adozione di adeguate misure volte all'identificazione del prodotto allevato, questa forma di maricoltura potrebbe essere utilizzata per creare nuove popolazioni di dattero bianco, aprendo interessanti prospettive per il consumo di questa specie e per la diversificazione produttiva.

Infine, ultimamente sono state condotte, in aree di barriere artificiali e su scala prettamente sperimentale, iniziative di rilascio di aragoste (*Palinurus elephas*) provenienti da popolazioni selvatiche e di giovanili di sarago maggiore (*Diplodus sargus*) prodotti in avannotterie, ma geneticamente controllati e compatibili con le popolazioni residenti. In quest'ultimo caso è stato notato un "deficit comportamentale" degli individui rilasciati, attribuito essenzialmente al periodo trascorso in cattività e consistente nel mancato istinto a cercare rifugio, nell'incapacità di riconoscere sia le potenziali prede che i predatori e nella tendenza a spostarsi in ambienti più costieri. Nonostante ciò, il tasso di ricattura è risultato elevato (circa 10%) ed i soggetti sopravvissuti hanno mostrato un buon accrescimento. Il *restocking* di specie marine, che costituisce l'anello di congiunzione tra pesca e acquacoltura, è ancora in fase embrionale in Italia, necessiterebbe un maggiore impegno della ricerca per individuare siti e metodiche appropriate sia per il rilascio, nel rispetto di accordi internazionali come la Convenzione sulla Biodiversità, sia per i successivi monitoraggi. In base all'esperienza giapponese, anche in questo contesto è indispensabile un approccio che combini tali iniziative con la creazione di barriere artificiali per favorire la permanenza degli esemplari rilasciati e aumentare le probabilità di successo.



3.9.3 Le barriere artificiali nella gestione delle risorse acquatiche

La strategia di gestione e conservazione delle risorse ittiche attuata sinora in ambito europeo ha considerato quasi esclusivamente linee d'azione volte alla riduzione della capacità di pesca tramite il ridimensionamento della flotta, l'interdizione di alcune pesche speciali e altre restrizioni tecniche. Non sono stati previsti, peraltro, interventi diretti sulle risorse, mirati a mantenere o aumentare i livelli produttivi e occupazionali senza gravare le varie categorie di addetti al settore con l'applicazione di modelli gestionali che, nel Nord Europa, hanno spesso disatteso i risultati previsti. In tale contesto è evidente il possibile ruolo delle barriere artificiali, nelle loro molteplici applicazioni, sia da un punto di vista ecologico che socio-economico. Infatti, la protezione di aree di riproduzione e/o primo accrescimento di specie demersali e lo sviluppo di forme più o meno avanzate di acquacoltura tramite la creazione di habitat idonei si traducono inevitabilmente in una riduzione della mortalità sia da pesca che naturale, delle popolazioni ittiche, e in un incremento delle potenzialità produttive dell'ambiente acquatico, con conseguente aumento delle risorse e dei benefici diretti e/o indiretti per tutti i comparti della pesca. Inoltre, le barriere artificiali possono costituire un valido strumento gestionale in grado di ridistribuire le risorse e le attività di pesca, influenzare l'uso degli attrezzi e indirizzare le catture in termini di specie e di taglia degli esemplari. Alcune potenziali applicazioni in tal senso, indipendenti o correlate tra loro in base alle specifiche esigenze, sono:

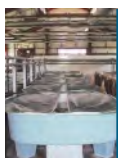
- riconversione degli addetti di alcuni comparti della pesca verso altre attività, come maricoltura e pescaturismo;
- integrazione del reddito della pesca artigianale con forme di maricoltura mediante la creazione di impianti polivalenti;
- riduzione delle conflittualità intra- e intersettoriali (es. pesca con attrezzi da posta e altre attività di pesca; pesca professionale e sportiva) esistenti nella fascia costiera allocando spazi e risorse;
- creazione di aree per attività ricreative (pesca subacquea, immersioni, ecc.) con nuove opportunità occupazionali ad esse associate.

Un approccio gestionale corretto dovrebbe inserire le barriere artificiali in un piano globale che consideri gli aspetti ambientali, biologici e socio-economici, coinvolgendo tutti i possibili utenti del tratto di mare interessato. Inoltre, perché i benefici siano durevoli, sono necessarie misure specifiche volte a regolamentare l'utilizzo delle barriere stesse in termini di attrezzi e sforzo di pesca per evitare l'insorgere di situazioni di *overfishing* e di conflittualità tra i potenziali fruitori.

Bibliografia

- Ardizzone G.D. (1997). *Ripopolamento ittico mediante strutture artificiali in acque oligotrofiche (Isola di Ponza)*. Rapporto per il Ministero per le Politiche Agricole, Alimentari e Forestali - Direzione generale della Pesca e dell'Acquacoltura: 127 pp.
- Bombace G., Fabi G., Fiorentini L. (2000). *Artificial reefs in the Adriatic sea*. In Jensen A., Collins K., Lockwood A. (Eds.) *Artificial Reefs in European Seas*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Netherlands: 31-63.
- Bombace G., Fabi G., Fiorentini L., Spagnolo A. (1997). *Assessment of the ichthyofauna of an artificial reef through visual census and trammel net: comparison between the two sampling techniques*. Proceedings of the 30th European Marine Biological Symposium, Southampton, UK, September 1995: 291-305.
- Bombace G., Fabi G., Grati F., Spagnolo A. (1998). *Tecnologie per l'allevamento in mare aperto di Sparus aurata in medio Adriatico*. Biol. Mar. Medit., 5(1): 439-449.
- Collins K.J., Jensen A.C. (1996). *Artificial reefs*. In Summerhayes C.P., Thorpe S.A. (Eds.) *Oceanography*. Manson Publishing Ltd., London: 259-272.
- CONISMA (1999). *Analisi e ricerche per la definizione di una sistema integrato Acquacoltura - Maricoltura - Ripopolamento attivo di un'area protetta da reefs artificiali sottomarini (Golfo di S. Eufemia - Calabria)*. Rapporto finale per il Ministero per le Politiche Agricole - Direzione generale Pesca e Acquacoltura: 116 pp.
- D'Anna G., Badalamenti F., Giacalone V.M., De Cordova G. (2000). *Iniziativa di restocking del sarago maggiore Diplodus sargus (L., 1758) e tecniche di monitoraggio in un'area protetta con strutture artificiali nel Golfo di Castellammare (Sicilia N/O)*. Rapporto finale per il Ministero per le Politiche Agricole - Direzione generale Pesca e Acquacoltura.
- Fabi G., Fiorentini L. (1997). *Molluscan aquaculture on reefs*. In: Jensen A.C. (Ed.) *European Artificial Reef Research*. Proceedings of the I EARRN Conference, Ancona, Italia, Marzo 1996: 123-140.
- Fabi G., Grati F., Luccarini F., Panfili M. (1999). *Indicazioni per la gestione razionale di una barriera artificiale: studio dell'evoluzione del popolamento necto-bentonico*. Biol. Mar. Medit., 6(1): 81-89.
- Fabi G., Luccarini F., Spagnolo A. (2000). *Studio sull'insediamento e l'allevamento del bivalve Pholas dactylus (Pholadidae) mediante moduli artificiali in composto-cenere*. Rapporto al Ministero per le Politiche Agricole e Forestali - Divisione generale della Pesca e dell'Acquacoltura: 140 pp.





- Grove R.S., Nakamura M., Sonu C.J. (1991). *Design and engineering of manufactured habitats for fisheries enhancement*. In: Seaman W., Jr., Sprague L.M. (Eds.) *Artificial habitats for marine and freshwater fisheries*. Academic Press, Inc. San Diego, California: 109-152.
- Herrnkind W.F., Butler IV M.J., Hunt J.H. (1997). *Can artificial habitats that mimic natural structures enhance recruitment of Caribbean spiny lobster?* Fisheries, 22(4): 24-27.
- Higano J. (1991). *Artificial habitats for bivalves in sandy beach and estuary*. In: Nakamura M., Grove R.S., Sonu C.J. (Eds.) *Recent advances in aquatic habitat technology. Proceedings of the Japan-U.S. Symposium on Artificial Habitats for Fisheries*, Tokyo, Japan, 11-13 giugno: 223-229.
- Mottet M.G. (1986). *Enhancement of the marine environment for fisheries and aquaculture in Japan*. In: D'Itri F.M. (Ed.) *Artificial reefs - Marine and Freshwater Applications*. Lewis Publishers, Inc. Chelsea, Michigan: 13-112.
- Nakamura M. (1985). *Evolution of artificial fishing reef concept in Japan*. Bull. Mar. Sci., 37(1): 271-278.
- Nakamura M. (1991). *Artificial habitat technology in Japan - Today and tomorrow*. In Nakamura M., Grove R.S., Sonu C.J. (Eds.) *Recent advances in aquatic habitat technology. Proceedings of the Japan-U.S. Symposium on Artificial Habitats for Fisheries*, Tokyo, Japan, 11-13 giugno: 11-19.
- Relini G., Relini-Orsi L. (1972). *Affondamento in mare di carcasse di automobili ed inquinamenti*. Quad. Civ. Staz. Idrobiol. Milano: 31-43.
- Relini G. (1983). *Esperienze di barriere artificiali in Mar Ligure*. Gazzettino della Pesca, 3: 6-9.
- Relini M., Torchia G. (1998). *Inaspettato percorso di un'aragosta in Mar Ligure*. Biol. Mar. Medit., 5(1): 641-643.
- Seaman W., Jr., Sprague L.M. (1991). *Artificial habitat practices in aquatic systems*. In: Seaman W., Jr., Sprague L.M. (Eds.) *Artificial habitats for marine and freshwater fisheries*. Academic Press, inc., San Diego: 1-29.
- Sheehy D.J. (1982). *The use of designed and prefabricated artificial reefs in the United States*. Mar. Fish. Rev., 44(6-7): 4-15.
- Toda S. (1991). *Habitat enhancement in rocky coast by use of circulation flow*. In: Nakamura M., Grove R.S., Sonu C.J. (Eds.) *Recent advances in aquatic habitat technology. Proceedings of the Japan-U.S. Symposium on Artificial Habitats for Fisheries*, Tokyo, Japan, 11-13 giugno: 239-247.



Riferimenti al CCPR

Nel CCPR l'art.8 è interamente dedicato alle operazioni di pesca. All'8.11, sono prese in esame le barriere artificiali e tutte le strutture finalizzate ad aggregare le specie ittiche. Non è un caso che le barriere artificiali siano considerate prima dell'articolo 9, dedicato allo sviluppo dell'acquacoltura; tale posizione nel testo del CCPR è dovuta alla loro natura di strutture poste tra pesca ed acquacoltura estensiva.

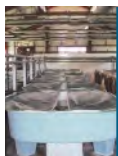
Senza entrare in problemi di classificazione, è interessante notare lo spazio che il CCPR dà a queste strutture, considerando anche una serie di implicazioni di natura ambientale non strettamente collegate all'aumento della capacità produttiva.

Il CCPR raccomanda agli Stati (8.11.1) di sviluppare politiche per incrementare le risorse per la pesca attraverso l'uso di strutture appropriate, naturalmente senza generare nuovi conflitti di natura spaziale, ad esempio con la navigazione.

In particolare viene sottolineata l'importanza di studi mirati a valutare la funzionalità delle barriere, ed anche alla valutazione degli impatti di tali strutture sulle risorse marine viventi e sull'ambiente. I tre commi 8.11.2, 8.11.3., ed 8.11.4, sono interamente dedicati ad inserire le barriere artificiali nel quadro di modelli di sviluppo sostenibile. Da un lato si sottolineano i rischi di utilizzare per la costruzione delle strutture sommerse materiali impropri, mettendo in guardia anche dal rischio di utilizzare le barriere come occasione di discarica in mare. Dall'altro si rilevano le funzioni positive che tali strutture possono svolgere nell'ambito della gestione integrata della fascia costiera, in cui la pesca artigianale e la pesca per l'autoconsumo, dovrebbero avere un ruolo significativo.

Anche in questo caso il capitolo si riferisce alle nostre latitudini, ed alla esperienza italiana in particolare, mentre il CCPR ha una portata globale, e deve necessariamente prendere in esame rischi che, in Paesi con politiche di difesa del mare più avanzate, sono certamente contenuti.

S.C.



3.10 RIPOPOLAMENTO E RECUPERO FAUNISTICO

G. Alessio

Con "ripopolamento" s'intende genericamente l'attività volta all'incremento di una o più popolazioni animali in un'area definita, sia mediante immissione di organismi (a diversi stadi di sviluppo) di una o più specie, sia attraverso interventi particolari di tutela e restauro degli habitat. Obiettivo del ripopolamento è quindi l'aumento numerico delle popolazioni animali che risultano in diminuzione o in situazione di pericolosa contrazione. Con riferimento alla scomparsa di specie, il ripopolamento può essere definito più correttamente come "reintroduzione": un delicato compito il cui coordinamento è da affidare a tecnici ed esperti, in grado di programmare e organizzare le necessarie operazioni e di stimarne i risultati a breve e lungo termine.

Verranno trattati in termini sintetici e generalizzati solo i ripopolamenti ittici relativi alle acque dolci. Infatti, gli interventi in acque marine, salmastre ed estuariali, sono trattati estesamente nei capitoli riguardanti le modalità e le tecniche di acquacoltura in acque salse o marine.

Negli ultimi decenni il ripopolamento delle acque interne ha conosciuto un notevole sviluppo. In tale periodo infatti, a causa delle crescenti attività umane, si sono verificati molteplici impatti negativi sulle popolazioni acquatiche, non solo su quelle ittiche. Alcuni impatti hanno causato l'estinzione di popolazioni autoctone in alcune aree.

I meccanismi ed i fattori limitanti che hanno inciso su tali situazioni sono particolarmente complessi. Tuttavia le cause principali responsabili del peggioramento qualitativo delle acque, con effetto sulle popolazioni, possono essere ricondotte a:

- *modificazioni chimiche e fisiche*: interferiscono sulla qualità degli habitat. A causa del peggioramento della loro "qualità" le acque sono sempre meno idonee a sostenere le richieste biotiche degli organismi colonizzatori;
- *modificazioni geomorfologiche ed idrologiche*: incidono sulla struttura stessa degli ecosistemi, riducendone la capacità recettiva, le possibilità di colonizzazione, talora instaurando condizioni che ostacolano o impediscono lo svolgimento dei cicli vitali. Tali sono gli interventi di regimazione (dighe, manufatti, canalizzazioni, ecc.); prelievi, captazioni e derivazioni idriche; prosciugamenti e regolazioni; navigazione ed uso delle acque per attività sportive e/o ludiche, ecc.;

- *modificazioni sulle comunità biotiche*: hanno effetti sul comparto “vivente” vegetale ed animale dei corpi idrici, e ne possono modificare la composizione in specie. Tali sono gli interventi di controllo e riduzione vegetazionale, l'attività di pesca non sempre regolata correttamente, le sconcertanti e dannose introduzioni di animali alloctoni e perfino le stesse semine di specie ittiche, allorché non opportunamente programmate.

3.10.1 Obiettivi, tipologie e requisiti del ripopolamento

In funzione delle finalità perseguite, e tenuto conto della reale situazione ittiofaunistica e delle condizioni ambientali, l'attività di ripopolamento può essere teoricamente distinta in:

- *semine*. Comprendono tutti gli interventi tesi al sostegno, al riequilibrio e/o al recupero di popolazioni locali autoctone in stato di decremento, mediante introduzione di individui, talora di provenienza alloctona. Le semine possono essere effettuate con soggetti a stadi di sviluppo iniziali (=seme): vengono impiegate uova e larve, avannotti, stadi giovanili precoci o novellame. Il termine di “semina”, spesso utilizzato indiscriminatamente, andrebbe dunque riservato all'uso delle prime fasi vitali e individui di taglia contenuta;
- *immissioni*. Consistono in interventi mirati all'incremento ed al potenziamento delle popolazioni residenti, oppure all'introduzione di nuove specie sussidiarie o sostitutive che rivestono particolare interesse, con l'obiettivo di incrementare la pesca e lo sfruttamento delle risorse trofiche di corpi idrici, solitamente classificati fra quelli di scarso interesse ecologico e naturalistico, ma comunque fruibili per scopi alieutici e produttivi;
- *reintroduzioni*. Esse mirano al ripristino ed alla ricostituzione di una o più popolazioni ittiche un tempo presenti ma poi scomparse per vari motivi, mediante appropriate e specifiche tecniche di reinserimento, così da ottenere un nuovo insediamento della specie originaria. Tali interventi risultano efficaci solo laddove si sia proceduto ad un necessario recupero ambientale, così da ripristinare gli habitat.

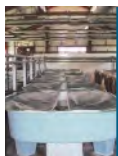
Teso al recupero, alla ristrutturazione ed alla conservazione di un patrimonio di importanza non solo economica e scientifica, ma anche sociale e culturale,



469



Incubatoio per Ciprinidi.
Foto di S. Cataudella.



il ripopolamento è dunque il risultato di accertamenti, valutazioni e studi dell'ambiente acquatico su cui si interviene. Le "Carte ittiche", preparate dalla generalità degli Enti preposti alla gestione della pesca e degli ambienti delle acque interne, sono uno strumento indispensabile per i ripopolamenti. Queste vanno intese non come "fotogramma" statico di una situazione momentanea, bensì come strumento dinamico per l'interpretazione dei processi evolutivi che caratterizzano un corpo d'acqua. Il ripopolamento, di conseguenza, è un'attività che comporta un elevato livello di competenza tecnica, e deve essere eseguito con canoni e criteri basati su precise indicazioni e direttive scientifiche.

Come già evidenziò Giordani, il ripopolamento è per lo più da riservare alle specie ittiche con moderato o contenuto potenziale di reclutamento (= n° di uova/kg di peso), comprendendo in tale ambito i Salmonidi, i Timallidi, i Coregonidi, ecc., e pure, collateralmente, gli Esocidi. In tale ambito è stato proposto il termine di ripopolamento di specie "d'acqua fredda".

Salvo giustificate eccezioni, riconducibili a particolari casi ed esigenze ecologiche, il ripopolamento è invece da evitare o limitare sia per quanto concerne le specie ad elevato potenziale di reclutamento (Ciprinidi, Percidi, Acipenseridi, ecc.), sia per quelle che esercitano particolari cure parentali che ne garantiscono l'inserimento e la colonizzazione delle acque (Ictaluridi, Ciprinodontidi).

Occorre tuttavia sottolineare che le pratiche di ripopolamento possono risultare fruttuose per le popolazioni ittiche, allorché le naturali fluttuazioni periodiche determinano una diminuzione di abbondanza con effetti sullo sfruttamento.

Pertanto le indicazioni ed i principi-guida per il ripopolamento ittico non rappresentano regole assolute, ma vanno vagliate ed adeguate in rapporto alle necessità contingenti ed agli obiettivi prefissati.

3.10.2 Fasi del ripopolamento

Il ripopolamento non deve essere considerato in modo riduttivo un'operazione occasionale di semplice introduzione di "materiale ittico" composto da varie specie in uno o più ambienti acquatici ove si è rilevata una sensibile riduzione di abbondanza. Al contrario, in relazione alle finalità ed agli obiettivi emersi da una corretta valutazione delle situazioni contingenti, il ripopolamento costituisce la risposta corretta nel quadro dei programmi di risanamento e restauro ambientale.

Quattro fasi operative risultano pertanto indispensabili:



Programmazione

È indispensabile pianificare qualsiasi intervento di immissione/introduzione in base ai dati biologici ed ecologici acquisiti e non solo in funzione delle indicazioni, spesso generiche e per lo più interessate, degli operatori o dei fruitori (= pescatori e loro associazioni).

Occorrerà pertanto procedere a:

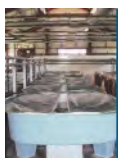
Scelta ponderata di località e siti di immissione, il più numerosi possibile, in considerazione delle loro caratteristiche idromorfologiche, ecologiche e biologiche; della loro ubicazione ed accessibilità; dell'eventuale vulnerabilità ad impatti o pressioni antropiche di diverso tipo.

Riduzione, minimizzazione e/o eliminazione di possibili fattori limitanti, che potrebbero incidere negativamente sull'ittiofauna introdotta. In particolare, a titolo di esempio, si rammenta che nei torrenti e ruscelli con acque a Salmonidi la *bonifica*, mediante elettrostorditore, da individui adulti e di grossa taglia (da trasferirsi altrove) porta a una sensibile diminuzione della pressione predatoria a carico dei soggetti introdotti; così pure *il ripristino o la riqualificazione delle catene alimentari*, che condizionano il potenziale produttivo, rappresentano operazioni fondamentali per il successo della colonizzazione ittica; ed ancora, il miglioramento qualitativo delle acque (riduzione della torbidità indotta; incremento dei regimi minimi di flusso vitale; contenimento delle varie fonti inquinanti e di degrado, ecc.), consentono un miglior successo agli interventi stessi.

Individuazione dei periodi adeguati di intervento in funzione delle esigenze biologiche delle singole specie considerate, e non come conseguenza degli impegni amministrativi e d'altro tipo degli operatori, degli Enti preposti o degli stessi fornitori di materiale ittico.

La scelta del periodo, in funzione della specie ittica in questione, dovrà considerare:

- la taglia dei soggetti da introdurre;
- le condizioni ecologiche del corpo idrico recettore;
- il tempo minimo e massimo di adattamento, di distribuzione, le modalità di insediamento ed occupazione degli habitat;
- le condizioni climatiche, altimetriche dell'ambiente destinato al ripopolamento;
- le caratteristiche dei bacini di allevamento e stoccaggio del materiale da ripopolamento e la previsione oculata delle condizioni ed efficienza dei trasporti del materiale vivo.



Esecuzione

L'esecuzione del ripopolamento comprende due fasi distinte.

Trasporto. Per tale scopo sono attualmente disponibili apparecchiature ed attrezzature ad elevata tecnologia che garantiscono il trasferimento del carico ittico in condizioni ottimali. Il trasporto può essere effettuato, a seconda delle esigenze, sia mediante *sacchi di polietilene*, riempiti per 1/3 con acqua e gonfiati per 2/3 con

ossigeno, sia con le moderne *vasche auto-trasportate*, talvolta dotate di filtri. Alcuni modelli recenti prevedono l'impiego di resine per l'abbattimento dei prodotti azotati e catabolici (ammoniaca e nitriti); le strutture da trasporto più avanzate



Giovanile di persico (*Perca fluviatilis*). Foto di L. Tancioni.

possono essere attrezzate con condizionatori termici (refrigeratori) e schiumatoi; viene garantita una erogazione bilanciata di ossigeno o di aria compressa. L'impiego di tali attrezzature consente di ridurre lo stress nei pesci, spesso causa di mortalità differita.

Introduzione dei pesci. In funzione delle specie prescelte (appartenenti alle famiglie dei Salmonidi, Ciprinidi, Percidi, Esocidi, ecc.), dello stadio di sviluppo e della relativa taglia, ed in considerazione del periodo di intervento e delle oggettive condizioni ambientali dei siti di destinazione, le introduzioni possono essere praticate con modalità differenti. Queste trovano in ogni caso un denominatore comune in serie di "linee guida" generali che costituiscono appunto le norme prioritarie per le operazioni di ripopolamento.

Verifica

Dopo un congruo periodo dall'esecuzione dei ripopolamenti è indispensabile eseguire ripetute valutazioni dei risultati ottenuti, così da quantizzare il rapporto sforzo-successo, facendo ricorso a controlli e campionamenti mirati che possano evidenziare gli effetti attesi sull'incremento della popolazione della specie oggetto dell'intervento.

Tutela e mantenimento

Poiché la filosofia del ripopolamento deve puntare al raggiungimento sia di obiettivi qualitativi sia di risultati quantitativi permanenti, è indispensabile che gli Enti preposti si attivino per tutelare sia le singole popolazioni ittiche reintegrate sia il perdurare delle condizioni ambientali idonee alla vita ed allo sviluppo dell'ittiofauna, mediante adeguati provvedimenti atti a prevenire possibili impatti negativi e/o modificazioni future.

3.10.3 Sistemi di ripopolamento e modalità procedurali

In relazione allo stadio di sviluppo ed alla taglia del materiale ittico impiegato, i ripopolamenti possono schematicamente essere effettuati mediante l'introduzione di:

Uova embrionate

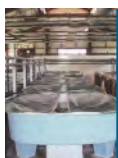
È fondamentale utilizzare solo uova embrionate con vescicole ottiche sviluppate, visibili, e pigmentate. Tale stadio viene raggiunto in un periodo corrispondente a metà circa del tempo totale di incubazione, espresso in gradi/giorno (dal momento della fecondazione fino alla schiusa). In tali condizioni le uova risultano assai più resistenti, maneggiabili e trasportabili, quindi più fruttuose che non quelle in cui le larve si trovano in stadi precoci più vulnerabili. Tuttavia anche gli stadi favorevoli esigono un'ossigenazione ottimale, in relazione al maggiore consumo da parte degli stadi avanzati di embriogenesi.

Le uova vengono solitamente trasportate in sacchi di polietilene gonfiati con ossigeno, oppure su appositi telaini in rete, alloggiati entro speciali contenitori con erogazione di aria compressa o di ossigeno a bassa pressione ed in quantità moderata. Durante i trasporti non si devono verificare sbalzi termici rapidi superiori a 4-6°C; le eventuali necessarie variazioni di temperatura devono quindi avvenire gradualmente.

Per la semina delle uova vengono utilizzate differenti attrezzature quali:

- *Scatole Vibert* o strutture analoghe, per lo più riservate ai Salmonidi.
- *Gabbie e cestelli in rete o telaini di supporto*, opportunamente fenestrati per la fuoriuscita delle prelarve, fissati nel luogo prescelto e disposti solitamente galleggianti in superficie o, più raramente, sommersi per zavorramento a profondità predeterminata.
- *Letti di frega artificiali o naturali*, ottenuti mediante pannelli e sostegni di deposizione appositamente allestiti, oppure mediante supporti adeguati





per stimolare e concentrare l'attività riproduttiva. Tali strutture vengono preventivamente sistemate nelle aree di frega e, a deposizione avvenuta, trasportate nelle zone di destinazione.

La semina delle uova non richiede particolari accorgimenti operativi né speciali attrezzature, ma piuttosto un'oculata scelta delle località di immissione, i cui requisiti essenziali sono: profondità ridotta, corrente moderata, presenza di rifugi naturali (o artificiali appositamente allestiti), assenza di predatori, condizioni termiche relativamente stabili, potenziale produttivo soddisfacente (= tipo e quantità di *pabulum* disponibile).

Tale sistema di ripopolamento può risultare preferibile e vantaggioso per la riduzione e la semplificazione dei trasporti; per l'utilizzazione contenuta di attrezzature; per la facilità di immissione e di ambientamento del materiale seminato; per l'opportunità di sfruttare corpi idrici secondari e/o di ridotta entità ma particolarmente raccomandabili; per l'elevata capacità di colonizzazione, diffusione ed espansione territoriale dei pesci così prodotti.

Al contrario tale sistema esige un notevole impegno umano ed operativo per la distribuzione e la sistemazione delle uova, per l'esecuzione dei necessari accertamenti e successivi controlli, ecc. Inoltre può soggiacere ad occasionali e pericolosi danneggiamenti, spesso di ordine naturale ascrivibili a situazioni idrologiche e climatiche (piene, intorbidamenti, siccità, variazioni termiche improvvise, ecc.).

Larve ed avannotti

Si definisce larva il pesce neonato che non ha ancora ultimato il riassorbimento del sacco vitellino; per avannotto si intende invece il piccolo pesce che, ormai dotato delle principali strutture anatomiche dell'adulto (pinne, apparato digerente, vescica natatoria, quando presente, capacità sensoriali, ecc.) e delle relative caratteristiche eco-etologiche, pur essendo ancora di piccole dimensioni è tuttavia in grado di sostentarsi e svilupparsi autonomamente nell'ambiente.

Per la semina effettuata con larve ed avannotti risulta fondamentale minimizzare le possibilità di shock (meccanici, termici, ecc.) ai pesci, sia durante il trasporto che nelle fasi di immissione nell'ambiente; eliminare o contenere al massimo la pressione predatoria a loro danno; prevedere e favorire un ambientamento ottimale e distribuzione spaziale uniforme e più vasta possibile; effettuare una adeguata sorveglianza soprattutto durante i primi periodi successivi all'immissione; valutare e stimare i concreti risultati ottenuti mediante adeguati controlli e campionamenti periodici.

I vantaggi di tale sistema risiedono: nella facilità del trasporto, usando equipaggiamenti idonei, per la taglia contenuta dei soggetti; nelle sopravvivenze apprezzabili, anche in funzione della resistenza alle situazioni avverse e delle capacità di difesa dagli attacchi di alcuni predatori; ulteriori vantaggi sono rappresentati dall'adattamento ambientale precoce.



Stadio giovanile di tinca (*Tinca tinca*). Foto di L. Tancioni.

Se le operazioni sono eseguite in periodo stagionale conveniente, in parallelo con l'incremento delle disponibilità trofiche naturali, allora le sopravvivenze saranno soddisfacenti.

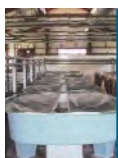
I limiti delle semine con materiale precoce sono: predazione, esposizione alle modalità operative irrispettose dell'elevata sensibilità fisiologica degli stadi di sviluppo dei soggetti; possibilità di eventi ambientali, climatici, idrologici e tecnici spesso imprevedibili ad effetto nefasto; difficoltà operative ed esigenze di tempi ridotti per il raggiungimento dei luoghi di semina e per l'espletamento di tutte le operazioni; percentuali di resa, a medio e lungo termine, alquanto modeste e frequentemente insoddisfacenti.

Novellame

Si intendono individui a stadio giovanile ed in differenti fasi di sviluppo, che comunque non hanno ancora raggiunto le dimensioni proprie dell'adulto in grado di riprodursi. Infatti i pesci, vertebrati eterotermi, arrivano alla taglia riproduttiva non tanto in funzione della loro età ma piuttosto della loro velocità di crescita relativa, influenzata dalle condizioni termiche e trofiche dell'ambiente e dalle caratteristiche genetiche della popolazione adattatasi ad un particolare biotopo.

Per il ripopolamento possono essere impiegati animali di differente taglia. Per convenzione, nel caso dei Salmonidi, le taglie di semina vengono solitamente distinte in 6-9 cm; 9-12 cm; 12-18 cm. Le tre differenti taglie comportano un'attesa di sopravvivenza media su base statistica rispettivamente del 15-20%; del 50-60% e del 60-70%, purché la qualità del materiale ittico impiegato risulti ineccepibile, le caratteristiche ambientali garantiscano la





massima capacità di accoglienza, le operazioni di immissione vengano svolte con scrupolosità e correttezza.

Per i Ciprinidi, ed in particolare per la carpa, si intende come novellame il materiale con l'età di una sola estate, con taglia media di 5-12 cm; talora possono essere impiegati individui di due estati, che hanno avuto una crescita depressa (acque fredde, scarsità di alimento, ecc.) con taglia di 10-18 cm, e che comunque, in ambiente idoneo e troficamente ricco, riescono ad incrementare, talora sorprendentemente, il proprio peso con una sorta di metabolismo accelerato di "recupero". Nel caso del luccio, invece, per novellame si intendono gli individui di varie classi di taglia compresa fra un minimo di 5 cm ed un massimo di 20-22 cm.

L'impiego di novellame per ripopolamento è sicuramente vantaggioso. Infatti questo materiale ittico presenta una buona resistenza ed un'ottima adattabilità, poichè già in grado di reagire alle differenti avversità ambientali; non manifesta particolari esigenze che condizionino i trasporti e le attività di semina; garantisce un buon successo sulla colonizzazione ambientale, purché vengano osservate le precauzioni fondamentali che si impongono nelle operazioni di immissione.

Secondo Timmermans è questo il metodo da privilegiare, quando possibile, per interventi di risanamento, incremento e potenziamento delle popolazioni locali di ittiofauna, in particolare per i Salmonidi.

Adulti

Salvo eccezioni motivate, l'uso di adulti per il ripopolamento è da evitare, anche in adesione alle indicazioni ed alle direttive dell'Associazione Italiana degli Ittiologi di Acque Dolci (A.I.I.A.D.). Tale sistema, per lo più attuato, nel caso dei Salmonidi, con pezzature di 22-25 cm, di fatto non mira alla stabile e duratura ricostituzione del patrimonio ittico di un determinato biotopo o ambiente; non tiene conto della capacità portante dell'ecosistema; ha fini esclusivamente consumistici (ricreativi, turistici, economici, pubblicitari) ed è sostanzialmente per compensare a breve termine la pressione di pesca esercitata nell'area di intervento. Tale modalità può risultare utile per dirottare da zone di particolare interesse biologico e naturalistico (aree di frega, parchi, zone protette e regolamentate, ecc.) in acque di difficile recupero o che comunque non sono caratterizzate da peculiarità pregevoli. In effetti tale metodo non porta a risultati permanenti di ricostituzione delle comunità ittiche, e la maggior parte del materiale immesso (circa 90% e più) viene generalmente catturato nella prima settimana seguente l'immissione. Per scopi

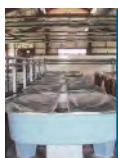


precisi, qualora necessario ai fini di una politica di gestione territoriale, i ripopolamenti, o meglio le introduzioni cosiddette “pronta-cattura” (*put and catch*), dovrebbero realizzarsi a più riprese (3-5 volte l'anno), sufficientemente distanziate nel tempo. È comunque raccomandabile utilizzare, per i Salmonidi, la trota iridea o, più in generale, soggetti sterili e comunque sicuramente non interfecondi con le popolazioni ittiche locali e stabili. Tale approccio è da considerare pertanto con la massima attenzione; richiede opportune precauzioni; non porta a risultati permanenti di incremento dell'ittiofauna; determina sicuri impatti sull'equilibrio dell'ambiente e sulle specie ittiche autoctone; è palesemente diseducativo e travicante dell'etica piscatoria. La quale invece andrebbe formata, indirizzata ed incanalata verso la pesca sportiva responsabile con programmi di educazione a partire dai neofiti. Soltanto in casi particolari, ormai non più rari, il ripopolamento con adulti può trovare valide giustificazioni. E cioè: per valorizzare e popolare aree di frega ittologicamente apprezzabili, ma poco frequentate dai pesci per varie cause; per integrare o ripristinare l'attività di frega di popolazioni locali danneggiate, in rarefazione o minacciate; per ricostituire e/o reinserire le popolazioni ittiche endemiche o autoctone che sono state ridotte o eliminate da cause accidentali, o da eventuali processi di degrado ambientale. Ma solo a seguito di corretti interventi di restauro ambientale e di controllo e di manipolazione biologica degli equilibri dell'ecosistema sarà possibile ottenere risultati soddisfacenti.

3.10.4 Linee guida per il ripopolamento

Indipendentemente dalle diverse esigenze operative, dalle necessità e dalle urgenze di intervento, dalle condizioni ecologiche locali, dalle specie ittiche trattate, dagli obiettivi preposti e dai risultati attesi, tutti i sistemi e le modalità di ripopolamento riportati devono comunque essere eseguiti tenendo in debito conto sia le esigenze biologiche delle singole specie, sia le recenti normative in materia ai fini preventivi, sanitari e di tutela ambientale. Nell'attività di ripopolamento le norme cautelative, ed esecutive possono essere così schematizzate:

- Il materiale ittico impiegato dovrebbe essere prodotto (con sistemi estensivi o semi-estensivi) nell'ambito delle acque comprese nel bacino interessato, così da garantire la naturale selvaticità (un tempo definita “rusticità”) e le prerogative di ambientamento, insediamento ed irraggiamento di colonizzazione. Questo deve essere in ottime condizioni sanitarie secondo le normative CEE e UE per non veicolare parassitosi e patologie e deve possedere



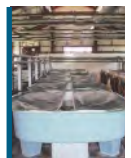
il genotipo caratteristico della popolazione autoctona.

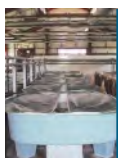
- Entro un congruo raggio dalle zone di semina, a seconda delle pezzature ittiche introdotte, dovranno essere anticipatamente eseguiti gli opportuni sfoltimenti o abbattimenti (= bonifica) dei predatori (ivi compresi quelli esogeni, cioè aerei e terrestri) ed anche dei competitori trofici, mantenendone il controllo per un congruo periodo, ossia fino all'accertato insediamento del materiale seminato ed alla colonizzazione territoriale programmata.
- Il trasporto dei pesci deve essere condotto in condizioni ottimali. Sono da evitare e quindi da prevenire a livello tecnico-operativo, shock termici, meccanici e traumatici.
- I pesci destinati al trasporto ed al ripopolamento devono restare rigorosamente digiuni per almeno 30-40 ore antecedenti il trasporto, così da evitare o almeno contenere l'effetto nocivo di elevate concentrazioni nell'acqua di trasporto di prodotti catabolici (feci, escreti, secreti, ecc.) tossici e con effetto differito.
- Le condizioni di temperatura e di ossigeno disciolto durante i trasferimenti devono risultare appropriate e soddisfacenti. Poiché a basse temperature la quantità di ossigeno disciolta nell'acqua di trasporto è più elevata ed, in parallelo, la velocità dei processi metabolici nei pesci risulta ridotta, e quindi con minore richiesta e consumo di O_2 , è certamente conveniente operare in periodi stagionali con temperature moderate e non durante le punte estreme di calura; la refrigerazione e la termostatazione in fase di trasporto risultano vantaggiose. A titolo indicativo per i Salmonidi si raccomanda una temperatura di trasporto, possibilmente stabilizzata, compresa tra 3-10°C; per i Ciprinidi fra 10-18°C. Sono tuttavia possibili frequenti eccezioni a tali limiti teorici, soprattutto in situazioni e nel contesto di particolari esigenze operative ed ambientali.
- Le semine/immissioni/reintroduzioni vanno eseguite ripartendo gli individui, a piccoli lotti, in diverse località o aree del corpo idrico recettore, privilegiando le zone con corrente moderata e profondità contenuta.
- Le scelte preferenziali dei periodi di ripopolamento e delle singole località di intervento devono essere fatte in rapporto alle pregresse condizioni idrologiche, termiche e climatiche dell'ambiente. L'acquisizione preventiva di dati, se disponibili, in tale settore, risulta dunque fondamentale supporto di successo.

Di conseguenza i ripopolamenti non devono ridursi semplicisticamente a liberare o, peggio, a “lanciare” pesci nell'ambiente acquatico. Rappresentano infatti un delicato e complesso capitolo nella gestione ambientale. Tali aspetti sono stati finora piuttosto trascurati ed ignorati, ma

assumono una fondamentale importanza quando si prende in considerazione la fauna ittica come “test di controllo e verifica” della qualità delle acque (comunità ittiche = sentinella dell’ambiente).

A tali compiti non sono chiamati solo i piscicoltori, gli allevatori, i dipendenti degli Enti ed i membri delle Associazioni interessati alla pesca, ma anche e soprattutto personale specializzato, quale ittiologi, idrobiologi ed ecologi. Soltanto un lavoro coordinato e uno scambio di informazioni fra le parti competenti potrà portare alla conservazione ed al progressivo miglioramento di un patrimonio irrinunciabile, che i ripopolamenti responsabili possono contribuire a conservare.





Bibliografia

- Alessio G. (1986 a). *Recenti effetti delle modificazioni ambientali sull'ittiofauna del bacino del Po*. Quad. E.T.P. - Udine, 13: 1-15.
- Alessio G. (1986 b). *Finalità, criteri e metodi di intervento per la conservazione, la tutela e la valorizzazione dell'ittiofauna: il ripopolamento*. Quad. E.T.P. - Udine, 14: 7-16.
- Bianco P.G. (1976). *I pesci d'acqua dolce d'Italia: considerazioni e criteri generali sulle semine in natura*. Proc. Sem.: "Reintroductions: technique and ethics", WWF, Roma, giugno 1976: 243-265.
- Borghesan F., Bovo G. (1994). *Adempimenti CEE in materia di ripopolamento in acque pubbliche*. Atti V° Conv. A.I.I.A.D., Montecchio Maggiore (VI): 339-342.
- Forneris G., Alessio G. (1987). *Recupero di popolazioni di Salmo trutta marmoratus Cuv.: modello operativo per la gestione dell'ittiofauna*. Atti II° Conv. Naz. A.I.I.A.D., Torino: 113-121.
- Gandolfi G., Marconato A., Torricelli P., Zerunian S. (1991). *I pesci delle acque interne italiane*. Min. Amb.- UZI, Ist. Pol. e Zecca Stato: 617 pp.
- Ghittino P. (1969). *Piscicoltura e ittiopatologia*. Ed. Riv. Zootecnia, Torino, Vol. I: 334 pp.
- Ghittino P. (1983). *Tecnologia e patologia in acquacoltura. Vol. 1°- Tecnologia*. Tip. E. Bono, Torino: 532 pp.
- Giordani G. (1972). *Idrobiologia e piscicoltura*. Edagricole, Bologna: 291 pp.
- Timmermans J.A. (1971). *Observations concernant le repeuplement de cours d'eau rhéophiles en truitelles fario et arc-en-ciel*. Trav. Stat. Rech. Eaux et Forêts, D 41: 32 pp.
- Zanetti M., Turin P., Grava Vanin B.M, Bilò M.F., Rossi V., Guerra D., Loro R. (2000). *Carta ittica della Provincia di Belluno*. Assessorato Pesca e Tutela delle Acque, Belluno: 287 pp.



Riferimenti al CCPR

Le introduzioni volontarie ed accidentali di specie ittiche hanno generato nel tempo due tipi di reazioni opposte.

Fin dalle origini, alla capacità umana di compiere spostamenti e di trasportare beni fu associato il trasferimento, da un areale geografico ad un altro, di piante ed animali. I nuovi arrivati erano generalmente accolti con plauso, per curiosità e per utilità, tanto che gran parte di ciò che coltiviamo viene da lontano. Le specie esotiche viventi, nel tempo, popolarono orti botanici e zoo, diventarono un modo di esibire la straordinaria capacità del mondo vivente di evolvere specie diverse.

La descrizione di nuove specie viventi, e le testimonianze dei resti di quelle estinte, fu al centro dell'interesse umano per comprendere "l'ordine del creato". Gli studi botanici e zoologici hanno spesso comportato l'introduzione di viventi in nuove regioni. Eppure proprio queste discipline, incontrandosi con le scienze della terra, utilizzando gli strumenti della matematica, hanno posto le basi per la nascita di scienze sistemiche come l'ecologia in cui le specie non sono più un oggetto da descrivere isolato, ma le parti di un sistema dinamico fatto di relazioni tra i viventi ed il mondo fisico in cui si svolgono le funzioni vitali, dalla ricerca di pascoli e/o prede, all'evento riproduttivo fondamentale per il mantenersi della vita.

In fasi successive a quelle in cui si sono introdotte specie senza limite, si è giunti alla conclusione che questo approccio avrebbe dovuto avere delle regole e dei limiti, proprio per non rischiare la perdita di quella diversità, oggi giudicata importante anche sul piano economico, e del rispetto delle culture e delle tradizioni, valori rilevanti delle società umane.

La presa di coscienza dell'eccessivo consumo di risorse naturali nelle attività antropiche ha modificato una serie di posizioni, tra queste il giudizio delle stesse Istituzioni verso le specie alloctone, in relazione ai "valori" assegnati alle comunità biologiche locali (autoctone) che caratterizzano alcuni ecosistemi. Il CCPR fa riferimento al 9.3.1. alla esigenza di mantenere l'integrità delle comunità acquatiche, attraverso un' oculata gestione.

Questo significa anche l'applicazione di regole appropriate al mantenimento di tale integrità. Nello stesso paragrafo si fa riferimento ai rischi legati all'introduzione di specie non native, rischi collegati all'inquinamento genetico, all'introduzione di patologie e parassiti ed alle alterazioni che possono comportare sulle reti trofiche, ad esempio nel caso in cui venga introdotto un predatore che consuma, come foraggio, specie sensibili della comunità. Si potrebbe obiettare che l'introduzione della trota iridea dagli Stati Uniti d'America ha permesso di sviluppare la piscicoltura delle acque



fredde in tutto il mondo, che l'introduzione della vongola filippina in Adriatico ha fatto nascere una nuova economia nel delta del Po e nella Laguna di Venezia, e così via. Il dibattito è aperto, e soprattutto dalle economie più povere continua la richiesta di introduzione di specie che, se pur esotiche, possano aiutare la guerra contro i bisogni alimentari.

Il CCPR si riferisce ai rischi legati alle introduzioni di specie acquatiche che hanno modificato intere comunità ittiche con perdita, ad esempio, di specificità. L'acquacoltura da ripopolamento richiede tecnologie appropriate, si presta a progetti di "restauro delle popolazioni". Non basta riempire un fiume di pesci, per farlo in maniera sostenibile necessitano comportamenti responsabili e strumenti scientifici e tecnologici appropriati.

Bisognerà riflettere su un tema centrale: mettere una specie in una vasca di allevamento non è la stessa cosa che introdurla in un ambiente. In questo secondo caso le dinamiche sono complesse e non è possibile prevedere tutte le ricadute possibili. In effetti si sta sviluppando, cosa non nuova per la verità, un'acquacoltura per ripopolare in maniera responsabile.

Gli stessi pescatori sportivi, che richiedono non solo abbondanza ma anche la conservazione dei pesci locali ed una ricchezza in specie come quella raccontata dai loro padri, o zii, che hanno il ruolo di attaccarti la passione, stanno preparando i loro CCPR.

Quello per i ripopolamenti è una forma di allevamento di elevata qualità, che interviene solo per alcune fasi del ciclo vitale, che considererà al primo posto la conservazione genetica e la conservazione delle comunità e degli ecosistemi (per i rischi connessi all'introduzione di nuove specie ed all'alterazione della struttura genetica delle popolazioni naturali).

Nello spirito dello sviluppo sostenibile, senza l'assunzione di posizioni rigide che nel tempo si potrebbero rivelare errate, bisognerà fare della piscicoltura da ripopolamento uno strumento per recuperare simultaneamente gli ambienti acquatici e nuove opportunità economiche, ad esempio legate alle attività del tempo libero.

In questo senso, al 9.3.5. il CCPR fa riferimento alla ricerca per sviluppare tecniche capaci di contribuire alla conservazione delle specie a rischio.

I programmi di ricerca del MIPAF attuati nell'ambito dei Piani Triennali della Legge 41/82 hanno rispettato a pieno i principi del CCPR, supportando i programmi per gli studi sullo storione cobice e sul monitoraggio dei giovanili di specie marine, solo per citare alcuni casi di studi che oggi ci consentono di disporre di tecnologie per una acquacoltura responsabile sul campo.

S.C.

3.11 SPECIE ORNAMENTALI ED ACQUARIOFILIA

O. Di Santo, F. Gagliardi, F. Mugnai, F. Riccardi, A. Severati

Il mercato dei pesci ornamentali costituisce ormai da vent'anni, a livello mondiale, un'interessante opportunità per nuove figure professionali come esportatori, importatori ed allevatori specializzati. Una conferma è il dato degli Stati Uniti, dove nel 2000 l'importazione di pesci ornamentali ammonta ad un valore di circa 50 milioni di euro, paragonabile a quella delle ostriche e dei mitili.

Un dato unitario e coerente per il mercato italiano ed europeo è piuttosto difficile da ottenere, visto il variegato panorama dei canali di importazione e la cospicua quota di mercato sommerso. Un dato orientativo deriva dai rapporti doganali fra Italia e Singapore, grosso produttore su scala mondiale, che indica come ufficialmente entrati nel nostro paese, nel 1995, animali per un valore di 54 milioni di euro.

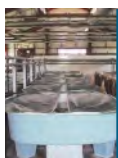
In tutto il Sud Est asiatico (Tailandia, Singapore, Sri Lanka) come in Israele e Stati Uniti (Florida) l'allevamento di specie ornamentali acquatiche è da molti anni una realtà per la molteplicità dei prodotti e dei servizi che offre.

I principali flussi di pesci ornamentali, provenienti dall'allevamento e dalla cattura, si dirigono dal Sud Est asiatico verso Europa, Stati Uniti e Giappone; da alcune isole dei Caraibi, dal Brasile e dalle Hawaii in tutto il mondo. Un produttore, comparso sullo scenario internazionale nel corso dell'ultimo decennio, è costituito dall'Est Europeo, con la Repubblica Ceca assoluto protagonista. Gli allevatori dei paesi dell'Europa dell'Est propongono peraltro un nuovo modello strutturale, quello della *family farm*, dove il nucleo familiare si occupa della produzione intensiva di una o due specie in spazi estremamente ristretti all'interno dell'abitazione. La produzione, anche 20.000 individui l'anno in una stanza di 16 m², viene introdotta sul mercato occidentale da raccoglitori che compongono la loro *stock list* con la produzione di molte *family farm*.

3.11.1 Aspetti peculiari dell'acquacoltura ornamentale

L'allevamento di specie destinate a questo mercato è certamente caratterizzato da alcuni aspetti che lo distinguono dal consueto allevamento ad uso alimentare.





- a) Si tratta di una produzione di grande valore: il prezzo di vendita all'ingrosso di un individuo di un grammo di *Poecilia reticulata* (guppy o Pesce milione, specie comune e di costo contenuto) è di circa 0.75 euro, per un valore di produzione di 750 euro/kg.
- b) Bassi costi di produzione in termini di alimento ed energia; elevata quantità di mano d'opera specializzata.
- c) I criteri di valutazione fondamentali per questo tipo di produzione sono forma, livrea e cromatismi.
- d) Per essere competitivi sul mercato si allevano spesso molte varietà di una specie, con continue selezioni dei fenotipi e molto lavoro sullo stock dei riproduttori.
- e) Il controllo di qualità del prodotto, come il confezionamento, si spinge al livello di individuo.
- f) Volumi d'acqua contenuti; investimenti d'impianto relativamente piccoli.
- g) Cicli produttivi brevi e continui.



Gli animali selezionati per la vendita, vengono accuratamente imballati in sacchi di polietilene, con acqua e ossigeno puro. La spedizione avviene in scatole di polistirolo espanso contenenti 6-12 sacchi. Foto d'archivio Panaque.

Il fattore limitante per l'acquacoltura ornamentale, per un grandissimo numero di specie, non è rappresentato dalle difficoltà tecniche o dal costo della produzione stessa, ma dai costi legati alla commercializzazione. Costi vivi e di mano d'opera dell'imballo e costi di trasporto aereo sono spesso di valore superiore rispetto a quello del prodotto. Questa circostanza è alla base

delle difficoltà che si incontrano nello sviluppare impianti di acquacoltura nei paesi di origine degli animali oggetto del commercio. D'altro canto è proprio questa la considerazione che rende vantaggiosa la produzione nei “paesi utilizzatori”, giustificando i costi energetici e di mano d'opera, certamente più alti che nei paesi tropicali e subtropicali.

3.11.2 Specie marine tropicali

Il mercato delle specie marine, prevalentemente pesci, costituisce circa il 30% del totale.

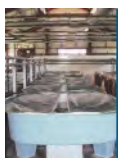
Le specie ittiche correntemente commerciate sono circa 600. Per circa 50 è stato realizzato lo svezzamento delle larve e certamente per circa 20 specie è ormai stata messa a punto la tecnica di riproduzione controllata, con buona qualità dei giovanili. La tecnologia piuttosto semplice, i numeri e il valore della produzione fanno di queste specie una realtà commerciale, che tuttavia non è ancora in grado di sostituire gli individui da cattura.

Pomacentridi

Appartengono a questa famiglia i pesci pagliaccio dei generi *Amphiprion* e *Premnas*, dei quali vengono riprodotte industrialmente circa 12 specie, principalmente negli impianti americani; una parte di questa produzione viene esportata verso l'Europa. I pesci pagliaccio (*anemonefish*) costituiscono circa il 10% degli individui del mercato dei pesci marini, per un valore all'ingrosso per individuo di circa 6 euro. La diffusione di queste specie è legata alla vita in simbiosi con alcune specie di Attiniari, alla brillante livrea ed alle ridotte esigenze di spazio, tutti fattori che li rendono ben adattabili alla vita in acquario.

Si tratta di animali ovipari che depongono su substrato (200-500 uova, con una schiusa solitamente superiore al 95%) e mostrano cure parentali a carico di entrambi i membri della coppia. Alla schiusa inizia una breve fase di vita planctonica di circa 15 giorni, durante la quale le larve in allevamento sono alimentate con Rotiferi e dal quinto giorno con naupli di *Artemia spp.* Intorno al quindicesimo giorno, dopo la metamorfosi, ha inizio lo svezzamento con mangime inerte. Solitamente una coppia in buono stato depone ogni 10-15 giorni e necessita di un volume vitale di 50-100 litri. Taglia di vendita a 4-6 mesi.





Pomacantidi ed altre specie

Sono ascritte alla famiglia dei Pomacantidi alcune tra le più belle, pregiate e costose specie di pesci tropicali da acquario. Per *Pomacanthus maculosus* e *Arusetta asfur* sono stati recentemente introdotti sul mercato giovani allevati in cattività da uova embrionate prelevate in natura; la stessa tecnica è utilizzata per il pesce cometa *Calloplelesops altivelis* (Plesiopidae), specie per la quale da alcuni anni viene condotta con successo la riproduzione artificiale. Si tratta di specie rare e pregiate (20-60 euro per individuo), per le quali è conveniente anche l'allevamento nei paesi d'origine.

3.11.3 Specie tropicali d'acqua dolce

Il mercato delle specie di acque interne tropicali e subtropicali rappresenta il 70% del totale, con una quota rilevante, probabilmente intorno al 60% proveniente da allevamento.

Delle oltre 400 specie comunemente commerciate il 90% dei volumi scambiati è costituito da circa 35 di queste, appartenenti alle famiglie Poeciliidae, Cichlidae, Caracidae, Loricaridae, Ciprinidae, Anabantidae, Callictidae. I grandi produttori sono storicamente i paesi del sud-est asiatico, dove gli allevamenti sono prevalentemente di tipo estensivo e semiestensivo viste le condizioni climatiche ed idriche favorevoli e considerati i bassissimi costi della mano d'opera. Il risultato è un prodotto di ottima selezione, ma poco controllato sotto il profilo ittiosanitario. Il cambio di condizioni ambientali, ovvero dal bacino estensivo di allevamento alle vasche di stabulazione dell'importatore o del rivenditore, è spesso causa di grave stress. Se a questo si aggiunge l'inevitabile stress da manipolazione e trasporto, il risultato è sovente l'insorgere acuto di molte patologie latenti, spesso ad eziologia batterica o virale.

La mortalità durante il trasporto dai luoghi di produzione a quelli di vendita, la cui durata media è compresa fra 24 e 36 ore, è in molti casi superiore al 50%. Queste considerazioni fanno sì che l'allevamento nel paese consumatore sia accolto dal mercato come una vantaggiosa ed affidabile fonte di approvvigionamento. Inoltre l'allevamento nazionale garantisce un miglior rapporto con il cliente nella post-vendita, fattore che accresce la qualità intrinseca del prodotto.

Ciclidi

È una grande famiglia rappresentata da oltre 1.600 specie americane e africane, con un unico genere asiatico.

Di queste alcune centinaia sono oggetto di mercato, spesso molto specialistico, ma solo poche ne costituiscono una quota considerevole.

Fra questi alcune specie di piccola taglia dal Sud America (generi *Microgeophagus* e *Apistogramma*, *Crenicara*) e certamente il discus (*Symphysodon aequifasciata*) e lo scalare (*Pterophyllum scalare*).

Il Discus (Symphysodon aequifasciata)

Biologia riproduttiva

Si tratta di una specie originaria del Rio delle Amazzoni e dei suoi affluenti brasiliani e peruviani; la taglia massima intorno ai 22 cm. Si distinguono una serie piuttosto lunga di varietà cromatiche negli individui di cattura, dipendenti dalla regione geografica di provenienza. Matura sessualmente a circa 14 mesi di età (28-30°C) e forma coppie stabili.

La coppia, dopo un complesso rituale di corteggiamento, depone 150-300 uova adesive su un substrato precedentemente accuratamente pulito da entrambi; il sito scelto per la deposizione viene protetto dalla coppia e le uova vengono costantemente ventilate durante il loro sviluppo.

La schiusa avviene a 29-30°C dopo 52-56 ore e subito i riproduttori provvedono a trasferire le larve in un nuovo sito, al quale rimangono adese per mezzo delle sei ghiandole adesive poste sulla testa. Al termine dello sviluppo embrionale (dopo ulteriori 72-78 ore a 29-30°C), esaurite le riserve del tuorlo, si interrompe la secrezione delle ghiandole adesive ed inizia il nuoto libero.

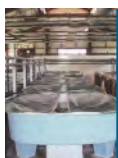
Parallelamente le larve intraprendono l'alimentazione esogena: il primo nutrimento



Discus, *Symphysodon aequifasciata*. Le varietà del ceppo "Pigeon Blood" perdono l'organizzazione dei melanofori che nel fenotipo selvatico costituiscono le 9 bande mimetiche verticali.

Foto d'archivio Panaque.



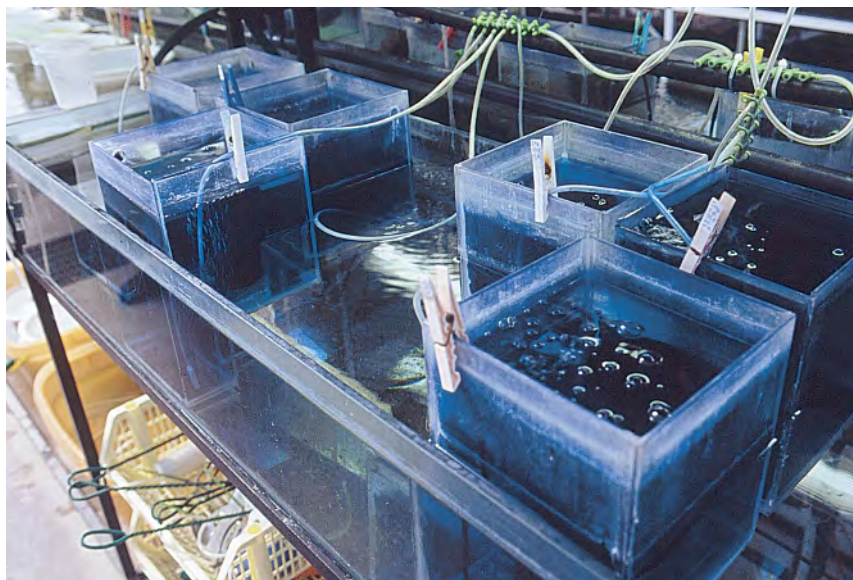


è costituito dal muco dei genitori. Dopo 5-6 giorni di alimentazione a carico dei genitori le larve cominciano a predare piccoli organismi acquatici (ad es.: crostacei, rotiferi) ed a circa un mese di età gli avannotti sono completamente autonomi. Quando i giovanili si allontanano dalla coppia questa comincia un nuovo rituale di corteggiamento, che darà luogo alla successiva deposizione.

Riproduzione in cattività e “svezzamento artificiale”

La specie non presenta dimorfismo sessuale. In acquario si permette che spontaneamente, all'interno di un gruppo di subadulti (4-8 individui), si formi una coppia. La cura della prole e lo svezzamento non sempre si osservano in cattività, in particolare per le varietà di selezione artificiale; inoltre se la coppia viene sollevata dal compito di allevare la nidiata e dunque le uova vengono allontanate, gli animali intraprendono in breve un nuovo ciclo riproduttivo, deponendo solitamente ad intervalli di 5-7 giorni.

Le uova sono incubate in una vasca da 15 litri con movimento d'acqua e una soluzione 1 ppm di blu di metilene; a 24 h dalla schiusa sono trasferite in acqua pulita dove completano lo sviluppo embrionale.



Piccole vasche dal volume di 15 litri vengono utilizzate per l'incubazione delle uova. La colorazione dell'acqua è dovuta all'agente antisettico. Foto d'archivio Panaque.

All'inizio del nuoto libero le larve cercano istintivamente di alimentarsi mordendo la superficie del piccolo recipiente da svezzamento. Si sfrutta questo istintivo comportamento per somministrare un impasto da svezzamento



Larve di Discus, *Symphysodon aequifasciata* all'inizio dell'alimentazione esogena. Le larve sono trasferite una ad una nel piccolo recipiente di svezzamento, sulla cui superficie è spalmato l'impasto che costituisce il primo alimento in allevamento. Foto d'archivio Panaque.

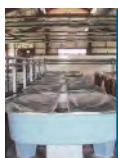
distribuendolo sulla superficie del recipiente stesso.

Al quarto giorno di alimentazione esogena le larve accettano naupli di *Artemia* spp. di piccole dimensioni. La prima taglia di vendita è a 4-5 cm, a 10 settimane di età, quando il valore all'ingrosso è compreso fra 6 e 25 euro, in relazione alla varietà. Infatti, oltre alle varietà geografiche selvatiche, sono state selezionate in 30 anni di allevamento in cattività molte forme cromatiche che determinano il valore commerciale dell'individuo.



Lo scalare (Pterophyllum scalare)

Anche lo scalare è un ciclode sud-americano. Forma coppie stabili che depongono ogni settimana 200-400 uova adese ad un substrato. La specie mostra complesse cure parentali, ma in allevamento è ben più produttivo allontanare le uova dopo la deposizione e incubarle in apposite piccole vasche, in soluzione di blu di metilene. La schiusa avviene dopo 48 ore a 27°C, mentre l'inizio dell'alimentazione esogena dopo ulteriori 6 giorni di sviluppo. Il primo alimento in allevamento è costituito, fino al decimo giorno, da naupli di artemia. La metamorfosi, caratterizzata dall'allungamento delle pinne dorsale ed anale, avviene intorno all'undicesimo giorno. Superato questo stadio, quando gli avannotti sono lunghi 8-9 mm, vengono trasferiti in vasche di svezzamento (500-700 individui in 200 litri circa) dove vengono svezzati con mangime microincapsulato. Dopo ulteriori 10-12 giorni i piccoli scalari sono trasferiti nuovamente, nelle vasche di ingrasso: 500 litri per le prime taglie di vendita (3-4 cm, al valore di 1-2 euro) e poi 1.500 litri per le successive (fino a più di 10 cm e al valore di 10-20 euro).



Poecilidi

A questa famiglia appartengono molte specie comunemente commercializzate, fra cui la *Poecilia reticulata* o guppy, che rappresenta una consistente parte del mercato ornamentale internazionale.

Poecilia reticulata o guppy

La specie, di origine centro americana, è ovovivipara. Una femmina adulta “partorisce” una media di 40 avannotti approssimativamente ogni 4 settimane (26°C). Gli avannotti sono subito atti all'alimentazione esogena e non presentano particolari difficoltà di svezamento. Anche per questa specie, come nel discus e nello scalare, esistono moltissime varietà selezionate in gran parte dagli allevatori del Sud-Est asiatico.



Poecilia reticulata. Maschio adulto della varietà “Yellow Cobra.” Foto d'archivio Panaque.

Il lavoro più oneroso è volto alla precoce separazione dei sessi ed alla successiva selezione dei riproduttori per livrea e forma. La prima taglia di vendita è a 10 settimane. Valore commerciale all'ingrosso 0,75-2 euro per individuo.

3.11.4 Un modello pilota di impianto per la produzione di specie ornamentali

Dal punto di vista tecnologico la produzione di pesci ornamentali per l'acquariofilia, (da non confondere con la produzione di Ciprinidi ornamentali) non presenta delle peculiarità rispetto all'acquacoltura, dunque quanto esposto negli altri capitoli, per gli aspetti biologici e tecnologici di base, resta valido. Quello che è molto differente è il *target* di mercato, infatti in questo

caso l'acquacoltore non produce alimenti, ma prodotti di elevatissima qualità che sulla loro "salute" e sul loro aspetto esprimono il loro valore competitivo.

La struttura

Viene descritto un impianto tipo, in cui la risorsa idrica è costituita da un pozzo, meglio se caratterizzato da acque tenere. L'impianto è un piccolo allevamento intensivo, dimensionato come un'avannotteria d'acqua dolce, con fondamentali modifiche che lo adattano all'allevamento dei pesci ornamentali:

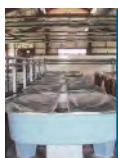
- un sistema di accrescimento principale, costituito da 10 vasche, diametro 2 metri (1.500 litri) e 20 vasche, diametro 1 metro (500 litri);
- un sistema di accrescimento secondario, costituito da 4 vasche, diametro 2 metri (1.500 litri) e 4 vasche, diametro 1 metro (500 litri);
- due sistemi indipendenti da 20 acquari ciascuno, per la gestione dei riproduttori di discus;
- un sistema indipendente di vasche per l'incubazione e lo svezzamento dei discus;
- due sistemi indipendenti di acquari per l'accrescimento dei discus.
- un sistema indipendente da 20 acquari per la gestione dei riproduttori di scalare;
- un sistema indipendente di vasche per l'incubazione e lo svezzamento degli scalari.

Tutte le vasche sono alloggiate in una piccola serra agricola equipaggiata con materiali di nuova generazione (400 mq circa). I sistemi sono a circuito chiuso, secondo lo schema riportato nella Fig. 1; quando le condizioni di temperatura lo rendono economicamente sostenibile ai sistemi viene aggiunto un piccolo flusso di acqua nuova di pozzo.



Panoramica interna della serra di produzione. Foto d'archivio Panaque.





I Numeri

I costi di investimento, riferiti al periodo 1995-2000, sono stati stimati in circa 300.000 euro.

Alcuni dati gestionali indicativi: (produzione all'80% del volume stimato a regime):

- 10.000 discus/anno, al valore medio di 10 euro;
- 90.000 scalari/anno, al valore medio di 1 euro;
- 120.000 guppy/anno, al valore medio di 0.80 euro;
- valore totale produzione 186.000 euro/anno;
- costi energetici: 24.000 euro/anno;
- costi mangimi: 6.000 euro/anno;
- spese gestionali 12.000 euro/anno;
- costi mano d'opera: 60.000 euro;
- costi annui della produzione 102.000 euro;
- utile annuo lordo 84.000 euro.

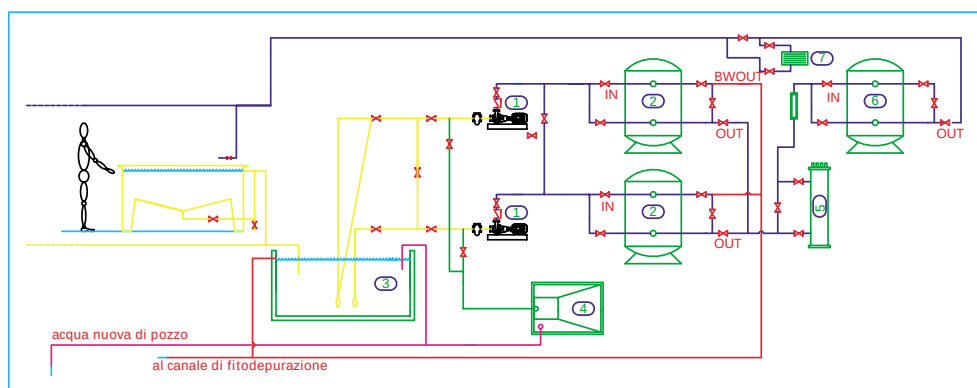


Fig. 1 - Schema di un sistema a circuito chiuso.

1. Pompa di mandata al Filtro Meccanico.	5. Sterilizzatore UVC.
2. Filtro Meccanico.	6. Filtro Biologico Pressurizzato.
3. Vasca di raccolta.	7. Scambiatore di calore.
4. Vasca accumulo acqua controlavaggio.	

Bibliografia

- Ng W., Kho K., Ho L.M., Ong T., Tay S.H., Goh C.C., Cheong L., (1992). *Water quality within a recirculating system for tropical ornamental fish culture*. Aquaculture, 103: 123-134.
- Sojka O. (1999). *Czech Republic: one hundred years of aquatics*. Ornamental Fish International Journal, Issue 26, February.
- Stiassny M.L.J. (1991). *Phylogenetic intrarelationships of the family Cichlidae: An overview*. In: Keenleyside M.H.A. (Ed.), Cichlid fishes. Behaviour, Ecology and Evolution: 1-35.





Riferimenti al CCPR

Le tecnologie applicate per produrre organismi acquatici hanno una serie di strette correlazioni con la possibilità di sviluppare un'acquacoltura responsabile. Le innovazioni tecnologiche ci hanno consentito di controllare una serie di processi biologici, di produrre mangimi ben formulati, realizzare impianti capaci di utilizzare al meglio le risorse idriche, o di resistere alla forza dell'oceano. La stessa capacità di intensificare le attività produttive in acquacoltura, come in altri comparti produttivi, dipende dalle tecnologie disponibili, dai loro costi, e dalla possibilità di usufruirne unitamente ad una serie di servizi. L'acquacoltura moderna è una attività altamente tecnologica, e la stessa capacità di misura e controllo di impatti degli allevamenti sull'ambiente dipende ancora una volta dalla possibilità di disporre di tecnologie appropriate, e che queste siano accessibili.

Molte delle raccomandazioni che il CCPR sintetizza nei paragrafi dell'art. 9 possono avere risposte attraverso scelte tecnologiche appropriate.

Questo richiederebbe da parte degli Stati un supporto alla ricerca scientifica e tecnologica, una cooperazione per lo scambio di informazioni e per la formazione di tecnici qualificati per le imprese e per le pubbliche amministrazioni. Il CCPR al 12.1 raccomanda che, per quanto riguarda la ricerca, si dovranno considerare le specifiche esigenze dei paesi emergenti.

Gli impatti che determinate applicazioni tecnologiche possono generare non sono indipendenti dalla natura del sito in cui queste vengono applicate.

Anche in questo caso i Paesi più ricchi hanno maggiori opportunità di disporre di tecnologie per contenere gli impatti negativi che una attività può generare sugli ecosistemi: ad esempio l'uso di depuratori per trattare le acque reflue da un intensivo, o la disponibilità di vaccini per contenere l'uso dei farmaci.

Nello sviluppo di una acquacoltura responsabile la prima tappa è la corretta scelta tecnologica, un impianto correttamente collocato nell'ambiente significa migliori opportunità economiche e minori impatti ambientali, se la capacità portante del sistema viene rispettata.

Soprattutto dove c'è bisogno di produrre, l'intensificazione sembra una via obbligata. Ma chi pianifica, deve prevedere la natura degli impatti attesi e dovrà considerare, come successo del progetto, la capacità di contenimento e controllo delle esternalità negative. Dunque tecnologie per produrre e per controllare gli impatti.

La ricerca di tecnologie sicure è il primo passo verso una acquacoltura responsabile.



Nella maggior parte dei casi si è proceduto a considerare gli allevamenti intensivi come a maggiore impatto, mentre gli allevamenti semintensivi ed estensivi sono ritenuti più compatibili con politiche di conservazione ambientale. Questo può essere vero per la qualità dei reflui, o per il rischi di diffusione di patologie, ma ogni valutazione di impatto va costruita nel contesto di riferimento. Ad esempio alcuni semintensivi sono stati realizzati trasformando vaste aree costiere, coperte da comunità vegetali di pregio. Anche la realizzazione di un lavoriero mal posizionato in una laguna può generarne il degrado agendo sull'idrodinamismo. Non si deve procedere a giudizi generali per definire la sostenibilità di una tecnologia, è necessario che ogni intervento sia collocato nel contesto reale in cui dovrà essere attuato, definendone punti di forza e di debolezza, anche rispetto ad obiettivi di qualità predefiniti e di responsabilità nell'uso delle tecnologie stesse.

Al 6.8 il CCPR raccomanda particolare attenzione allo sviluppo dell'acquacoltura in habitat acquatici critici, come foreste di mangrovie, zone umide, lagune costiere. In questi casi le scelte tecnologiche dovrebbero considerare ancor più l'esigenza di integrazione con l'ambiente. Il caso italiano della Vallicoltura nord adriatica è stato considerato nel capitolo con una certa attenzione come modello di tecnologia appropriata al contesto ambientale delle lagune. Ridurre gli impatti ambientali usando tecnologie appropriate significa anche ridurre i conflitti con i pescatori e con gli ambientalisti, evitando che nascano dei veri movimenti anti-acquacoltura che comunque avrebbero riflessi sulle percezioni dei consumatori verso il consumo di organismi allevati. Ad esempio in una area marina protetta è possibile sviluppare una acquacoltura che sia compatibile con gli obiettivi di qualità che la riserva si è data, nel rispetto delle norme. Bisognerà quindi disegnare strutture e modalità di allevamento appropriate al contesto in cui ci si va ad inserire.

A tale scopo è possibile definire protocolli di intervento appropriati in cui, ad esempio, siano listate le forme di allevamento consentite in una certa area. La pubblica amministrazione dovrebbe intervenire incentivando chi propone modelli di acquacoltura ritenuti compatibili con gli altri usi, attivando modalità multifunzionali nell'uso delle risorse.

Al 6.9, tra i principi generali viene chiamata in causa la necessità di considerare l'uso multiplo nell'ambito della gestione integrata della fascia costiera. In questo contesto la scelta delle tecnologie risulta di primaria importanza per non generare conflitti con la pesca, per l'uso dello spazio e per evitare potenziali impatti su risorse particolarmente sensibili e/o comunque rilevanti per le attività preesistenti sugli stessi spazi.



LE SPECIE ALLEVATE

4.1 TROTICOLTURA

A. Fabris

Nell'ambito dell'acquacoltura italiana, la troticoltura è la tipologia di allevamento ittico più diffusa e comprende l'allevamento della trota iridea e, in misura minore, della trota fario e del salmerino appartenenti tutti alla famiglia dei Salmonidi. La trota iridea (*Oncorhynchus mykiss*) è di provenienza nord-americana ed è stata preferita alla trota fario (*Salmo trutta*), per una sua migliore resa produttiva in condizioni d'allevamento intensivo.



Trota iridea. Foto di A. Fabris.



Trota fario. Foto di A. Fabris.

La trota iridea presenta capo e bocca più piccoli della trota fario, dorso verdastro sfumato bianco verso il ventre, con fascia rosea lungo i fianchi, macchie di piccole dimensioni nere sparse su tutta la superficie corporea. È un Salmonide carnivoro ed essendo un predatore che caccia a vista è molto esigente in termini di qualità dell'acqua.

4.1.1 L'acqua

L'acqua è il fattore produttivo preminente nell'impianto di troticoltura; deve essere quantitativamente adeguata alle dimensioni previste e qualitativamente adatta ad un ottimale sviluppo del pesce. Il fabbisogno idrico varia con diversi fattori: stato termico ed ossigenazione, intensità e tipo d'alimentazione.



Impianto di troticoltura. Foto di A. Fabris.





L'acqua deve essere limpida, trasparente, esente da sostanze inquinanti e ben ossigenata; la concentrazione dell'ossigeno disciolto non deve mai scendere sotto 5 mg/l per le trote in fase d'accrescimento e 6-7 mg/l per uova ed avannotti.

La trota è molto sensibile alla presenza di sostanze azotate derivate dal catabolismo proteico quali ammoniaca, nitrati e nitriti, in particolare l'ammoniacca dovrebbe essere sempre inferiore a 0,07 mg/l e i nitriti a 0,1 mg/l. Particolare attenzione va riposta nell'evitare la sovrassaturazione gassosa dell'acqua, ossia la presenza di una quantità eccessiva di gas disciolti (caratteristica tipica di acque estratte da pozzi profondi). Sono da preferirsi acque neutre o mediamente alcaline con pH tra 7 e 7,5. L'alcalinità e la durezza delle acque sono tollerate meglio dell'acidità.

La crescita della trota avviene in acque con temperature comprese tra 6° e 20°C con un optimum tra 14° e 18°C; per l'attività riproduttiva la temperatura ottimale è compresa tra 10° e 12°C, per l'incubazione e schiusa delle uova la temperatura migliore è compresa tra 6° e 12°C. Il periodo critico per una trocicoltura, sotto il profilo termico, va dall'inizio della primavera a fine estate.

4.1.2 La riproduzione

La trota, è caratterizzata da un ciclo annuale che presenta una fase di riposo sessuale nelle quali le gonadi hanno limitato sviluppo, per poi liberare uova e spermatozoi dopo la successiva fase di gametogenesi. I gameti vengono solitamente rilasciati nel periodo autunno-inverno seguito da un periodo di riposo di 2-3 mesi. La densità di allevamento (non superiore a 5-6 kg/m²), l'alimentazione (mangime estruso razionato da 1% a 1,5% del peso dei riproduttori) e la temperatura (compresa tra 10° e 15°C) devono essere opportunamente calibrate.

Ciascuna femmina produce mediamente 2000 uova per kg di peso corporeo di cui solo il 40% circa sopravvive; un maschio potenzialmente può fecondare circa 100 femmine. È preferibile mantenere una maggiore densità di maschi allo scopo di garantire un'adeguata variabilità genetica. La realizzazione della fecondazione artificiale richiede l'applicazione di tecniche di sincronizzazione che vanno dalla semplice osservazione di femmine più precoci o tardive (opportunamente marcate), alla manipolazione del fotoperiodo, all'utilizzo di ormoni ipofisari. Le uova raccolte si conservano per qualche giorno a 0-4°C; lo sperma può essere raccolto e conservato a basse temperature per periodi più lunghi.

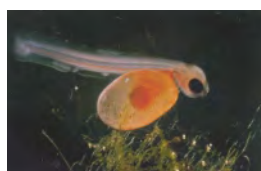
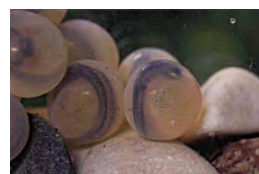
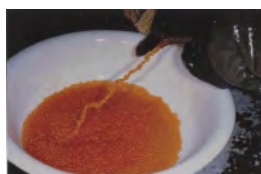


Sono possibili manipolazioni, mediante la modificazione dei parametri ambientali e/o trattamenti ormonali, a carico dei riproduttori, allo scopo di ottenere solo femmine o individui sterili. Questi ultimi dimostrano uno sviluppo simile a quello delle femmine più rapido di quello dei maschi.

La fecondazione delle uova, spremute dalle femmine opportunamente anestetizzate, avviene con un rapporto ottimale di 1-3 ml di liquido seminale per ogni litro di uova. Molto importante è l'assoluta mancanza di contaminazione delle uova con sangue.

Successivamente le uova vengono agitate e si opera in acqua l'"indurimento" che richiede dai 10' ai 25', ciò comporta il raggiungimento dell'equilibrio osmotico, questa fase si completa in 24 h. In questo primo stadio le uova (definite verdi) vengono deposte in incubatoi (schiuditoi) di diversa foggia. Le uova non vitali assumono un colore bianco e devono essere rimosse allo scopo di evitare l'attecchimento di funghi che potrebbero diffondersi anche alle uova vitali. In un primo periodo (ca. 15-18 giorni) fino alla comparsa di due piccole macchie scure, corrispondenti agli occhi dell'embrione, le uova fecondate sono sensibili ad eventuali shock termici e/o fisici. Da questo momento le uova embrionate fino alla schiusa (30-32 gg alla temperatura di 10°C equivalenti a ca. 300 gradi/giorno), in virtù di un aumento della resistenza agli stress, possono essere trasportate con successo e quindi commercializzate.

L'acqua utilizzata per la stabulazione e la schiusa delle uova dovrebbe essere di pozzo o sorgente, completamente indenne da germi patogeni. L'accesso e le operazioni che si svolgono all'interno dell'incubatoio dovranno essere opportunamente controllate secondo procedure sanitarie.



Spremitura, fecondazione a secco e stadi di sviluppo dell'uovo e delle larve di trota.
Foto di A. Fabris.



4.1.3 L'allevamento larvale

Dalla schiusa (che richiede ca. 40-50 gradi/giorno) per un periodo di 2-6 settimane, variabile con la temperatura dell'acqua, le larve riassorbono il sacco vitellino e vengono mantenuti in apposite vaschette o truogoli. In corrispondenza dell'assorbimento dei 2/3 del sacco vitellino incomincia l'alimentazione artificiale con pasti frequenti e diete adeguatamente formulate, tenendo in considerazione che il peso raddoppia settimanalmente. In questo periodo la pulizia delle vaschette deve essere molto accurata: tutti i detriti di origine organica vanno opportunamente rimossi. Le larve, al riassorbimento completo del sacco vitellino, ricercano attivamente il cibo che viene loro fornito in forma di sbriciolato a granulometria molto fine. Le larve, raggiunto un buon grado di appastamento, possono essere rimosse dalle vaschette: questo richiede circa 21 giorni a 10°C per la trota iridea e almeno 28 giorni per la trota fario; la densità ottimale delle larve in questo periodo è di circa 10.000 m³. Al raggiungimento del peso di 500 pesci/kg gli avannotti possono essere spostati nelle vasche di preingrasso ad una densità di 25 kg/m³ (ad un mese o poco più dalla schiusa delle uova). Se la disponibilità d'acqua è ridotta, il carico va ridotto fino a 10 kg/m³ assicurando almeno 6 ricambi idrici al giorno. È di notevole importanza, in questa fase e nelle successive, la calibratura dei pesci in gruppi uniformi per taglia, che facilita la gestione (con migliore resa dell'alimento e accrescimento) e riduce perdite per cannibalismo. La permanenza in tali vasche si deve protrarre almeno fino alla 12a settimana di vita, quando gli individui presentano l'ossificazione dei tessuti cartilaginei e risultano meno suscettibili all'attacco da parte di *Myxosoma cerebralis* (protozoo che vive incistato nel fango), spesso presente nelle vasche in terra, adibite all'ingrasso.

4.1.4 L'ingrasso

La fase d'ingrasso, nell'allevamento della trota, richiede la disponibilità di acque fresche con ricambi frequenti e provenienti preferibilmente da sorgente o da pozzo. Qualora fossero disponibili solamente acque superficiali, devono essere presenti dei sistemi per la rimozione di fogliame e detriti grossolani, e bacini di decantazione. Le tipologie costruttive degli allevamenti sono diverse e influenzate da vincoli di diversa natura (superficie disponibile, portata del flusso idrico in entrata, natura della fonte di approvvigionamento idrico): possiamo trovare vasche di lunghezze notevoli (canali o *raceways*) o più ridotte (bacini), vasche in terra o in cemento.

La quantità di mangime da somministrare, l'entità del ricambio idrico e la



quantità d'ossigeno dovranno essere commisurati alla biomassa allevata e alla taglia media.

L'allevamento della trota si realizza quasi totalmente con l'utilizzo di diete artificiali, ed allo stato attuale il 95% circa del mangime utilizzato è l'estruso (comunicazione API). Tali mangimi permettono da un lato di ottenere indici di conversione pari a 1-1,2 (1-1,2 kg di mangime secco per ottenere un incremento di 1 kg di biomassa) e dall'altro, in quanto caratterizzati da alta concentrazione energetica, di ridurre la presenza nell'acqua d'allevamento e di scarico dei cataboliti proteici, fosforo e materiali in sospensione. Il carico sostenibile, alla temperatura di 15°C con acqua di buona qualità e ossigeno a livello di saturazione, può essere compreso tra 30 e 50 kg/m³; i valori più bassi sono per le trotelle di taglia inferiore. Con l'utilizzo dell'ossigenazione artificiale e condizioni ottimali di ricambio idrico si possono superare densità di 100 kg/m³; è comunque opportuno, in trottocolture normali, non superare gli 80 kg/m³.

Un'operazione molto importante da compiersi, prima di trasferire le trotelle nelle vasche da ingrasso, è la selezione, allo scopo di uniformare il più possibile le taglie.

Il fattore che maggiormente influenza la velocità d'accrescimento delle trote, e quindi il raggiungimento della taglia commerciale, è la temperatura.

Considerando temperature comprese tra 10° e 14°C, in 6-8 mesi dalla schiusa le trotelle raggiungono un peso di 80-100 g ed una lunghezza di 15-20 cm. Le diete ad alto contenuto energetico attualmente adottate permettono tassi d'accrescimento notevoli consentendo il raggiungimento della taglia di vendita a porzione (250-300 g) in 10-12 mesi. Nel caso della trota salmonata è necessaria l'alimentazione per almeno 45-60 giorni con mangime appositamente formulato. Qualora le trote siano destinate alla trasformazione, il periodo di ingrasso richiede tempi proporzionali alla taglia desiderata.

4.1.5 Principali patologie e loro controllo

Nell'allevamento della trota il controllo delle patologie ricopre un ruolo di primaria importanza. La diffusione delle infezioni virali e batteriche così come delle infestazioni parassitarie viene facilitata dalla densità dei pesci in allevamento. Rimandando alla letteratura specializzata per una descrizione accurata delle diverse forme patologiche che possono colpire le trote, ci limiteremo ad un elenco delle malattie di maggiore rilievo epidemiologico ed economico.



Tra le **malattie virali** che possono causare grosse perdite soprattutto in avannotteria (con temperature inferiori a 15°C) si devono ricordare la Setticiemia Emorragica Virale (SEV) e la Necrosi Ematopoietica Infettiva (NEI); entrambe le malattie sono incluse tra le malattie denunciabili elencate nell'art.1 del Regolamento di Polizia Veterinaria. La commercializzazione delle uova di trota e delle trote è regolamentata, allo scopo di ridurre la diffusione delle due patologie sopraelencate, da diverse norme (D.P.R 555/92 successive modifiche ed integrazioni) che prevedono l'istituzione di zone ed aziende indenni da SEV e NEI.

Le **patologie batteriche** che in Italia creano maggiori problemi sono la Bocca Rossa (ag. eziologico *Yersinia ruckeri*), la Vibriosi (ag. eziologico *Vibrio anguillarum*), la Streptococcosi (ag. eziologico *Lactococcus garviae*, *Vagococcus salmoninarum*), le Mixobatteriosi. Alcune delle sopra elencate patologie batteriche si possono prevenire con vaccini (solitamente utilizzati mediante immersione del pesce nella soluzione vaccinale) o con misure di profilassi diretta. La terapia non sempre efficace può essere attuata solo con un ristretto numero di antibiotici (autorizzati dalle normative vigenti) somministrati attraverso mangimi medicati.

Le infestioni parassitarie sono numerose e sono generalmente di tipo cutaneo-branchiale (sostenute da ectoparassiti); tra le più rilevanti si devono segnalare: Costiasi, Ictiofiriasi, Malattia Proliferativa Renale, parassitosi sostenute da Protozoi, Girodattilosi e Piscicolosi tra le parassitosi da Metazoi.

La diffusione delle malattie nell'allevamento della trota può avvenire in molti modi: con l'acqua che rifornisce l'impianto, con l'acquisto di uova embrionate e di pesci vivi portatori, tramite uccelli predatori e loro feci, con le vasche di trasporto e con tutti gli attrezzi che normalmente vengono adoperati negli allevamenti intensivi. Le uova embrionate ed i pesci vivi dovrebbero pertanto provenire sempre da allevamenti indenni dalle principali patologie che possono interessare la trota. Particolare attenzione va rivolta ai mezzi di trasporto e agli attrezzi (reti, selezionatrici, ecc) che devono essere sempre lavati e disinfettati dopo l'utilizzo. Nelle vasche d'allevamento è necessario adottare il metodo del "tutto pieno-tutto vuoto" che consiste nell'interrompere la sequenza dei cicli produttivi con lo svuotamento delle vasche seguito da pulizia e disinfezione. Tutti gli eventi che comportano manipolazione del pesce (es. le selezioni) rappresentano un pericolo di diffusione delle malattie, condizione aggravata dallo stress provocato.

Non si deve dimenticare la protezione degli allevamenti di trote con reti o altri sistemi per impedire la predazione da parte di uccelli ittiofagi che possono agire anche come diffusori di alcune malattie virali e batteriche. Si deve



inoltre ricordare che attualmente (agosto 2001) non è autorizzato alcun disinfettante o P.M.C. (Presidio Medico Chirurgico) per l'uso diretto nell'acqua in cui sono allevati i pesci.

4.1.6 La troticoltura italiana

La troticoltura presenta differenti modalità di realizzazione pratica, a seconda ci si riferisca ad aziende a “ciclo chiuso”, specializzate nella produzione di uova ed avannotti, di materiale da ripopolamento o in cui si opera la sola fase dell'ingrasso (come schematizzato nella Fig. 1).

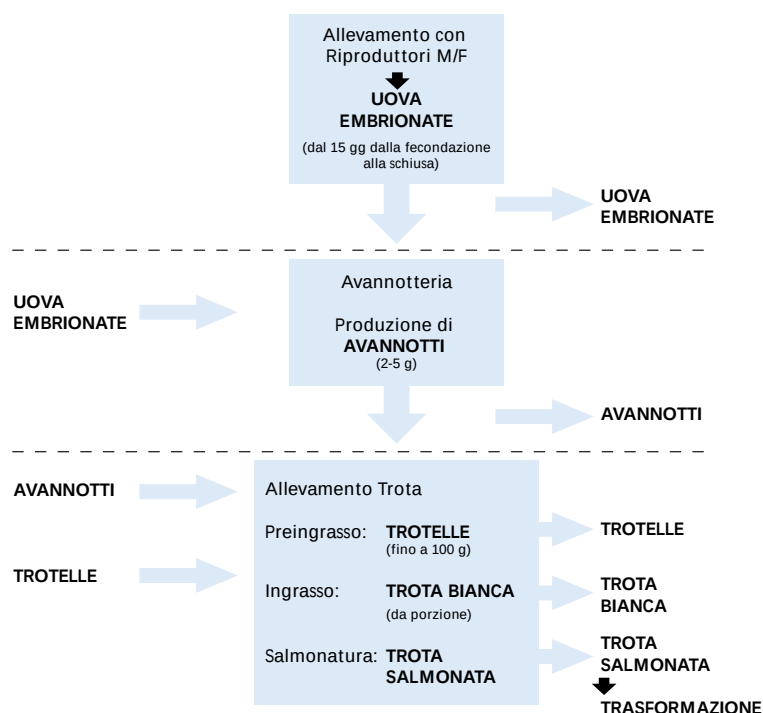


Fig. 1 - Viene schematizzato l'allevamento della trota con le diverse tipologie di allevamento e di prodotto; le linee tratteggiate indicano la separazione tra una fase di allevamento e la successiva, nelle diverse aziende d'acquacoltura possono essere presenti una o più fasi e una o più tipologie di prodotto.

Si possono inoltre distinguere aziende a conduzione imprenditoriale, caratterizzate da ampie superfici e con alte produzioni annue, e troticolture a conduzione familiare, di dimensioni e capacità produttive più ridotte. In questi ultimi anni si va assistendo ad una sempre maggiore integrazione dell'azienda di tipo imprenditoriale con il mercato; molti allevamenti collocano direttamente il prodotto sulla rete distributiva o lo trasformano avviandolo direttamente al consumo.

Da un'indagine effettuata dall'Associazione Piscicoltori Italiani (API) nel 1994



si possono ricavare alcuni importanti dati, (riassunti in Tab. I) sulle caratteristiche produttive degli impianti “tipo” delle due categorie sopra delineate. La troticoltura in Italia rappresenta un modello di acquacoltura “maturo” dal punto di vista del mercato; la produzione per l'anno 2000 è stata di 44.500 t. L'allevamento della trota permette comunque la realizzazione di interessanti margini economici se condotta razionalmente, anche in aziende a conduzione familiare, non consente sprechi gestionali e richiede l'utilizzo e lo sviluppo di pratiche produttive eco-compatibili.

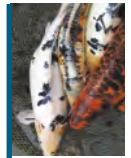
Tab. I - Le caratteristiche “tipo” di impianti di troticoltura a diversa conduzione: imprenditoriale e familiare.

Parametro	Troticoltura a conduzione imprenditoriale	Troticoltura a conduzione familiare
Superficie totale dei bacini d'allevamento (ha)	3-7	1
Produzione annua totale (t)	300-700	100-200
Presenza impianti di riproduzione	70-80%	30
Temperature operative (°C)	8-18	6-18
Ricambio idrico (l/sec/t)	4-6	5-8
Durata del periodo d'allevamento (mesi)	12-16	12-18
Densità unitarie (kg/m ³)	15-40	15-25

Fonte: Indagine sullo stato dell'acquacoltura nelle acque interne 1994 API, modificato.

Bibliografia

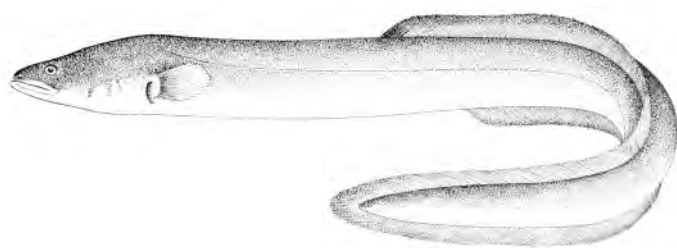
- Brown L. (1993). *Aquaculture for veterinarians: fish husbandry and medicine*. Pergamon Press Ltd.
- A.P.I. (Associazione Piscicoltori Italiani) (1994). *Indagine sullo stato dell'acquacoltura nelle acque interne*.
- Sedgwick S.D. (1996). *Allevamento della trota*. Edagricole.
- Saroglia M., Ingle E. (1992). *Tecniche di acquacoltura*. Edagricole.
- Alborali L., Carboni A. (1997). *Guida pratica di acquacoltura e ittiopatologia*. La Selezione Veterinaria n.12/1997.





4.2 ANGUILLICOLTURA

L. Corbari, G. Mezzani, R. Rossi



Anguilla europea. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, 1987.

Attorno agli anni sessanta del secolo scorso, l'anguilla (*Anguilla anguilla*), una delle produzioni tipiche della vallicoltura (allevamento estensivo in lagune o bacini costieri), ha subito l'impatto devastante dell'argulosi, parassitosi causata dal crostaceo *Argulus giordanii*, che ha compromesso il settore. Sulla scorta delle esperienze di anguillicoltura giapponese, anche nel nostro Paese, all'inizio degli anni settanta, venne avviato l'allevamento intensivo dell'anguilla in vasche di varia tipologia.

L'anguilla europea è un pesce che ha un ambito termico ottimale per l'accrescimento fra 24 e 26°C. È un pesce eurialino che cresce bene in acqua dolce ed in acqua di mare. Nel periodo di accrescimento, prima della maturità sessuale, può aumentare il suo peso fino anche a 20 volte l'anno. Il ciclo vitale dell'anguilla inizia con lo stadio di leptocéfalo, cui fa seguito, dopo una metamorfosi, lo stadio di ceca, morfologicamente simile all'individuo adulto. A questo seguono lo stadio di anguilla gialla, tipico degli animali in attiva crescita ed infine quello di anguilla argentina, in fase pre-riproduttiva. L'anguilla è l'unico animale allevato di cui non è ancora possibile la riproduzione controllata. L'allevamento ha quindi inizio a partire dallo stadio di ceca o da quello di ragano, l'anguilla selvatica di 5-50 g pescata in ambiente naturale.

Dall'anguilla si ottengono 2 prodotti da consumo, il buratello (maschi argentini con peso medio di circa 130 g), ed il capitone (femmine con peso medio di 400-500 g).

L'anguillicoltura intensiva viene oggi praticata in Europa con due diverse metodiche: la tecnologia del circuito chiuso, sviluppata soprattutto nel Nord Europa (Danimarca ed Olanda) e quella a circuito aperto, che in Italia è la tipologia prevalente e più consolidata.



Operazioni di scarico e pesatura di novellame di anguilla. Foto di L. Corbari.

L'applicazione del Codice di Condotta per la Pesca Responsabile all'anguillicoltura presenta tutti i problemi di controllo ambientale e di qualità del prodotto tipici degli allevamenti intensivi. Anche l'anguillicoltore deve porsi il problema complessivo della certificazione, non solo del prodotto, ma dell'intera filiera produttiva, che deve essere costituita da processi sostenibili ed ecologicamente accettabili.

4.2.1 Tecnologia dell'allevamento

Selezione del sito

Il sito ideale per l'anguillicoltura è quello che dispone di acqua dolce e salata a temperatura compresa fra 20 e 26°C, con caratteristiche chimico-fisiche di buona qualità (assenza di metalli pesanti ed ammoniaca, pH fra 7 e 8, ecc.) che quindi non rendano necessario nessun tipo di trattamento dell'acqua.

Questo spiega la ragione dello sviluppo del circuito chiuso al nord, dove la mancanza di acqua calda ha imposto il riscaldamento con un rabbocco giornaliero fino al 10%.

Tipologia delle vasche

La tipologia delle vasche deriva dalle caratteristiche del sito e cioè disponibilità di terreno e disponibilità idrica.





Vasche per l'intensivo a circuito aperto

Disponendo di vaste superfici è da preferire la vasca in terra di oltre 1000 m³, seminata a bassa densità, che ha poca richiesta di interventi per l'ossigenazione, ed è una soluzione valida anche con ridotta disponibilità d'acqua.

In mancanza di ampie superfici, ma con qualità e quantità d'acqua ottimali, sono da preferirsi vasche di minor volume (fino a 250 m³) in cemento, PVC, plastica, ecc., che consentono più alte densità, ma nelle quali è necessaria l'ossigenazione artificiale; per ottenere una produzione annua di 150 tonnellate è sufficiente una superficie di 1 ha.

Vasche per l'intensivo a circuito chiuso

Le vasche per l'intensivo a circuito chiuso hanno dimensioni variabili da 4 a 50 m³, di forma circolare o quadrangolare, collocate in ambienti coibentati. Il ricircolo totale dell'acqua in queste vasche avviene ogni 15-20 minuti, un flusso che mantiene una continua ossigenazione perché l'acqua di ricircolo viene continuamente sovrassaturata.

La tecnologia dell'allevamento a circuito chiuso è costosa per l'impiantistica ed onerosa perché comporta elevato dispendio energetico per (i) ossigenazione con ossigeno puro; (ii) filtrazione meccanica (iii) mineralizzazione dei composti organici attraverso i biofiltri (iiii) riscaldamento dell'acqua anche con cogenerazione (energia elettrica + calore) e (v) pompaggio per la veloce movimentazione dell'acqua.

Per ottenere una produzione annua di 150 tonnellate è sufficiente una superficie coperta di 0,1 ha.

4.2.2 Lo svezzamento delle ceche e dei ragani

Svezzamento è il termine con il quale si indica la pratica di abituare il pesce all'assunzione di alimento artificiale. L'allevamento intensivo dell'anguilla parte con la messa in allevamento di ceche, o piccole anguille fra i 5 ed i 50 g (ragani).

Nel circuito chiuso si preferisce utilizzare le ceche, mentre in quello aperto i ragani, selvatici o svezzati.

Densità

La densità delle ceche da svezzare è funzione del tipo di vasca, che deve essere comunque piccola, non superiore a 25 m³, e della possibilità di



Immissione di "ragani" in vasca di allevamento. Foto di L. Corbari.

mantenervi l'acqua ad un buon livello di qualità. La densità può andare da 20 kg/m^3 in vasche di volume inferiore a 10 m^3 , fino a solo $3\text{-}5 \text{ kg/m}^3$ in vasche di $20\text{-}25 \text{ m}^3$. In ogni caso l'affollamento è una condizione che favorisce lo svezzamento, probabilmente per fattori etologici.

La densità dei ragani da svezzare è variabile. Si ottengono buoni risultati con densità di circa $20\text{-}30 \text{ kg/m}^3$ in vasche di volume non superiore a 200 m^3 .



Alimentazione

In condizioni ottimali si ottiene lo svezzamento di almeno l'80% delle ceche in circa un mese. Le ceche vengono alimentate o con un omogeneizzato di pesce (preferibile il pesce bianco a quello azzurro), o con uova di pesce. Quando l'assunzione dell'alimento naturale diviene soddisfacente, si procede progressivamente a somministrare un pastone o un mangime granulare. Lo svezzamento dei ragani è analogo a quello delle ceche: il pesce (bianco o azzurro) va somministrato tal quale, o predisposto in modo tale da facilitarne l'assunzione da parte degli animali. Anche in questo caso, si procede progressivamente alla sostituzione col mangime artificiale.

Selezione

Condizione fondamentale per la buona riuscita dello svezzamento-allevamento è la selezione. Quando la variazione di crescita diviene evidente è necessario procedere alla separazione per ottenere gruppi di animali fra loro più omogenei.

Accrescimento

Le ceche, dopo lo svezzamento, possono moltiplicare il loro peso fino a 70 volte in un anno, raggiungendo un peso medio di ca. 20-30 g

Il ragano proveniente da pesca, di qualità media, nell'arco di circa 3 mesi può aver completato il periodo di svezzamento, mantenendo, nel migliore dei casi, il peso globale della semina. Il ragano già svezzato, sia proveniente da pesca che da allevamento, nello stesso periodo e nelle stesse condizioni, può invece raddoppiare il suo peso totale.

Svezzamento in acqua dolce o in acqua salata

Fra gli impianti in acqua dolce e quelli in acqua salata non esistono differenze strutturali, ma gestionali, nel senso che in acqua salata i problemi di ossigenazione sono molto più onerosi, il che equivale a dire che a parità di strutture si deve operare a densità di allevamento inferiore. Inoltre, in acqua salata, partendo con seme pescato, mentre l'adattamento ad una temperatura di circa 20°C può essere fatto in poche ore, lo svezzamento richiede tempi più lunghi e più frequenti selezioni: questa è la ragione per la quale lo svezzamento in acqua salata è scarsamente diffuso.

Non vi sono però ostacoli all'utilizzo in impianti ad acqua salata di individui

svezzati in acqua dolce, infatti l'adattamento fisiologico alle nuove condizioni di salinità non presenta problemi. Solo per salinità superiore al 30‰ si richiede un certo periodo, che può durare fino a 20 giorni, per un completo ripristino della attività alimentare. La situazione inversa (anguille sveziate in acqua salata trasportate in allevamento in acqua dolce) dà migliori risultati. Dopo lo svezziamento, la velocità di accrescimento, la percentuale di alimento somministrato a parità di temperatura e l'indice di conversione sono del tutto analoghi a quelli asservati in acqua dolce.

Per ciò che riguarda il prodotto finito, in termini di rapporto sessi non si osservano differenze fra i soggetti allevati in acqua dolce e quella salata.

4.2.3 La fase di allevamento

La densità delle anguille in allevamento

In condizioni ottimali di ossigeno, temperatura e qualità dell'acqua (composti azotati), il limite alla densità teoricamente non esiste. La pratica corrente è un carico di 20-30 kg/m³ con una percentuale di alimentazione compresa fra l'1 ed il 2%.

La densità è dipendente dal ricambio idrico disponibile, dalla taglia e dallo stadio di maturità degli animali, dalla dimensione delle vasche e dalla temperatura e dalla capacità di ossigenazione dell'acqua.

La densità, in conclusione, deve essere scelta in modo da massimizzare la percentuale di alimentazione e quindi l'accrescimento: poichè queste ultime dipendono da temperatura e ossigeno disponibile e dai composti azotati, le condizioni ottimali di densità sono quelle nelle quali è possibile fornire la massima quantità di cibo.

L'alimentazione

Dopo la fase di svezziamento, qualunque sia stato lo stadio di partenza (ceca o ragano) vi sono due modalità di somministrazione. Nel ciclo chiuso è generalizzato l'uso di mangimi sbriciolati o pellet. Nel circuito aperto, invece, la forma più usuale è il mangime sfarinato sotto forma di pastone umido. La somministrazione del pastone, che avviene su mangiatoie galleggianti, consente un controllo di questa importante fase dell'allevamento mediante l'immediata verifica dell'appetito e della voracità degli animali.





Alimentazione delle anguille con pastone umido. Foto di L. Corbari.

I mangimi oggi disponibili sul mercato, pur con differenze di formula, consentono indici di conversione attorno al 2,5:1 su base annua. Di norma i mangimi per anguilla contengono dal 40 al 50% di sostanza proteica e dal 7 al 20% di grassi. Questi ultimi da un punto di vista fisiologico sembrano non essere particolarmente importanti per l'anguilla, dal momento che gli animali sono in grado di sintetizzarli a partire dalle proteine (fanno eccezione alcuni acidi grassi indispensabili come l'oleico, il linoleico ed il linolenico). Ma dal punto di vista economico i grassi sono indispensabili perchè fornitori di calorie a basso costo. Per i diversi stadi di sviluppo dell'anguilla sono disponibili mangimi appositamente formulati integrati con pool vitaminici ed aminoacidici. La quantità di mangime somministrato agli animali è determinata normalmente come percentuale di sostanza secca (s.s.) sul peso vivo. Tale percentuale è dipendente da parametri ambientali e fisiologici dell'animale (la taglia, lo stato di salute generale o in risposta a stress da malattia o manipolazione). I mangimi sono formulati in maniera diversa per le varie temperature: con acqua fredda, e comunque sotto i 20°, si usano mangimi “magri”, con tenore lipidico inferiore al 7-8%; sopra i 20°, dal momento che i lipidi nella dieta sono più velocemente metabolizzabili, si impiegano mangimi cosiddetti “completi”, con tenore di grassi superiori al 10%.

Patologie e parassitosi

Le patologie sono diverse in acqua dolce e in acqua salata.

In acqua salata sono frequenti infezioni batteriche (peste rossa) e parassitosi da Protozoi (tricotiniasi e apiosomiasi).

In acqua dolce le malattie più dannose e ricorrenti sono le parassitosi da Protozoi (ictioftiriasi, tricotiniasi); da Mixosporidi (mixidiosi, dermocistidiosi); da vermi (dattilogirosi, girodattilosi, anguillicolosi); da crostacei (ergasilosi, argulosi). Sono inoltre presenti malattie batteriche (peste rossa). Queste ultime sono curabili con i mangimi medicati.

Gestione e controllo

Qualità dell'acqua

La saturazione dell'ossigeno disciolto in un allevamento a bassa densità non dovrebbe mai scendere sotto il 40%; ad alta densità, invece, la saturazione di ossigeno non deve mai scendere sotto il 50%. Se ciò avviene, il rischio di malattie e di perdite è molto elevato.

Va tenuta sotto controllo la concentrazione di composti azotati, soprattutto dell'ammoniaca: normalmente un buon ricambio ed una buona aereazione dovrebbero prevenirne l'accumulo. È più dannosa una prolungata esposizione a bassi dosaggi (fino a 3 ppm) che non una breve esposizione a più alti dosaggi.

Pulizia

Le vasche devono essere progettate in modo da essere "autopulenti": con il normale deflusso dell'acqua dalla vasca devono essere asportati contemporaneamente i residui, le deiezioni, ecc., in modo da ridurre al minimo gli interventi per la pulizia. Ad ogni svuotamento totale della vasca il sedimento eventualmente presente deve essere rimosso.

Selezione

È uno dei momenti cruciali nell'allevamento dell'anguilla: più veloce è la differenziazione delle taglie, più frequente deve essere la selezione. Più la taglia degli animali in allevamento è omogenea, più facile sarà la gestione e migliore sarà la resa.

Oltre i 100 g, la selezione riguarda anche gli stadi fisiologici dell'anguilla: i maschi divenuti argentini vanno rimossi dal lotto.





Selezione delle anguille per taglia. Foto di L. Corbari.

La selezione delle ceche fino a pochi grammi viene effettuata con setacci a fessura; le anguille si selezionano meccanicamente con griglie di luce diversa.

Pesca

I sistemi in uso sono le pompe pescanti e le botti a depressione. In alcuni impianti la pesca si fa con un sistema di tubazioni che portano tutto il pesce verso un centro di raccolta. La movimentazione del pescato viene effettuata con cestoni e carrelli elevatori.



Pesca del prodotto finito in vasca di allevamento. Foto di L. Corbari.



4.2.4 Problematiche dell'allevamento intensivo dell'anguilla

Come si è detto, dell'anguilla non è ancora possibile la riproduzione controllata, ed il suo allevamento inizia con animali, ceche e ragani, pescati in ambiente naturale. La produzione attuale di ceche, nonostante un progressivo declino di abbondanza è ancora sufficiente a sostenere l'acquacoltura Europea, le cui necessità di seme ammontano a circa 40 t/anno. Tuttavia, la situazione del mercato si è complicata notevolmente negli ultimi anni a causa di un'accresciuta domanda di ceche da parte del mercato Asiatico (oltre 120 t/anno), che si è rivolto al mercato Europeo in conseguenza della scarsità di seme di *Anguilla japonica*. Ciò sta comportando un incremento incontrollato dello sforzo di pesca, e un aumento vertiginoso dei prezzi, che stanno fortemente condizionando la disponibilità di ceche sia per i ripopolamenti sia per l'anguillicoltura europea.

In questa panoramica gli anguillicoltori Europei hanno lanciato l'allarme, sollecitando l'UE a prendere provvedimenti per arginare il prelievo incontrollato e le esportazioni, onde garantire da un lato una politica di restauro e gestione degli stock di anguille finalizzata alla conservazione della specie, dall'altro a garantire uno sviluppo sostenibile dell'anguillicoltura Europea che, va ricordato, al contrario dell'anguillicoltura Asiatica, può rivestire un ruolo nella produzione di materiale idoneo per la semina in habitat naturali.



Bibliografia

- Forrest D. M. (1976). *Eel capture, processing and marketing*. Fishing News Books, England: 205 pp.
- Giordani G., Melotti P. (1984). *Elementi di acquacoltura*. Edagricole, Bologna: 337-351.
- Mezzani G., Corbari L., Rossi R. (1989). *Allevamento intensivo dell'anguilla: situazione attuale e prospettive di sviluppo*. Il Pesce, 6/89: 17-26.
- Mezzani G., Corbari L., Rossi R. (1997). *Situazione e prospettive dell'allevamento intensivo di anguilla in Europa*. Il Pesce, 4/97: 23-27.
- Ravagnan D. (1992). *Vallicoltura integrata*. Edagricole, Bologna: 352-402.
- Usui A. (1974). *Eel culture*. Fishing News Books, England: 188 pp.

4.3 CIPRINICOLTURA

P. Melotti, A. Roncarati



Carpa comune. Foto di P. Melotti.

4.3.1 Carpa comune

La carpa comune (*Cyprinus carpio* L.) è una specie cosmopolita, originaria dell'Asia, che viene di norma allevata con sistemi di tipo estensivo o semintensivo basati sull'utilizzo delle risorse trofiche naturali, vegetali ed animali, opportunamente potenziate mediante adeguate tecniche colturali. Il corpo è ovoidale, dorsalmente arcuato, ricoperto in misura diversa da squame cicloidi, che possono anche mancare. Il dorso e i fianchi presentano colore bruno-verdastro mentre il ventre assume tonalità giallastre. Il capo è ottuso con bocca provvista di labbra spesse, fornite superiormente di due barbigli per parte. Può raggiungere e superare la lunghezza di 1 m ed il peso di circa 30 kg. Rappresenta il pesce di stagno per eccellenza, rustico, a rapido accrescimento, vitale e prolifico, che predilige acque calde. Se ne conoscono diversi ceppi, derivanti da selezione ed incroci, morfologicamente identificati dalla forma del corpo nonché dalla presenza e disposizione delle squame (carpa regina, a specchi, nuda o cuoio ecc.).

Fasi dell'allevamento

Nella realtà italiana la produzione di carpa è sostenuta da un numero limitato di impianti estensivi o semintensivi. Nell'allevamento estensivo, normalmente praticato nelle casse di espansione di alcuni fiumi e torrenti appenninici





dove si ottengono produzioni annuali di alcune centinaia di kg/ha, tutte le fasi del ciclo biologico avvengono in modo naturale e l'uomo interviene unicamente in occasione della raccolta, che può aver luogo con cadenza annuale o biennale. In questi ambienti la carpa, allevata in policoltura, è associata con altri Ciprinidi di minor importanza commerciale, con il pesce gatto comune e con predatori quali il luccio ed il persico-trota. La pratica di allevamento semintensivo si avvale di diversi tipi di stagno, con dimensioni e caratteristiche variabili a seconda dell'età dei soggetti. Si tratta di una tecnica di allevamento a bassissimo contenuto tecnologico, perfettamente inserita nel contesto di aziende agricole dove spesso occupa aree marginali che mal si prestano alla coltivazione. Nell'allevamento della carpa possono trovare un'utile collocazione diversi sottoprodotti agricoli impiegati come alimenti complementari. La pratica di allevamento più diffusa prevede le seguenti fasi: riproduzione (naturale in stagni di frega o controllata); allevamento larvale, in stagni di piccole dimensioni precedentemente fertilizzati, sino al raggiungimento da parte dei giovanili di una taglia idonea alla semina negli stagni di ingrasso; ingrasso; raccolta parziale e/o totale.

Riproduzione naturale

La riproduzione ha luogo nei mesi di maggio e giugno, quando la temperatura dell'acqua supera i 18°C, in appositi stagni di frega caratterizzati da dimensioni oscillanti dai 100 ai 1.000 m² e profondità massima di 80 cm. Il fondo può essere uniformemente livellato e circondato da un canale perimetrale più profondo (tipo DUBISH) oppure presentare una pendenza longitudinale (tipo HOFER). Il fondo dei bacini viene di solito seminato con graminacee pluriennali che resistono all'immersione per lungo tempo (loglio). Si può favorire inoltre la presenza di un'abbondante vegetazione di ripa lungo le sponde, al fine di garantire in ogni caso la presenza di un supporto idoneo per le uova adesive della carpa. Prima che abbia luogo la frega, i riproduttori maturi vengono pescati e trasferiti negli stagni di deposizione. Il rapporto fra i sessi è di 1 femmina (età ottimale 4-5 anni) a 2 maschi (età ottimale 3-4 anni). In condizioni ambientali favorevoli, la deposizione delle uova ha luogo entro alcuni giorni. Nel nostro paese, a differenza di quanto avviene nel centro Europa, non sempre si procede all'abbassamento del livello delle acque dello stagno per convogliare i riproduttori nel canale perimetrale ed attuarne la raccolta. Tale operazione sarebbe opportuna per evitare fenomeni di predazione di uova e larve da parte dei genitori e scongiurare la trasmissione di parassiti e di malattie batteriche e virali alle larve. Qualora vengano rimossi i riproduttori, si dovrà procedere nelle ore serali per impedire

che l'esposizione diretta ai raggi solari danneggi le uova che si trovano "a secco". Con questa tecnica di pesca, si procede immediatamente al riallagamento. La schiusa generalmente si attesta su valori del 30-50%. Le larve misurano 4,5 mm e, a riassorbimento del sacco vitellino avvenuto (3-4 giorni), iniziano a nuotare per ricercare attivamente l'alimento naturale costituito da zooplancton. Nel nostro paese, dove le richieste di novellame sono limitate, gli stagni di deposizione si identificano con gli stagni di primo allevamento grazie al potenziamento delle risorse trofiche naturali attraverso concimazioni e alla somministrazione a partire dal 12mo-15mo giorno di vita, di mangimi sfarinati.

Riproduzione controllata

Questa pratica viene di norma condotta nei mesi primaverili, in concomitanza con la riproduzione naturale, e si avvale di una tecnica di stimolazione ormonale imperniata sulla inoculazione intramuscolo, nell'area immediatamente posteriore alla pinna dorsale priva di squame, di ipofisi di carpa disidratate in acetone o alcool assoluto, o prelevate direttamente da soggetti adulti, previa asportazione della massa cerebrale. Le gonadotropine contenute nell'ipofisi inducono le fasi finali di maturazione provocando il distacco delle uova dall'ovaio e la caduta nella cavità celomatica. La dose consigliata per le femmine è di 3 mg/kg p.v. ripartita in 2 somministrazioni successive (1/10; 9/10) distanziate di 12-24 ore. I maschi vengono iniettati simultaneamente alla seconda iniezione della femmina con una dose di 2 mg/kg p.v. La risposta si manifesta dopo 8-24 ore.



Distributori a domanda in un bacino di allevamento. Foto di P. Melotti

Spremitura dei prodotti sessuali, fecondazione e disagglutinazione delle uova

La spremitura dei gameti femminili ha luogo comprimendo delicatamente il ventre delle femmine, preventivamente anestetizzate, per provocare la fuoriuscita delle uova; la pressione non deve essere eccessiva poiché potrebbe danneggiare i riproduttori e causare l'emissione di uova di cattiva qualità. Si aggiunge quindi il liquido seminale, prelevato mediante pipetta dai maschi o





spremuto direttamente sulla massa in ragione di 2-3 cc/l di uova. Si mescolano sperma e uova con una penna d'oca o una spatola di plastica morbida e si aggiunge alle uova un uguale volume di una soluzione ottenuta mescolando 3 g di urea e 4 g di cloruro di sodio con un litro d'acqua. La soluzione ha la funzione di prolungare la vita degli spermatozoi e di prevenire l'agglutinazione delle uova ricoperte di una mucoproteina altamente adesiva. La massa viene mescolata ininterrottamente per 5-10 minuti e quindi ogni 5-7 minuti per un periodo di circa 2 ore. In questo modo, con piccole aggiunte della soluzione disagglutinante, si provoca il totale rigonfiamento ed indurimento delle uova e la scomparsa della sostanza adesiva. Onde impedire che si verifichino ugualmente piccoli agglutinamenti è consigliabile applicare, per 2-3 volte, un bagno di 2 secondi con una soluzione di 7-10 g di tannino in 10 l d'acqua.

Incubazione e schiusa delle uova

La durata dell'incubazione, che in genere ha luogo entro bottiglie di Zug, varia da un minimo di 50-52 ore a 26°C ad un massimo di 160-170 ore a 16°C. Dopo il riassorbimento del sacco vitellino (3-6 giorni) le larve possono essere trasferite in vasche, nelle quali alimentate con zooplankton restano per 10-20 giorni, o direttamente in stagni precedentemente concimati.

Preingrasso

Alla fine di giugno o nella prima settimana di luglio gli avannotti vengono prelevati dagli stagni in cui sono nati e trasferiti negli stagni di preingrasso la cui superficie non supera alcune migliaia di m² e la profondità va da 60 a 130 cm; le densità iniziali variano da 2 a 10 pesci/m² ed i giovanili vi permangono per 3-4 mesi, fino al periodo autunnale e talvolta sino alla primavera successiva quando, raggiunto il peso di 20-40 g, vengono trasferiti negli stagni di ingrasso. Durante questo periodo si procede all'alimentazione mediante l'impiego di mangimi bilanciati pellettati o, più raramente, estrusi.



Giovanili che si alimentano in un distributore a domanda. Foto di P. Melotti.

Ingrasso

Nel nostro paese questa fase ha spesso luogo in stagni che sino ad alcuni



anni fa erano destinati all'allevamento del pesce gatto comune, la cui produzione si è drasticamente ridotta in seguito a problemi di carattere sanitario. Le dimensioni degli stagni variano da alcune centinaia di m² ad 1 ha e la profondità varia da 0,8 a 1,5 m. Il ricambio idrico è modestissimo e le acque sono quasi sempre di origine superficiale (canali di irrigazione e di scolo). La fase di ingrasso può concludersi al termine del secondo anno di vita o protrarsi per un ulteriore anno poiché nel nostro paese esiste una vivace richiesta da parte della pesca sportiva sia di soggetti di 400-600 g che di esemplari di 1-1,5 kg. Nel primo caso, al fine di ottenere produzioni di 3-4 t/ha, si seminano 0,5-1,2 soggetti/m² mentre, qualora la fase di ingrasso si protragga sino al terzo anno, vengono seminati 0,3-0,5 pesci/m². L'alimentazione è basata sulla somministrazione di mangimi bilanciati a basso contenuto proteico e di sottoprodotti agricoli che integrano l'alimento naturale, che i soggetti riescono a reperire grazie alle modeste densità di allevamento.

4.3.2 Carassio dorato

Dopo un rapido sviluppo conseguente alla diffusione della coltivazione della canapa, l'allevamento del pesce rosso (*Carassius auratus* L.) ha subito una forte contrazione con l'abbandono di questa coltura; il "macero", piccolo stagno impiegato per distaccare la corteccia dal fusto, è degradato e, salvo rare eccezioni, non è più stato idoneo alla produzione del carassio. Ciò è avvenuto intorno agli anni '50 e '60, proprio nel momento di massima espansione del mercato europeo del pesce rosso. Sono così nati altri sistemi, quali l'allevamento in risaie abbandonate o in stagni. Attualmente la pratica di allevamento prevede l'uso di bacini di dimensioni oscillanti da poche centinaia di m² a qualche ettaro, con una profondità intorno al metro. Qualunque sia l'ambiente di allevamento prescelto, il carassio compie l'intero ciclo vitale nello stesso corpo idrico, poiché l'ingrasso, sino alla taglia commerciale che va dai 7 ai 15 cm, ha luogo nel medesimo bacino. La produzione è affidata prevalentemente al *pabulum* naturale seppure oggi vengano distribuite diete integrative sotto forma di sfarinati. Il ricambio idrico, spesso inesistente, raggiunge i valori massimi di 3-4 l/sec/ha. I riproduttori di 2-3 anni di età vengono seminati in aprile-maggio ad una densità di 40-100 kg/ha. In settembre si procede a catture mediante reti; nella primavera successiva gli stagni vengono prosciugati per procedere, 20-30 giorni dopo, all'immissione dei riproduttori. Le produzioni unitarie sono estremamente variabili e vanno dai 50.000 ai 150.000 pesci/ha.



4.4 PESCEGATTOCOLTURA

P. Melotti, A. Roncarati



Pesce gatto (*Ictalurus melas*). Foto di P. Melotti.

In Italia sono presenti l'*Ictalurus melas* Raf., il comune pesce gatto, l'*Ictalurus nebulosus* Raf., conosciuto come pesce gatto slavo, privo di qualsiasi interesse economico e l'*Ictalurus punctatus* Raf., noto come “channel” o pesce gatto americano. La brusca diminuzione della produzione di pesce gatto comune verificatasi a partire dal 1994, ed il conseguente notevole incremento di quella di pesce gatto americano, trovano una spiegazione nell'attacco da parte di agenti virali nei confronti della specie da maggior tempo insediata nel nostro Paese e cioè del pesce gatto comune.

Il pesce gatto americano, molto più resistente ai suddetti agenti patogeni, ha parzialmente sostituito il pesce gatto comune che resta, comunque, la specie più popolare e maggiormente richiesta per la pesca sportiva. Nell'ultimo quinquennio, dalle aree della bassa padana, l'allevamento del pesce gatto comune è stato parzialmente trasferito in zone ove sono disponibili acque di falda abbastanza fresche che consentano il mantenimento, nei mesi estivi, di temperature inferiori ai 23-24°C. In queste condizioni, gli agenti virali non attaccano il pesce gatto comune e la fase di ingrasso può essere pertanto attuata con successo a partire da novellame importato dall'Ungheria, dove la virosi non è presente. Questa condizione è però circoscritta ad un numero limitato di impianti che in questi ultimi anni hanno potuto continuare la produzione collocando il pesce gatto comune sul mercato a prezzi fortemente remunerativi.



4.4.1 Pesce gatto comune

La specie è stata introdotta dagli Stati Uniti nel nostro Paese agli inizi del '900 per scopi ornamentali ed in seguito si è diffusa in tutta la rete idrica del centro e nord Italia, dando prova di una grande adattabilità. L'allevamento del pesce gatto comune ha avuto inizio nella bassa modenese negli anni '70 a partire da novellame raccolto in natura. Dopo un breve rodaggio iniziale, la pratica si è diffusa nelle regioni Emilia Romagna, Veneto e Lombardia andando ad occupare, ancor prima della carpa, le aree marginali di numerose aziende agricole, in perfetto equilibrio con le altre produzioni zootecniche e vegetali.

La produzione ha luogo quasi esclusivamente in stagni in terra con superfici unitarie comprese tra 1.000 e 6.000 m², preferibilmente di forma rettangolare. Le dimensioni possono diminuire od aumentare, anche notevolmente, in funzione dell'ampiezza delle superfici adibite ad allevamento, delle disponibilità idriche, della permeabilità del terreno. La profondità varia da 1,20-1,50 m, onde impedire lo sviluppo eccessivo della vegetazione di ripa; la pendenza del fondo è del 2-4% orientata verso il punto di raccolta rappresentato, più che da un vero e proprio bacino soggetto ad un rapido interrimento, da un'area di superficie pari al 3-10% di quella dello stagno, più profonda di 30-50 cm rispetto al fondo.

Le necessità idriche minime sono stabilite in 2 l/sec/ha, quantità che consente nei mesi estivi, in presenza di scarse perdite per infiltrazione, di sopperire all'evaporazione. La sostenibilità di questo tipo di produzione è dimostrata anche dal fatto che, in molti casi, le acque in uscita dall'allevamento presentano parametri chimici notevolmente migliori rispetto a quelle irrigue o di scolo attinte dalla rete idrica superficiale.

Produzione di novellame

La produzione di avannotti è basata sulla riproduzione naturale che avviene negli stessi stagni di ingrasso in giugno-luglio quando la temperatura delle acque oscilla tra 22 e 28°C. Il sistema più razionale attualmente in uso è comunque basato sull'impiego di bacini di riproduzione, con superficie compresa tra 4.000 e 6.000 m², in cui, all'inizio della primavera o nell'autunno, vengono rilasciati riproduttori di entrambi i sessi, di peso variabile da 150 a 300 g, in ragione di 1 coppia ogni 10-20 m². Qualora il sessaggio risulti difficoltoso vengono rilasciati 300-500 kg di riproduttori/ha. Le uova adesive di colore crema vengono deposte in una o più riprese ravvicinate in numero di 6.000-8.000/kg di peso corporeo in un unico ammasso in un nido rudimentale di forma circolare, scavato nel terreno, solitamente situato lungo le rive



o in acque poco profonde. Il maschio dopo la fecondazione delle uova provvede alla loro sorveglianza, attaccando qualsiasi intruso, femmina compresa, che si avvicini al nido, ed alla ossigenazione della massa delle uova mediante un flusso d'acqua provocato da movimenti delle pinne. Le uova schiudono dopo un periodo di incubazione variabile da 7 a 10 giorni quando la temperatura dell'acqua è di 22-24°C. Le larve, prive di pigmento, restano semi immobili sul posto sino al riassorbimento quasi completo del sacco vitellino e a 4-6 giorni di età, quando compaiono i primi segni di pigmentazione, iniziano la ricerca del cibo naturale sotto la sorveglianza del genitore. A partire da questo momento inizia la somministrazione di alimenti sfarinati o sbriciolati fini che prosegue fino a che gli avannotti hanno raggiunto le dimensioni di 7-10 cm. In condizioni ambientali favorevoli è possibile ottenere produzioni sull'ordine di 200-400.000 avannotti/ha.

Produzione di soggetti destinati al consumo

Nell'autunno del primo anno di vita, o più frequentemente nella primavera del secondo, il novellame viene trasferito nei bacini d'ingrasso, di superficie compresa tra 1.000 e 6.000 m²; in questi stagni la profondità dell'acqua è mantenuta tra 1,20 e 1,50 m. I quantitativi di novellame di 7-10 cm (5-10 g) seminati, oscillano fra 2 e 10 soggetti/m². In condizioni medie, popolando gli stagni con 3-5 avannotti/m² è possibile ottenere produzioni finali di 3-5 t/ha. Nel caso in cui la semina venga effettuata in primavera, si prosegue con la somministrazione di mangime sfarinato misto a sbriciolato tramite gli alimentatori a tempo, a cui vanno affiancati autoalimentatori a tramoggia riforniti con sbriciolato. I maggiori incrementi ponderali si verificano nel corso dei mesi estivi, al termine dei quali la taglia commerciale di 150 g ed oltre viene raggiunta dal 75-80% degli individui.

Sistemi di raccolta

A seconda delle richieste di mercato, nel corso, o più frequentemente al termine, della stagione di accrescimento (settembre, ottobre, novembre) può venire eseguita la raccolta parziale o totale del prodotto. Qualora le dimensioni degli stagni siano notevoli, la quantità di pesce elevata, la stagione calda, la difformità di taglia notevole, o vi sia una richiesta limitata ma protratta nel tempo, è più opportuno adottare un sistema di raccolta parziale: se lo stagno ha dimensioni regolari e fondo ben livellato risulta conveniente l'impiego di reti a strascico con maglie dimensionate in modo da consentire la fuoriuscita dei soggetti di peso inferiore a quello richiesto. Quando non

sussistono questi presupposti, prelievi parziali possono essere attuati con l'ausilio di piccole reti a sacco poste sotto gli alimentatori e sollevate al momento della distribuzione del mangime. Questo metodo è applicabile quando il numero degli autoalimentatori è elevato e le catture sono molto distanziate nel tempo. La raccolta totale si esegue con il prosciugamento dello stagno, attuato per gravità o con l'ausilio di pompe, e viene normalmente attuata al termine del ciclo di accrescimento.

4.4.2 Pesce gatto americano

Produzione di novellame

Le tecniche adottate per la produzione del pesce gatto americano si differenziano per alcuni aspetti da quelle in uso per il pesce gatto comune. La riproduzione non avviene naturalmente, ma viene realizzata con metodi diversi: in stagni provvisti di appositi nidi, fissati sul fondo a profondità di m 0,6-1, nei quali vengono raccolte le uova (7.500-8.500 uova/kg p.v.); in recinti o gabbie (m 3x2), appoggiati sul fondo lungo le sponde dello stagno da cui emergono per un'altezza di 30-50 cm. In ogni recinto viene posizionato un nido ed introdotta una coppia di riproduttori quando la temperatura delle acque supera i 22°C. La riproduzione può aver luogo anche in vasche termicamente condizionate (24-25°C) e dotate di impianto di ricircolazione dell'acqua, mediante trattamento ormonale della femmina (800-1.600 U.I. HCG/kg p.v.). Normalmente le uova vengono raccolte e trasferite in uno schiuditoio dove ha luogo anche l'allevamento larvale. Gli avannotti di 15-30 giorni vengono poi trasferiti in appositi stagni dove restano sino all'autunno o alla primavera successiva.

Ingrasso

Allo scopo vengono impiegati gli stessi stagni utilizzati per il pesce gatto comune ma le maggiori esigenze, in fatto di ambiente, del pesce gatto americano impongono l'utilizzo di aeratori a pale o a fungo nonché ricambi idrici superiori rispetto alla specie più rustica. Le pezzature richieste dal mercato, che oscillano dai 450 ai 900 g, giustificano le minori densità di semina che, per la taglia ottenuta al termine del secondo anno di vita, varia da 1 a 1,5 avannotti/m². Qualora si orienti la produzione su soggetti con peso finale prossimo al kg, si dovrà attuare la raccolta nei mesi autunnali del terzo anno di vita. In questo caso, al termine del secondo anno, si procederà ad un diradamento delle vasche lasciando 0,5-0,7 pesci/m².





4.5 PERSICO-SPIGOLA

P. Melotti



Esemplare di Persico-Spigola. Foto archivio L.E.S.A.

Gli ibridi di *striped bass* (*Morone saxatilis*), grazie all'ottima qualità delle carni ed alle buone doti di domesticabilità, stanno conquistando in questi ultimi anni un posto di primo piano nel panorama dell'acquacoltura statunitense dove, nel 1999, la produzione ha raggiunto le 6.500 t, destinate nella totalità al mercato alimentare. L'importanza crescente è inoltre evidenziata dalla quantità di novellame prodotto che, nello stesso anno, ha toccato i 185 milioni di larve e i 18 milioni di giovanili destinati all'esportazione rispettivamente in ragione del 20% e 4%. Per le pratiche di acquacoltura, sia negli USA che in Israele e negli altri Paesi (Taiwan, Cina, Messico, Italia, Francia) in cui è stato introdotto, viene utilizzata esclusivamente la forma ibrida, ottenuta da incroci tra le varie specie di Moronidi. In particolare, l'ibrido noto come *palmetto*, derivato dalla femmina di *Morone saxatilis* e dal maschio di *Morone chrysops*, ed il reciproco *sunshine*, sono stati da tempo testati con successo. La loro produzione ha luogo in numerosissime piscicoltura statunitensi del sud-ovest (California e Texas), sud-est (Mississippi, Louisiana e Florida) e del versante centro-atlantico (nord e sud Carolina).

La condizione di eterozigosi che esalta alcuni caratteri propri delle specie parentali, quali il vigore, l'accrescimento, la conversione alimentare, l'ottima qualità delle carni e la resistenza nei confronti degli agenti patogeni più comuni, ha favorito la diffusione dell'allevamento degli ibridi. A livello morfologico l'ibrido si differenzia dalla specie *M. saxatilis* per il corpo più tozzo,



testa più piccola, regione caudale meno sviluppata ed una livrea più pallida con strisce meno evidenti sui fianchi.

Produzione di novellame

La produzione di larve e avannotti negli USA ha luogo nei mesi primaverili utilizzando femmine di *striped bass*, catturate in natura, che sono sottoposte a spremitura, previo trattamento ormonale con HCG, e quindi rilasciate. Le uova vengono fecondate con liquido seminale di *Morone chrysops* che, per la sua rusticità e le piccole dimensioni, viene stabulato in allevamento. Gli ibridi ottenuti in tal modo prendono il nome di *palmetto*. Di più facile applicazione risulta la tecnica finalizzata alla produzione dell'ibrido denominato *sunshine* poiché prevede l'uso di femmine di *Morone chrysops*, facili da mantenere in allevamento e la fecondazione delle uova con sperma di *striped*. In questo secondo caso, le larve sono però di minori dimensioni e pertanto il loro allevamento richiede la somministrazione di Rotiferi per 10-12 giorni. Gli stadi larvali di *palmetto*, al contrario, sono in grado di assumere direttamente nauplii di *Artemia salina* poiché hanno un'apertura buccale di maggiori dimensioni. Le larve dei due tipi di ibrido introdotte in Italia sia per finalità sperimentali che produttive sono state allevate con tecniche abbastanza simili a quelle adottate per il branzino (*palmetto*) e l'orata (*sunshine*) seppure la dipendenza degli ibridi dall'alimento naturale sia di durata notevolmente inferiore rispetto alle due specie marine.

Negli USA la tecnica più usata per l'allevamento larvale prevede l'impiego di stagni abbondantemente concimati nei quali, quando la presenza zooplantonica raggiunge livelli ottimali, vengono introdotte le larve in ragione di 500.000/ha. Dopo alcune settimane l'alimento naturale viene integrato con la somministrazione di mangime sfarinato, che in breve tempo diviene la dieta esclusiva degli avannotti. Nell'ambiente naturale gli indici di sopravvivenza sono soggetti a forti fluttuazioni con valori a 60 giorni oscillanti dal 10 al 40%.

Il sistema risulta però molto economico poiché non prevede la disponibilità di attrezzature e capannoni ed evita le spese connesse con la produzione di Rotiferi e nauplii di *Artemia salina*.

Nell'autunno del primo anno di vita i giovanili raggiungono pesi variabili dai 20 ai 55 g e sono pronti per l'immissione nei bacini di ingrasso.



Ingrasso

La fase di ingrasso, identica per i due ibridi, viene condotta seguendo tecniche ormai collaudate per altre specie e prevedono due diversi approcci di base nettamente diversificati. L'uno, di tipo intensivo, utilizza tecniche basate su alte densità unitarie e l'uso di vasche in cemento o materiale plastico, spesso alimentate con acque di falda a temperatura costante ($>20^{\circ}\text{C}$); in queste condizioni gli avannotti di 20-40 g raggiungono la taglia di 0,5 kg in 8-12 mesi. L'altro, di tipo estensivo, si avvale di stagni dove vengono mantenute basse densità unitarie e richiede un periodo di 18-20 mesi per il raggiungimento della taglia di 0,6-0,8 kg.

In condizioni intensive questo pesce può essere allevato con densità finali superiori ai 50 kg/m^3 mentre in estensivo o semintensivo, vengono generalmente raggiunte densità finali di $0,2\text{-}1 \text{ kg/m}^3$.

Di norma il ciclo produttivo viene suddiviso in tre fasi: fase I, corrispondente all'allevamento degli stadi larvali e giovanili fino al raggiungimento di 1 g di peso, fase II o preingrasso, che termina intorno a 50-60 g e fase III che riguarda l'ingrasso propriamente detto.

Nel nostro Paese la fornitura di materiale da semina dipende totalmente dall'importazione di larve e avannotti dagli USA e da Israele, poiché non sono disponibili i riproduttori delle due specie parentali. La produzione di ibridi di *striped bass* ha preso avvio da pochissimi anni dopo una serie di sperimentazioni preliminari che hanno dimostrato, tra l'altro, come questo pesce possa essere allevato negli stessi ambienti già destinati al pesce gatto comune e americano. Le poche centinaia di tonnellate prodotte annualmente in Italia provengono prevalentemente da impianti che utilizzano acque calde di falda o reflue da impianti industriali.

Al fine di consentire la corretta identificazione in sede doganale, ispettiva e merceologica, la competente Commissione tecnica del Ministero delle Politiche Agricole e Forestali ha ritenuto utile attribuire a questa specie la denominazione ufficiale in lingua italiana di "persico-spigola", termine che, secondo il D.P.R. dell'8 agosto 2000, si riferisce sia alla specie *striped bass* che ai suoi ibridi.

Bibliografia

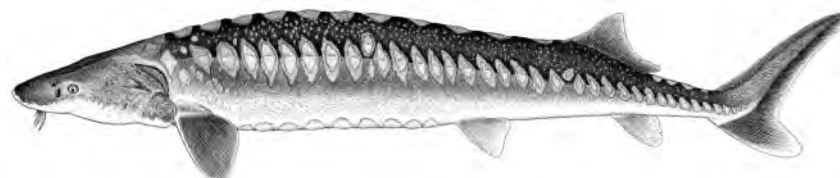
- Billard R. (1995). *Les carpes - biologie et élevage*. INRA, Paris.
- Hodson R.G., Hayes M. (1989). *Hybrid striped bass. Pond production of fingerlings*. SRAC Publication 302, North Carolina State University, Raleigh N.C.
- Kerby J.H., Hinshaw J.M., Huish M.T. (1987). *Increased growth and production of striped bass x white bass hybrids in earthen ponds*. J. World Aquacult. Soc., 1: 35-43.
- Melotti P. (1986). *Goldfish (*Carassius auratus*) farming in Italy*. In: "Aquaculture of Cyprinids". R. Billard e J. Marcel (Eds.), INRA, Paris: 369-376.
- Melotti P., Gennari L., Roncarati A. (1993). *Ictalurus and other introduced species: possibilities and prospects in Europe*. In "Workshop on aquaculture of freshwater species (except salmonids)". P. Kestermont e R. Billard (Eds.), European Aquaculture Society, Ghent, Belgio: 19-20.
- Melotti P., Natali M. (1995). *L'elevage des poissons d'ornement en étang*. In "Aquaculture in practice". R. Billard (Ed.), ECC Scientific Technical Committee. USA.
- Melotti P., Mordenti O., Roncarati A., Minarelli G., Macrì T. (2000). *Ricerca per la messa a punto di un allevamento ittico semintensivo in policoltura, applicabile in aree umide dulcicole del Delta del Po*. Regione Emilia Romagna Iniziativa Comunitaria Leader II.
- Melotti P., Roncarati A., Mordenti O., Minarelli G., Macrì T. (2000). *Ricerca per la messa a punto di alimenti ad uso ittico provenienti da sottoprodotti agricoli*. Regione Emilia Romagna Iniziativa Comunitaria Leader II.





4.6 STORIONICOLTURA

G. Arlati, P. Bronzi



Lo storione dell'Adriatico (*Acipenser naccarii*), specie autoctona italiana. Disegno di P. Vecsei.

La storionicoltura italiana è nata verso la fine degli anni settanta con prime prove sperimentali di stabulazione e allevamento destinate al ripopolamento, ma ha cominciato ad assumere significato commerciale solo verso la metà degli anni ottanta con lo storione bianco del Pacifico o storione americano (*Acipenser transmontanus* Richardson, 1836), al quale si sono aggiunti lo storione italiano (*Acipenser naccarii* Bonaparte, 1836) alla fine degli anni ottanta, e lo storione siberiano (*Acipenser baerii* Brandt, 1869) all'inizio degli anni novanta.

Attualmente in Italia sono allevate una decina di specie pure, e loro ibridi. Di queste solo alcune hanno un'importanza commerciale, mentre altre hanno solo un significato sperimentale.

Le principali specie allevate a scopo commerciale, riportate in relazione ai quantitativi prodotti sono:

- lo storione bianco del Pacifico o storione americano (*A. transmontanus*);
- lo storione cobice o dell'Adriatico, ma soprattutto suoi ibridi (*A. naccarii*);
- lo storione siberiano e suoi ibridi (*A. baerii*).

Lo **storione bianco del Pacifico**, fu introdotto per la prima volta in Italia a scopo sperimentale nell'ottobre 1981, e negli anni successivi venne acquistato dagli Stati Uniti in notevoli quantitativi (200-300.000 uova embrionate o 200.000 postlarve già svezzate all'anno). Nei primi anni si sono avuti notevoli problemi, sia per l'alimentazione sia per l'ottimizzazione delle strutture di svezzamento. A partire dal 1985 si sono ottenuti i primi concreti e significativi risultati, passando da una sopravvivenza di circa il 5%-6% a circa il 50%. Nel 1992 è stata ottenuta in Italia per la prima volta l'ovulazione con laparatomia conservativa, e quindi teoricamente le attuali esigenze annuali di novellame per questa specie, di circa 120-150.000 larve, potrebbero essere soddisfatte in loco.



Questa specie è importante soprattutto per il consumo alimentare con la produzione di soggetti di taglia superiore ai 9-12 kg, e recentemente anche per la produzione del caviale, commercializzato con il marchio “Calvisius”. Lo **storione italiano o cobice** è probabilmente la sola specie ancora presente nelle nostre acque libere, seppure in quantità biologicamente non significativa ed a rischio di estinzione. Per questo è tuttora oggetto di importanti campagne di ripopolamento, grazie anche al fatto che dal 1988 è stato possibile riprodurlo in maniera incruenta a partire da esemplari selvatici mantenuti in cattività. Attualmente si ha una potenzialità produttiva annuale di 250-300.000 postlarve. Questa specie, ritenuta eurialina e semianadroma, è presente anche con popolazioni a ciclo biologico completo in acqua dolce. Specie autoctona, oggetto delle prime prove di allevamento fin dal 1977, ha dimostrato una buona adattabilità alle diverse condizioni ambientali presenti nel nostro territorio. Tuttavia per la produzione destinata al consumo alimentare sono stati sperimentati diversi ibridi, fra i quali notevole rilevanza commerciale hanno l' **AL** (*A. naccarii* x *A. baerii*), in commercio fin dal 1995, il **CORUS** (*A. naccarii* x *A. gueldenstaedtii*) e il **COBE** (*A. naccarii* x *Huso huso*), di recente produzione.

Lo **storione siberiano** è presente in Italia dal 1988, proveniente dall'Ungheria; dal 1991 è stato importato anche dalla Francia. La specie viene riprodotta negli Stati di provenienza, ma nel 1992 è stata ottenuta per la prima volta anche in Italia la riproduzione controllata incruenta con stimolazione ormonale, e viene ora annualmente riprodotta con lo stesso metodo adottato per lo storione italiano. Il ceppo d' acqua dolce è allevato sia a scopo alimentare, che per la pesca sportiva in acque private, anche in ibridazione con lo sterleto (*A. ruthenus*). Recentemente si stanno affermando sul mercato anche gli ibridi **GUBA** (*A. gueldenstaedtii* x *A. baerii*) e il **LA** (*A. baerii* x *A. naccarii*).

Lo **sterleto** (*A. ruthenus*) è presente in Italia dal 1984, proveniente dall'Ungheria. Specie d'acqua dolce, riprodotta nel nostro paese con metodo incruento dal 1990, veniva utilizzata soprattutto per la produzione di ibridi di piccola taglia, generalmente con lo storione siberiano, da destinare prevalentemente alla pesca sportiva. Attualmente viene ancora allevata in piccola quantità a scopo ornamentale.

Lo **storione russo** (*A. gueldenstaedtii*, Brandt 1833) è stato importato in Italia per la prima volta dall'Ungheria nel 1991 e successivamente dalla Russia a scopo sperimentale. I primi dati di allevamento hanno fornito dati contrastanti sull' adattabilità e sull'accrescimento di questa specie, che resta però una delle specie classiche per la produzione del caviale (“osetra”).



Attualmente viene riprodotta in Italia sia in purezza, soprattutto a scopo ornamentale, che per ottenere ibridi con il siberiano o il cobice, per il consumo alimentare.

Fra gli ibridi quello che senza dubbio si è dimostrato finora zootecnicamente più valido è l'**AL** (cobice x siberiano), riprodotto in Italia dal 1993, con capacità di crescita a volte superiore alle due specie da cui origina, una maggior facilità di svezamento ed una maggior rusticità.

Un altro ibrido con buone caratteristiche è il **bester** (beluga x sterleto), sperimentalmente introdotto in Italia dal 1989 dall'Ungheria. Attualmente è allevato occasionalmente, anche perché risulta di difficile reperimento.

L'**ibrido "russo"** (storione russo x beluga) è stato introdotto in Italia dal 1991 a scopo sperimentale e si hanno ancora pochi dati sulle sue caratteristiche zootecniche per poter trarre giudizi conclusivi, anche se in alcune situazioni, a temperature di allevamento elevate, ha fornito risultati comparabili a quelli ottenuti con lo storione italiano e lo storione siberiano.

Le informazioni riportate si riferiscono alle sole esperienze condotte in Italia ed, in particolare, riguardano prove in allevamenti gestiti con criteri industriali da personale con esperienza pluriennale nel settore della piscicoltura nel corso di diversi cicli produttivi. Anche le esperienze di riproduzione artificiale sono state condotte in aziende produttive con il supporto di collaborazioni scientifiche specialistiche.

4.6.1 Riproduzione e allevamento larvale

In Italia il controllo della riproduzione è possibile sulle seguenti specie con le modalità ed i risultati indicati.

Fra le specie riprodotte la più semplice da svezare è lo storione siberiano, che richiede 2-3 settimane, seguito dagli ibridi LA, GUBA e AL (3-4 settimane), dallo storione russo e dall'ibrido CORUS (4-5 settimane), dallo storione americano (5-6 settimane) e, infine, dallo storione cobice (12-15 settimane).

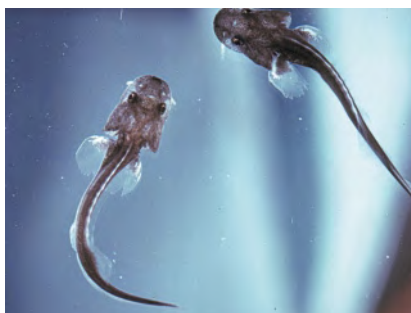
Storione italiano

La riproduzione è possibile dal 1988 con metodo incruento tramite stimolazione ormonale con l'analogo sintetico Des Gly 10 [D-Ala⁶] LH-RH etilamide a bassissimo dosaggio su riproduttori selvatici mantenuti in cattività. Dal 2000 sono stati ottenuti anche esemplari di seconda generazione (F2). Le femmine impiegate hanno un peso medio superiore a 20 kg (max 60 kg) ed età maggiore di 12 anni (max 21 anni); le uova possono raggiungere circa il 20% del peso vivo,

anche se uno schema più adeguato indica mediamente in circa il 15% del peso vivo la quantità di uova ottenibile ed in circa 2-3 anni l'intervallo fra le ovulazioni, a seconda del peso del soggetto. In 1 kg vi sono circa 55.000 uova non fecondate; l'incubazione dura circa 150-180 ore a 15°C, ed il completo riassorbimento del sacco vitellino avviene dopo circa 8-11 giorni dalla schiusa alla temperatura di 15-17 °C.



Raccolta delle uova per spremitura da una femmina matura. Foto di G. Arlati.



Postlarve di storione cobice.
Foto di G. Arlati.

Lo svezzamento è possibile a diverse temperature, da 15°C a 24°C, e viene effettuato di regola in vasche in vetroresina in avannotteria (trugoli, vasche quadrate, ecc., capacità 200-400 l) ad elevato ricambio, con densità iniziale di 1-2 kg/m³; l'alimentazione è costituita inizialmente (10-12 settimane) da nauplii di *Artemia salina* e/o Cladoceri, pro-

gressivamente sostituiti da mangime commerciale per postlarve di specie pregiate.

Storione sterleto

Dal 1989 è possibile ottenere prodotti seminali con metodo incruento mediante l'impiego dell'ormone Folligen (Reprogen). I riproduttori provengono dal Danubio e le femmine hanno un peso mediamente superiore a 800 g. (max 3 kg) ed un'età superiore ai 4 anni (max 8 anni). Possono essere indotte ad ovulare ogni anno, e, in Italia, i prodotti seminali ottenuti (F1) sono stati





impiegati soprattutto per la produzione di ibridi con lo storione siberiano e lo storione russo.

Storione siberiano

Dal 1992 è possibile ottenere uova con metodo incruento, utilizzando la stessa metodica applicata sullo storione cobice. I riproduttori attualmente provengono sia dall'Ungheria (F2) che dalla Francia (F3), e le femmine (F3) hanno un peso medio di circa 8 kg (max 10 kg) ed almeno un'età di 7 anni (max 10 anni). Possono essere indotte ad ovulare ogni anno, e i prodotti seminali vengono impiegati anche per la produzione di ibridi con lo sterleto, con il cobice e con lo storione russo.

Storione americano

Dal 1992 è possibile ottenere uova con laparatomia conservativa dopo stimolazione ormonale mediante ipofisi di carpa o di storione. Nella prima riproduzione la femmina era di 36 kg e di un'età superiore ai 12 anni e sono stati ottenuti circa 3,5 kg di uova; gli animali ottenuti sono F2. Anche per queste specie le tecniche di svezzamento comportano la somministrazione di cibo vivo nella fase iniziale di alimentazione esogena (nauplii di artemia e zooplancton), seguita dalla somministrazione di cibo commerciale per specie pregiate. La temperatura media dell'acqua impiegata è di circa 18°C.



Preingrasso in vasche di cemento di giovanili dell'ibrido AL. Foto di G. Arlati.



4.6.2 Allevamento intensivo

In genere gli storioni prediligono acque temperate, 18-24°C, e le esperienze di allevamento condotte in Italia, generalmente di tipo intensivo monospecifico, hanno dato buoni risultati.

Lo storione americano a 23-24°C raggiunge mediamente il peso di 1 kg in 12 mesi, 2,5-3 kg in 24 mesi, 5 kg in 36 mesi e può raggiungere i 6 kg in 38 mesi e i 12 kg in 60 mesi.

Lo storione italiano allevato in condizioni termiche costanti (23±2°C) raggiunge mediamente gli 8 kg dopo circa 40 mesi di allevamento, con massimi di oltre 14 kg, mentre, a valori di 15-18°C, nello stesso periodo raggiunge i 6,2 kg di peso medio, con massimi di 8 kg. Valori di temperatura fluttuanti (10-30°C), come nelle acque di superficie impiegate nel raffreddamento di centrali termoelettriche, consentono nello stesso periodo taglie medie di circa 5.7 kg, con massimi di 13 kg.

Lo storione siberiano raggiunge in due anni di allevamento i 2-2,5 kg in media a 15-18°C, mentre in condizioni di temperatura costante (23±2°C) manifesta, nel primo periodo di vita (18 mesi), accrescimenti simili allo storione italiano ed all'ibrido russo, con valori medi di circa 1.600 g, con esemplari di oltre 2 kg, e nelle medesime condizioni può raggiungere in 42 mesi il peso di 7 kg. In Italia sono disponibili alimenti commerciali specifici per storioni in forma sia di farina che di pellet e di estruso, con contenuti indicativi di proteine grezze del 50%, di lipidi grezzi del 18%, di fibre grezze dell'1%, di ceneri del 10% e di estrattivi inazotati pari a circa il 13%, con un'umidità dell'8%. Generalmente tutte le specie allevate sono alimentate con questi mangimi composti integrati; alcuni allevatori utilizzano anche mangime per salmonidi, prevalentemente estruso, mentre altri distribuiscono agli animali un mangime pellettato umido costituito da farine commerciali addizionate con opportuni integratori, secondo formule personali.

Mediamente il fattore di conversione risulta compreso fra 1,8 e 2,5 nei primi 2-3 anni di allevamento, e fra 2 e 4 negli anni successivi.

Sistemi di allevamento

La storionicoltura è nata essenzialmente come allevamento sostitutivo in impianti in origine destinati ad altre specie, come quelli per l'allevamento dell'anguilla (*Anguilla anguilla*, L.) o per l'ingrasso della trota (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792).

Le esperienze di allevamento di storione italiano sono condotte soprattutto in *raceways* da troticoltura delle dimensioni di 200x5 m, suddivisi in settori successivi, ad una densità media di 18 kg/m², con 7-8 ricambi/giorno di



acqua di fontanile, a 12-18°C e ben ossigenata (ossigeno disciolto 7 mg/l, pH 7,35).

Lo storione americano è allevato per l'ingrasso soprattutto in grandi vasche in terra da 2.000-2.400 m² inizialmente usate per anguille, con una densità media di 6-7 kg/m², 2-3 ricambi/giorno e temperatura di 15-23°C.

Lo storione siberiano è allevato per l'ingrasso soprattutto in vasche in vetroresina dalle dimensioni modeste (circa 25 m²) o in cemento (60 m²) con densità media di 25-30 kg/m², 20-25 ricambi giornalieri a seconda della temperatura dell'acqua (14-23°C). Ultimamente vengono anche allevati in stagni, dove però si ha una densità più modesta (3-4 kg/m³) anche per lo scarso ricambio idrico (1 ogni 2-3 gg.).

Sono state condotte con buoni risultati anche esperienze di allevamento in gabbie galleggianti in bacini artificiali di acqua dolce, ed esperienze con diverse specie (storione italiano, storione siberiano e ibrido russo) di allevamento in sistemi a ricircolazione in vasche in vetroresina o in telo plastico con densità medie di circa 50 kg/m², 1 ricambio/ora di acqua a 23±2°C (ossigeno disciolto di 7 mg/l; pH 7,4).

4.6.3 Tendenze della produzione e del mercato

La produzione di storioni per il consumo alimentare inizia ad essere significativa a metà degli anni ottanta, e fino al 1989 era basata unicamente sullo storione bianco del Pacifico. In Fig. 1 sono riportati i valori stimati di produzione delle diverse specie di storioni nel periodo compreso fra il 1985 ed il 2000 espressi come percentuali rispetto all'ultimo anno.

L'incremento avuto nel 1987 è essenzialmente dovuto al miglioramento nelle tecniche di svezzamento e di preingrasso, considerando anche che la taglia minima di mercato era allora di 3-4 kg, raggiungibile dopo circa 4 anni di allevamento. Ora la taglia minima di mercato per questa specie è di 8 kg ed oltre, raggiungibile dalla schiusa dopo almeno 6 anni di allevamento.

Dal 1990 la produzione inizia a differenziarsi anche per la presenza dello storione italiano e di una certa quantità di "bester", e dal 1992 con ulteriori specie, quali lo storione siberiano, l'ibrido "russo" e gli ibridi fra lo storione siberiano e lo storione sterleto. La ripresa dal 1999 è essenzialmente dovuta ad un miglioramento della produzione relativa allo storione del Pacifico, ed ad un rinnovato interesse del mercato per gli storioni in generale.

Le produzioni stimate sono ottenute in circa 15 impianti di cui 11 produttivi, compresi tre centri di riproduzione riconosciuti con annessa avanotteria, e 4 sperimentali.

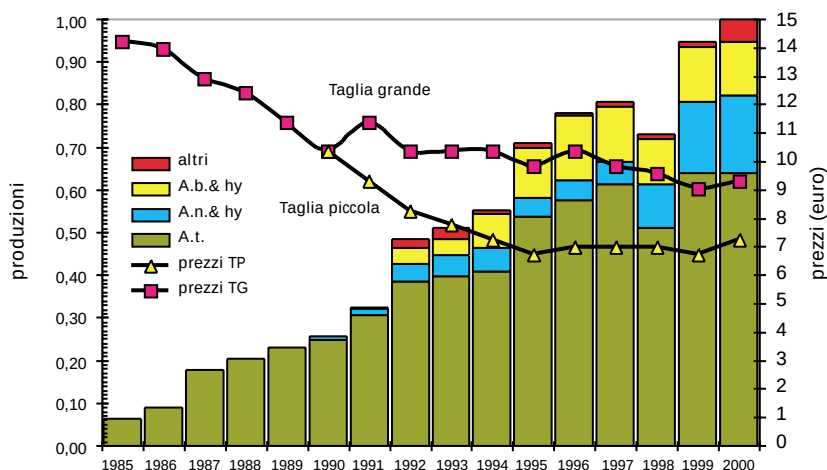


Fig. 1 - Stima percentuale, rispetto al 2000, dell'andamento delle produzioni di storioni in Italia e prezzi di mercato dal 1985 al 2000.

Attualmente il mercato è coperto per circa il 98% dal pesce intero fresco, con preferenza per le taglie medio-grandi, dai 6 ai 14 kg, che sono rappresentate, al momento, prevalentemente dallo storione del Pacifico e dagli ibridi dello storione italiano; le altre specie sono per ora commercializzate, sempre come pesce intero fresco, a taglie inferiori ai 4 kg. Una discreta quota della produzione (circa il 17% nel 1989) viene commercializzata viva per l'immissione in laghetti privati di pesca sportiva, soprattutto nel centro e nord Italia.

Il prezzo del prodotto intero fresco è oggi di circa 7,5 euro/kg franco allevamento per le taglie piccole (2-4 kg) e di circa 9,5 euro/kg per le taglie medio-grosse (> 7-8 kg).

Il restante 2% della produzione è venduto come prodotto trasformato: filetto affumicato a 44 euro/kg, o trancio precotto a circa 33 euro/kg.

4.6.4 Ricerca

Le specie di storioni presenti in Italia sono da alcuni anni oggetto di interessanti indagini scientifiche. In particolare, oltre agli studi sul controllo della riproduzione e sulle tecnologie di svezzamento larvale, sono stati condotti studi sugli effetti di integrazioni dietetiche sulla qualità delle carni del prodotto ottenuto e sulla resistenza degli animali agli stress ambientali, in particolare all'ipossia.

Storioni italiani alimentati con diete arricchite in acidi grassi polinsaturi della



serie omega-3 ed in vitamina E hanno mostrato un miglior accrescimento, un maggior accumulo dei grassi e della vitamina nella parte edibile, ed una maggior resistenza a livelli intermedi di ipossia e di ipercapnia rispetto ai controlli. Il consumo di ossigeno risulta di valori compresi fra circa 78 mg/kg/h a circa 155 mg/kg/h.

Indagini morfologiche condotte dopo prove preliminari di adattamento di storione italiano alla salinità (20‰, 20°C) indicano che le modificazioni di esofago, rene e branchie degli animali adattati sono solo parziali se comparate a quelle mostrate da Teleostei eurialini. Gli storioni, infatti, non tollerano salinità marine per periodi lunghi, e a salinità intermedie (33%-66% dell'acqua di mare) mostrano un tasso metabolico aumentato ed una crescita ridotta rispetto all'acqua dolce, indice di una situazione di stress subletale. Un'acclimatazione in acqua leggermente iperosmotica (11‰) migliora la risposta ad una esposizione acuta all'acqua di mare.

Gli storioni naccari necessitano di ambienti che consentano un nuoto costante che utilizzano per ventilare le branchie soprattutto in condizioni di ipossia e a temperature elevate.

4.6.5 Prospettive della storionicoltura

La storionicoltura italiana, da una prima fase pionieristica, sta assumendo un proprio ruolo produttivo. Questo tipo di allevamento infatti, nato principalmente nella Regione Lombardia, sta diffondendosi anche in altre regioni italiane. L'attuale realtà è favorita principalmente dal fatto che:

- le specie di storioni impiegate, sia pure che ibride, ben si adattano alle diverse situazioni ambientali esistenti in Italia;
- le attuali conoscenze gestionali (controllo della riproduzione, svezzamento, alimentazione, ecc.), benché non ancora ottimali, consentono una produzione sicura e di qualità garantita;
- esiste un margine remunerativo interessante, che spesso stimola la sostituzione di questo allevamento a quello di altre specie.

La produzione annuale attuale di storioni italiana è stimabile in circa 2/3 di quella europea, e potrebbe mantenere lo stesso rapporto anche con un aumento produttivo ipotizzabile per il prossimo quinquennio del 20% - 25%.

La storionicoltura sia per la qualità delle specie allevate che per le caratteristiche zootecniche è sicuramente un allevamento innovativo, anche perché in generale si adottano sistemi di allevamento non particolarmente intensivi, rispetto ad altre specie, per garantire la qualità di un prodotto già di per sé



apprezzato e pregiato. Inoltre è bene ricordare che non tutte le specie sono uguali nelle loro capacità zootecniche e nelle caratteristiche etologiche e che finora le tecniche adottate hanno permesso di allevare un prodotto sano e resistente ad eventuali forme patologiche, proprio grazie ai sistemi adottati. Infine, proprio recentemente, si sta avviando una fruttuosa attività di allevamento indirizzata alla produzione di caviale, dovuta al fatto che una costante e forte diminuzione per quello proveniente dalla pesca ha favorito un aumento notevole della domanda e del prezzo di mercato.

Tutti gli storioni sono sottoposti a norme internazionali e nazionali di tutela, soprattutto per quanto riguarda il loro commercio e il commercio di loro parti o prodotti (es. caviale) che devono rispettare le direttive emanate dal CITES.

4.6.6 Recupero faunistico dello storione cobice

Presenza degli storioni autoctoni in Italia

Storicamente erano presenti in Italia tre specie di storione:

- lo storione comune o europeo (*A. sturio* Linnaeus, 1758), chiamato in dialetto locale padano "sturiòn", o "sturiòn arma";
- lo storione "attilo" o "ladano" o beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758), chiamato in dialetto locale padano "sturion ladan" o "ladagnen" o "sturiùn disarmà";
- lo storione del Nord Adriatico o "cobice" o storione autoctono italiano (*A. naccarii* Bonaparte, 1836), chiamato in dialetto locale "sturiòn sòli" o "musèll".

Queste specie erano, secondo i dati riferiti per il secolo scorso, distribuite in questo modo nelle acque italiane:

- lo storione comune era molto raro nel Mar Ligure, nel Mar Tirreno, nel Mar Jonio, nel basso e medio Adriatico ed in alcuni fiumi (Adige, Piave, Arno, Liri, Volturno, Garigliano), mentre era molto diffuso e pescato a scopo commerciale nell'Alto Adriatico, nel fiume Po e nel fiume Tevere;
- lo storione ladano o beluga era molto raro e catturato solo nell'Alto Adriatico e in alcune aree della parte centrale del fiume Po;
- lo storione cobice (Fig. 2) era esclusivamente segnalato nell'alto Mar Adriatico, nel bacino del Po, compresi i suoi principali tributari, e in alcuni fiumi del Nord-Est (Adige, Brenta, Piave, Tagliamento).

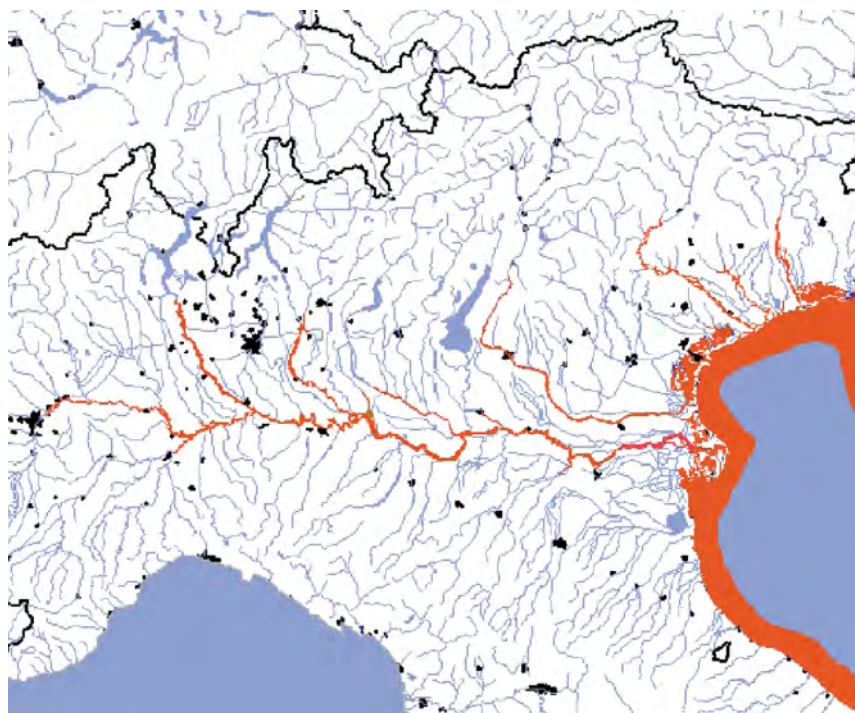


Fig. 2 - Distribuzione storica di *A. naccarii* in Italia (in rosso).

Analizzando i dati statistici disponibili, le catture complessive per l'Italia ammontavano a circa 35 ton attorno al 1920, scese a 25 ton negli anni 50, localizzate soprattutto nel bacino del Po e nell'Alto Adriatico, con una netta predominanza dello storione comune sullo storione cobice e con qualche sporadica cattura di storione ladano. Un censimento ittico effettuato nel 1972 per il bacino padano indica che lo storione ladano era reperito solo occasionalmente nel Po, mentre lo storione comune risultava catturato nella parte terminale del fiume e nei suoi principali affluenti (Mincio, Adda, Oglio, Ticino e Sesia), sebbene in quantità modesta; lo storione cobice era la specie più diffusa anche se, numericamente, notevolmente ridotto rispetto agli anni precedenti.

Fra le principali cause del depauperamento degli storioni vi sono in ordine di importanza:

- la costruzione di sbarramenti o dighe lungo gli alvei dei principali fiumi, che ne hanno impedito la risalita alla ricerca degli areali di frega;
- l'eccessiva pesca e la pesca di frodo che hanno sicuramente riguardato i soggetti di maggiori dimensioni e che, nel tempo, considerando anche il complicato ciclo biologico di queste specie ittiche, hanno compromesso le possibilità di una loro riproduzione naturale;



- l'inquinamento ambientale, che, dal canto suo, ha inciso negativamente sulla disponibilità di aree riproduttive qualitativamente adeguate.

Tutte queste cause hanno pertanto contribuito, anche se in diversa misura, alla diminuzione degli storioni nelle acque italiane, tanto che alla fine degli anni ottanta lo storione comune e lo storione ladano risultavano pressoché scomparsi, e solo lo storione cobice era ancora presente e catturato nel suo areale, anche se in quantità minima e sempre decrescente.

Infatti, per lo storione cobice, si è passati dai 2.000 kg pescati alla fine degli anni settanta, ai 200 kg pescati nella stagione 1990-91 e infine ai 19 soggetti catturati nel 1993, di pezzatura oltretutto modesta, mediamente attorno ai 3,5 kg, e sicuramente non ancora in grado di riprodursi.

Sussisterebbero quindi naturalmente le condizioni per una scomparsa anche per quest'ultima specie.

Un progetto di recupero faunistico

Le prime iniziative sperimentali di salvaguardia di questa specie risalgono al 1977, quando un pescicoltore bresciano di Orzinuovi (Bs) ha cominciato a mantenere in un bacino opportunamente predisposto alcune decine di giovani soggetti di 2-3 anni pescati nelle acque del delta del Po, dell'Adda, dell'Oglio e del Piave. Da questo stock di riproduttori provenienti dall'ambiente selvatico si è riusciti per la prima volta nel giugno 1988 ad ottenere uova e larve con metodo incruento senza intervenire chirurgicamente sui pesci, (Fig.1) e da quel momento si è aperta la possibilità per un reale recupero faunistico di questa specie. È stato così pianificato un progetto di recupero faunistico finalizzato principalmente a due obiettivi concreti: il primo, immediatamente operativo, è l'immissione dello storione cobice nelle acque ritenute vocazionali; il secondo, è l'approfondimento delle conoscenze biologiche, etologiche ed ecologiche dello storione autoctono cobice, poiché rare, e talvolta imprecise, sono le informazioni conosciute.

Prima di dar avvio ad un piano operativo di ripopolamento è stato necessario approfondire alcuni aspetti:

- la caratterizzazione genetica dei soggetti selvatici rappresentanti della specie;
- l'individuazione di habitat idonei per la vita, e per la riproduzione naturale di questa specie in base alle conoscenze attuali ed alla bibliografia storica di riferimento;
- la valutazione delle taglie più idonee per l'attività di ripopolamento.

Fino al settembre 2001 la Regione Lombardia ha seminato più di 250.000 soggetti di taglie diverse (Tab. I).



Tab. I - Semine di storione cobice effettuate nel periodo 1988-2001.

Taglia (cm)	n. indiv.	Fiumi interessati
2,5	192.500	Oglio (BS, CR, MN), Adda (LC, LO, CR)
da 8 a 18	44.000	Adda (MI, CR,, LC, LO), Oglio (BG, BS), Ticino (VA)
da 18 a 40	9.900	Oglio (MN, BS, CR), Adda (LC), Terdoppio, Agogna (PV), Ticino (VA)
da 40 a 60	13.300	Oglio (MN, BS, CR), Adda (LC, CR, LO), Terdoppio, Agogna (PV), Ticino (VA)
da 65 a 90	6.040	Adda (MI), Ticino (MI, VA), Terdoppio e Agogna (PV)
Da 2,5 a 90	265.740	

Importante è anche la sperimentazione di diversi sistemi di marcatura (tatuaggio, azoto liquido, *floy tags*, unità trasmettenti, elementi magnetici, ecc.) al fine di individuare quello più adatto ed efficiente nelle nostre specifiche condizioni ambientali.

L'attività fin qui attuata comincia a dare i primi frutti: questa specie di storione, un tempo catturata esclusivamente dai pescatori professionisti, ha cominciato ad essere conosciuta anche dai pescatori dilettanti, ai quali spesso capita di pescarla in alcuni tratti dell'Adda, dell'Oglio e del Po.



Storione cobice seminato nel 1993 (858 g), e pescato da un pescatore dilettante nel 2000 (18,5 kg). Foto di G. Arlati.

L'esperienza acquisita permette inoltre di passare alla fase successiva, relativa ad una maggior protezione della specie con la creazione di zone speciali di conservazione per la tutela degli areali riproduttivi naturali, un ampio periodo di divieto di pesca, un aumento della misura minima di cattura, la marcatura di tutti i soggetti da immettere oltre ad un loro controllo genetico, possibile grazie alla caratterizzazione genetica dei riproduttori e, infine, un controllo

della situazione esistente tramite campagne di ricattura con il coinvolgimento sia degli enti pubblici preposti che dei pescatori.

La strada da percorrere è comunque ancora lunga, anche perché la complessità biologica di questa specie presuppone tempi di intervento a medio lungo termine (12-15 anni) prima di poter verificare un suo reale insediamento nell'ambiente naturale.



Bibliografia

- Agradi E., Abrami G., Serrini G., McKenzie D.J., Bolis L., Bronzi P. (1992). *The role of dietary n-3 fatty acid and vitamin E supplements in growth of sturgeon (Acipenser naccarii)*. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 105A No 1: 187-195.
- Arlati G., Belysheva L.A., Kaydanova T.I. (1995). *Karyologic Analysis of Acipenser naccarii (Bonaparte)*. Pro. Intern. Sturg. Symp. VNIRO Publ.: 119-123.
- Arlati G., Bronzi P. (1991). *Sturgeon's rearing in Italy. New prospects for aquaculture*. Atti XLV Convegno S.I.S Vet. Altavilla Milicia, Palermo, 25-28 Sept.: 137-141.
- Arlati G., Poliakova L., Granata A. (1999). *Esperienze di reintroduzione ittiofaunistica dello storione autoctono cobice (Acipenser naccarii) nelle acque lombarde - Anni 1988-1997*. Quaderni E.T.P., Atti VII Convegno A.I.I.A.D., vol. 28: 23-27.
- Arlati G., Bronzi P. (1993). *Sturgeon fish farming in Italy*. Proc. Intern. Sturg. Symp. VNIRO Publ.: 321 - 332.
- Arlati G., Bronzi P., Colombo G., Giovannini G. (1988). *Induzione della riproduzione nello storione italiano (Acipenser naccarii) allevato in cattività*. Riv. Ital. Acquacol. 23: 94-96.
- Bernini F., Nardi P.A. (1989). *Caratteri morfometrici e meristici del genere Acipenser L. (Osteichthyes, Acipenseridae) nel tratto pavese dei fiumi Po e Ticino*. Boll. Mus. reg. Sci. nat. Torino, 7 (2): 321-340.
- Bronzi P., Rosenthal H., Arlati G., Williot P. (1999). *A brief overview on the status and prospects of sturgeon farming in Western and Central Europe*. In: "Proceedings of the 3rd International Symposium on Sturgeon". J. Appl. Ichthyol. 15(4-5): 224-227.
- Cataldi E., McKenzie D.J., Di Marco P., Bronzi P. (1998). *Tecniche di pre-dattamento per la produzione di stadi giovanili di storione italiano (Acipenser naccarii) idonei al ripopolamento ed all'ingrasso in ambienti salmastri*. Biol. Mar. Medit. 5(3): 1169-1179.
- Cataldi E., Ciccotti E., Di Marco P., Di Santo O., Bronzi P., Cataudella S. (1995). *Acclimation trials of the italian sturgeon (Acipenser naccarii Bonaparte) to different salinities: morpho-physiological descriptors*. J. Fish Biol. 46: 609-618.
- Fontana F., Rossi R., Lanfredi M., Arlati G., Bronzi P. (1999). *Cytogenetic characterization of cell lines from three sturgeon species*. Caryologia 50: 91-95.
- Giovannini G., Colombo L., Bronzi P., Arlati G. (1991). *"Growth of hatchery produced juveniles of the Italian Sturgeon, Acipenser naccarii Bonaparte,*



- reared intensively in fresh water". In Acipenser, P. Williot (Ed) Cemagref publ.: 401-404.
- Lanfredi M., Rossi R., Arlati G., Bronzi P., Fontana F. (1999). *Cytogenetic characterization of cell lines from six sturgeon species*. J. Appl. Ichthyol. 15: 282-283.
 - Marturano S., Arlati G., Poliakova L., Fossati L. (1997). *Artificial propagation of the Siberian Sturgeon, Acipenser baerii, at different water temperatures and periods of the year*. 3rd International Symposium on Sturgeon, 8-11 luglio 1997, Piacenza, Italy.
 - McKenzie D.J., Cataldi E., Romano P., Taylor E.W., Cataudella S., Bronzi P. (2000). *Acclimation to brackish water improves tolerance of salinity challenge in young-of-the-year Adriatic sturgeon (Acipenser naccarii)*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1108-1112.
 - McKenzie D.J., Cataldi E., Romano P., Owen S.F., Taylor E.W., Bronzi P. (2000). *Acclimation to brackish water influences growth, respiratory metabolism and exercise performance in young-of-the-year Adriatic sturgeon (Acipenser naccarii)*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 52: 1113-1120.
 - McKenzie D.J., Piraccini G., Steffensen J.F., Bolis C.I., Bronzi P., Taylor E.W. (1995). *Effects of diet on spontaneous locomotor activity and oxygen consumption in Adriatic sturgeon (Acipenser naccarii)*. Fish Physiol. Biochem. vol. 14: 341-355.
 - Randall D.J., McKenzie D.J., Abrami G., Bondiolotti G.P., Natiello F., Bronzi P., Bolis L., Agradi E. (1992). *Effects of diet on responses to hypoxia in sturgeon (Acipenser naccarii)*. J. Exp. Biol. 170: 113 - 125.
 - Rossi R., Grandi G., Trisolini R., Franzoi P., Carrieri A., Dezfuli B.S., Vecchietti E. (1991). *Osservazioni sulla biologia e la pesca dello storione cobice (Acipenser naccarii, Bonaparte) nella parte terminale del fiume Po*. Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano, 1 32, (10): 21-142.

4.7 LE SPECIE EURIALINE

A. Mazzola, G. Marino

L'acquacoltura di specie marine e salmastre viene praticata sulle coste, in stagni e lagune costiere, in aree estauriali ed in baie protette, zone che comprendono ecosistemi tra i più importanti e diversificati. Questi ecosistemi supportano un grande varietà di attività produttive e la maggiore parte delle risorse della pesca. La riduzione delle catture di pesca nelle zone costiere, particolarmente evidente negli ultimi anni, ha dato impulso allo sviluppo di forme di acquacoltura costiera.

La piscicoltura di specie marine e salmastre è la forma di allevamento sulla quale si concentrano, attualmente, le più grandi aspettative. L'incremento del numero delle specie destinabili agli allevamenti, lo sviluppo di sempre nuove tecnologie che ampliano lo scenario delle pratiche colturali, nonché l'ampia gamma di ambienti utilizzabili, siano essi estensivi o intensivi, in aree costiere o in mare aperto, hanno consentito nell'ultimo decennio un progressivo e costante sviluppo delle produzioni di specie ittiche marine e salmastre.

Nell'area del Mediterraneo, le produzioni delle due principali specie allevate, branzino ed orata, sono passate da 4.000 t nel 1989 a 44.000 t nel 1995 e hanno superato le 115.000 t nel 2000. Anche le produzioni nazionali, hanno avuto un trend di crescita simile, passando da 2000 t nel 1989 a oltre 14.600 t nel 2000.

In Italia la moderna piscicoltura marina ha preso avvio dalle esperienze della vallicoltura per la fase di ingrasso del prodotto, e dalla troticoltura per la definizione delle tecniche di riproduzione controllata. Nei primi anni '80, l'affinamento delle tecniche di allevamento e di alimentazione e la messa a punto di tecniche di riproduzione controllata hanno spostato gradatamente l'interesse verso pratiche di allevamento intensivo, sia nell'ambito della vallicoltura, sia al di fuori di essa, con lo sviluppo di impianti costieri sulla terraferma ed in mare.

L'allevamento delle specie ittiche eurialine viene effettuato seguendo sostanzialmente due scelte tecnologiche: l'allevamento estensivo o semintensivo, che impegna gli ambienti a caratteristiche lagunari, e l'allevamento intensivo che si avvale sia di bacini chiusi, collocati in aree costiere, di dimensioni ridotte e ad elevato carico per unità di superficie, sia di gabbie galleggianti poste in mare aperto, più o meno distanti dalla costa.





Attualmente oltre il 90% delle produzioni di specie ittiche marine è allevato in sistemi intensivi, mentre solo 10 anni fa oltre il 50% del prodotto proveniva da allevamenti estensivi.

Tra le innovazioni tecnologiche apportate recentemente va rilevata l'intensificazione produttiva di alcune aree umide costiere (valli, lagune, saline) mediante una ottimizzazione del governo delle acque ed una oculata integrazione alimentare.



Raccolta di cefali ai lavoratori. Foto di M. Lenzi.

Significativo è stato anche lo sviluppo di tecnologie *off-shore* per l'impiego di gabbie galleggianti al largo, che consente di ridurre i conflitti emersi recentemente per l'uso di spazi e risorse nelle aree costiere dove insistono altre attività antropiche.

Un ulteriore sviluppo della piscicoltura marina è legato oggi fortemente alle possibilità di sviluppo di attività di maricoltura in aree costiere. In queste aree, però è necessaria una attenta pianificazione che tenga in considerazione le interazioni tra le componenti sociali, economiche ed ambientali che accompagnano lo sviluppo e che deve essere inserita in piani di gestione integrata della fascia costiera, affinché le risorse ambientali siano efficacemente allocate, i conflitti d'uso ridotti ed i rischi d'impatto sull'ambiente minimizzati. Per promuovere attività d'acquacoltura sostenibile nelle aree costiere sono state individuate come particolarmente rilevanti alcune azioni specifiche quali: lo sviluppo di criteri per la selezione e l'assegnazione dei siti per le



Sistema di gabbie galleggianti per l'allevamento di spigola ed orata in una area costiera.
Foto di M. Lenzi.



Gabbia galleggiante per l'allevamento di spigole ed orate in una zona a ridosso della costa.
Foto di M. Lenzi.

attività di maricoltura; l'applicazione della valutazione d'impatto ambientale per le attività produttive che hanno dimensioni significative; lo sviluppo di sistemi di monitoraggio per la valutazione dei cambiamenti ecologici indotti dalle attività di allevamento; lo sviluppo di linee guida per l'uso di composti





biologicamente attivi e di linee guida per i trasferimenti e le introduzioni volontarie e non di specie; l'adozione di codici di "buone pratiche d'allevamento" per ridurre le esternalità negative sull'ambiente. Anche l'applicazione di incentivi e deterrenti economici è stato proposto come strumento di promozione per lo sviluppo di attività di maricoltura ecocompatibili.

Anche la scelta delle specie da allevare ha la sua importanza. Nel panorama delle specie allevate, infatti, l'interesse dei produttori, per scelta di carattere puramente commerciale determinata dalle abitudini alimentari dei consumatori, si è concentrato prevalentemente su specie ittiche carnivore che necessitano di mangimi con un elevato contenuto di proteine animali, derivanti quasi esclusivamente da farina di pesce. Considerati i fattori di conversione che si ottengono mediamente su un ciclo di allevamento, ne risulta che sono quantitativamente di più le proteine fornite con la farine di pesce di quelle restituite col prodotto. In altre parole, l'allevamento di molte delle specie ittiche allevate, quali spigola o orata, o di nuove specie, quali ricciola e tonno, risulta in una perdita netta di proteine. Ciò rende il processo produttivo sostanzialmente negativo per le risorse marine, e pone quello che oggi viene chiamato il *fish-meal dilemma*.

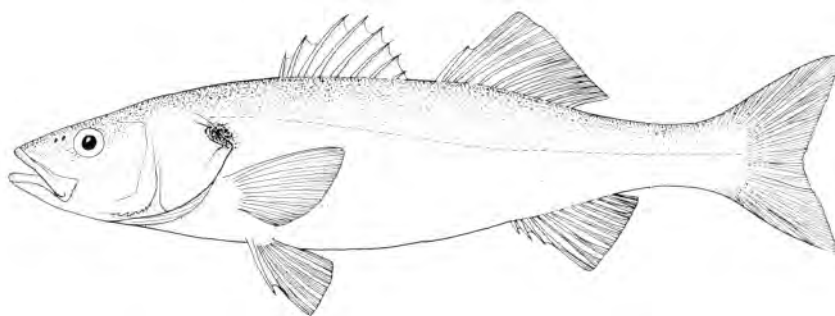
Oggi grande quantità di piccoli pelagici, come sardine e acciughe, sono pescate per produrre farine di pesce e olio di pesce ed il 27% della farina di pesce è utilizzato per la produzione di alimenti ad uso zootecnico. Anche se solo il 15% di questo 27% è utilizzato per produrre alimenti per l'acquacoltura, è necessario considerare che nei mangimi utilizzati per le specie ittiche carnivore sono impiegate quote proteiche che variano dal 40 al 60%, circa 8-10 volte superiori a quelle utilizzate per la produzione di mangimi per polli o suini.

Differenti opzioni sono allo studio per superare questo limite quali: la ricerca di fonti proteiche alternative di origine vegetale, o l'uso di farine proteiche non pregiate e derivanti da risorse considerate di scarto per l'alimentazione umana; la ricerca di specie che utilizzino livelli più bassi della catena trofica in sostituzione delle specie ittiche carnivore comunemente allevate.

Quanto considerato si riflette evidentemente anche sui costi di produzione, e oggi l'alimentazione del pesce in allevamento è la variabile che incide maggiormente sui costi e che condiziona il risultato economico d'impresa. Il costo per l'acquisto di alimenti è stimato pari, se non superiore, al 50% del costo totale di produzione. Si aggiunga a questo il problema della presenza di inquinanti nelle reti trofiche (idrocarburi clorurati persistenti, metalli e altri composti tossici, diossine) ed il conseguente rischio di contaminazione delle farine di pesce. In queste condizioni l'impiego di proteine di origine vegetale costituirà probabilmente una scelta necessaria in futuro per l'acquacoltura marina.

L'incremento delle produzioni di specie ittiche marine nel bacino del Mediterraneo ha comportato una riduzione dei margini di profitto, con conseguente aumento della domanda di innovazione tecnologica e di ricerca avanzata verso nuove specie, al fine di diversificare il prodotto. Alle specie consolidate, spigola ed orata se ne sono gradatamente aggiunte altre che, in misura diversa e secondo le aree geografiche, stanno dominando il panorama produttivo attuale ed altre ancora sono ad uno stadio abbastanza avviato di ricerca e, a breve, potrebbero entrare nel novero delle specie allevate. In questo capitolo ci occuperemo esclusivamente delle specie che, almeno sotto il profilo dell'allevamento, possono essere considerate già consolidate.

4.7.1 Spigola o Branzino



Spigola. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, 1987.

La spigola o branzino, (*Dicentrarchus labrax*) della famiglia dei Moronidi, ha colore grigio-verdastro sul dorso, con qualche possibile punteggiatura nera in fase giovanile e ventre argenteo. Due pinne dorsali ben definite, opercolo con due spine e preopercolo spinoso lungo il bordo inferiore. Squame cicloidiche tra gli occhi e denti aguzzi e sottili. In natura vive in Atlantico, dalle Canarie alla Norvegia, in Mediterraneo e nel Mar Nero. Specie ad elevata eurialinità, dal mare penetra all'interno degli ambienti salmastri e dei fiumi, adattandosi anche ad acque a bassissima salinità. A sessi separati in natura si riproduce nei mesi invernali e può raggiungere fino a 12 kg di peso. Le uova sono pelagiche con diametro di 1,14-1,16 mm e vengono prodotte in misura di circa il 12% del peso corporeo della femmina.

È, insieme all'orata, la prima tra le specie pregiate eurialine che è stata riprodotta in condizioni controllate ed allevata in sistemi intensivi.





Tecniche di allevamento

La gran parte degli avannotti di branzino utilizzati per le semine sono prodotti in moderne avannotterie, che utilizzano tecniche di allevamento larvale intensivo. Le larve vengono allevate in piccoli moduli intensivi, sia a ciclo chiuso che aperto, a densità elevate (30-150 larve/l) ed alimentate con prede vive (*Brachionus plicatilis* ed *Artemia salina*), secondo protocolli di allevamento ed alimentazione che variano in base alle scelte tecnologiche adottate. In alcune avannotterie intensive, le prede vive sono sostituite, fin dai primi stadi larvali, da alimento inerte microincapsulato (250-700 µm) per ridurre i costi di alimentazione e di gestione.

Sono in aumento il numero di avannotterie che utilizzano il metodo semintensivo dei “Grandi Volumi”, messo a punto dal 1997 per l'allevamento larvale della spigola e diffuso oggi in 9 avannotterie in Italia ed in alcuni impianti in Grecia. Questo metodo utilizza grandi ambienti di allevamento (60m³), basse densità larvali e substrati trofici misti costituiti da prede vive provenienti da colture parallele e da zooplancton naturale introdotto dall'esterno e mantenuto in coltura nelle vasche d'allevamento. Il metodo dei Grandi Volumi produce avannotti di spigola già metamorfosati dopo circa 45° giorni di allevamento e con sopravvivenze superiori al 40%. I costi di produzione sono generalmente più bassi di quelli di sistemi intensivi, perché è semplificata la gestione e ridotta la manodopera. La qualità degli avannotti è generalmente superiore a quella di avannotti ottenuti con tecniche intensive, per performance di crescita, assenza di anomalie scheletriche, similitudine di forma con il selvatico e capacità di adattamento ad ambienti estensivi e naturali.

La velocità di accrescimento dei giovanili di spigola varia a secondo della disponibilità naturale di cibo o dalla quota di integrazione, della latitudine dell'allevamento e della densità di semina: generalmente in impianti che utilizzano regimi termici naturali un ciclo di allevamento è caratterizzato dal raggiungimento di una taglia di circa 350 g in 30 mesi nelle valli venete e 24 mesi in Sicilia, con produzioni di 10-20 kg/ha/anno. La disponibilità di acque riscaldate tra l'autunno e la primavera, permette di accelerare la crescita e di anticipare il raggiungimento della taglia commerciale. I giovanili di spigola fanno infatti registrare un buon accrescimento se allevati in condizioni di temperatura favorevole: in intensivo tra 18 e 24°C possono raggiungere 350-500 g nell'arco di 13-17 mesi. La specie tollera anche temperature piuttosto basse (fino a 4°C) e più elevate (fino a 32°C in alcuni stagni del basso Mediterraneo), ma a queste condizioni riduce drasticamente le sue performance di crescita. In alcuni allevamenti, per coprire particolari nicchie

di mercato, si effettuano produzioni di taglie di 600-700 g. Ad eccezione dell'Italia, il branzino viene allevato in tutta Europa ed in particolare nel bacino del Mediterraneo con metodi esclusivamente intensivi, praticati in vasche a terra o in gabbie a mare. In Italia, oltre all'allevamento intensivo, si continua a praticare l'allevamento estensivo o semi estensivo, nelle valli venete, in alcune lagune del Centro Italia, in alcuni stagni sardi e nelle vasche di "fredda" delle saline della Puglia e della Sicilia occidentale. In questi ambienti è praticato un governo delle acque ed i substrati trofici naturali sono generalmente integrati con stagionali e periodiche pasture a base di mangime pellettato.



Lavori di gestione in bacini in terra utilizzati per l'allevamento di orate.
Foto di M. Lenzi.

L'intensivo in vasche viene praticato in bacini di calcestruzzo, profondi 1 m, di dimensioni tra 200 e 3000 m², o rivestiti in telo di PVC, fino a 2000 m². Rare stanno diventando le vasche in terra battuta, residuo dei primi impianti intensivi inseriti in ambiente vallivo e nei sistemi integrati. La possibilità di pulire, anche in automatico, le superfici delle vasche dalle alghe macrofite e dai residui organici costituiti prevalentemente da feci e da mangime inutilizzato, rende possibile forzare le densità di semina fino a raggiungere biomasse finali in allevamento anche dell'ordine di 30 kg/m², fatta salva la garanzia di ricambio dell'acqua (fino a 16, nelle 24 ore) e l'inoculazione di ossigeno liquido. In queste condizioni ed allevata a temperature ottimali, la spigola raggiunge la taglia di 350 g in 8-10 mesi, partendo da seme preallevato di 4-5 cm. Alla fine del 2000 si contavano, solo in Italia, 55 impianti che utilizzano tale tecnologia.





L'allevamento in gabbia è attualmente il sistema più utilizzato per l'acquacoltura della spigola in Mediterraneo, ed in Italia gli impianti attivi sono aumentati da 6 a 40 tra il 1995 ed il 2000. I volumi di allevamento utilizzati nelle gabbie sono generalmente più grandi di quelli degli impianti intensivi a terra, per cui i volumi complessivi utilizzati per la produzione in mare già superavano nel 2000 il 30% del totale degli intensivi. La scelta di utilizzare sistemi di allevamento in mare discende dalla logica per la quale la mancata necessità di pompare acqua consente un risparmio sui costi di gestione, e le favorevoli condizioni ambientali in mare consentono di mantenere densità di allevamento superiori, sino a 40 kg/m³ (in condizioni idrodinamiche particolarmente favorevoli), con un significativo abbattimento dei costi di produzione.

In quasi tutti gli impianti in gabbie, l'allevamento dei giovanili di branzino è preceduto da un periodo di preingrasso degli avannotti (2-3 mesi) praticato in impianti intensivi a terra. Complessivamente la durata dell'allevamento può ridursi di qualche mese rispetto agli intensivi sulla terra ferma, sempre che le condizioni termiche del sito di allevamento siano prossime all'optimum termico per la specie (20-22°C).

La spigola è una specie carnivora e viene allevata con l'uso di mangimi che contengono una elevata quota proteica (45% di proteine e 9-18% di lipidi, I.C. di 1,2-2,7/1) che proviene prevalentemente da farina di pesce. Recenti studi hanno dimostrato che le proteine di origine vegetale possono sostituire fino al 31% delle proteine totali della dieta, senza incidere sulle prestazioni produttive, e consentendo di conseguire un certo risparmio nei costi di alimentazione. Stesso risultato si ottiene utilizzando mangimi a più alto contenuto energetico, nei quali sino al 12% della quota proteica può essere sostituita. L'utilizzo di queste nuove formulazioni ha l'indubbio beneficio di ridurre la quota di composti azotati introdotta e quindi rilasciata nell'ambiente, e di ridurre l'uso di farine di pesce; d'altra parte la composizione delle carni ed in particolare il tenore lipidico nel muscolo risultano spesso modificati, per cui il prodotto a fine ciclo contiene oltre il 4% di lipidi ed è meno apprezzato sul mercato.

Patologie

L'encefalopatia spongiforme da nodavirus, insieme ad alcune malattie batteriche, come la pasteurellosi e la vibriosi, e parassitarie, come la diplectanosi, la odiniasi e la tricotodiniasi, sono le patologie che più incidono sull'allevamento del branzino. La lotta nei confronti di questi agenti patogeni negli impianti intensivi è condotta attraverso l'applicazione di misure igieniche



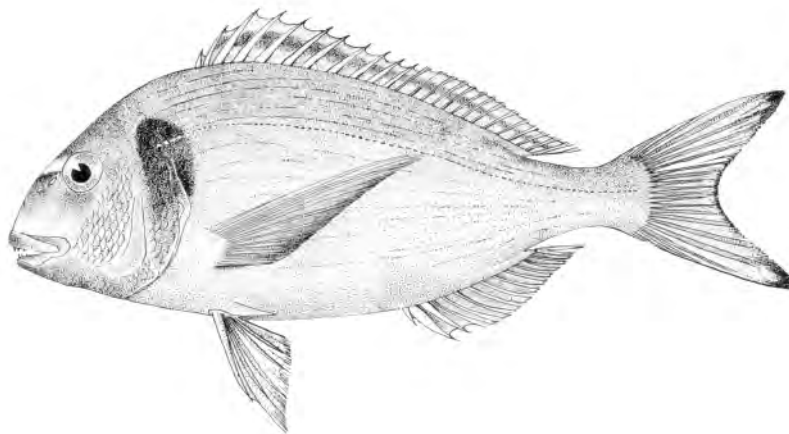
sempre più rigorose, ricercando metodi d'allevamento in grado di soddisfare le esigenze del pesce e favorire uno stato di "benessere", ed inevitabilmente, utilizzando chemioterapici e disinfettanti nei casi di malattia conclamata. La vaccinazione, unico metodo efficace ed "ecologico" per la prevenzione ed il controllo di tali patologie, è poco praticata per la mancanza di vaccini registrati in commercio. L'unico vaccino registrato in Italia ed utilizzato nella spigola è un vaccino inattivato contro il *Vibrio anguillarum*, somministrabile per bagno ad avannotti di 2-5 g e largamente utilizzato nelle avannotterie. La protezione che questo vaccino conferisce non è superiore ai 6 mesi, per cui nelle successive fasi di allevamento si osservano frequentemente episodi di vibriosi in seguito a manipolazioni, selezioni o a condizioni ambientali e gestionali non adeguate. Finalmente è in fase di registrazione, anche in Italia, un vaccino che contiene frazioni antigeniche del patogeno e può essere facilmente somministrato *per os*, conferendo protezione ad individui di circa un 1 anno d'età. Non è registrato in Italia, invece, il vaccino attenuato contro il *Photobacterium damsela*, agente della pasteurellosi, già disponibile in commercio, e tempi lunghi sono previsti per gli altri vaccini attenuati, ancora in fase di sperimentazione. Non esistono vaccini in commercio nei confronti della nodaviosi e delle altre malattie parassitarie segnalate, sebbene alcuni risultati interessanti siano stati ottenuti recentemente da alcuni Istituti Zooprofilattici, grazie a finanziamenti nazionali (MiPAF).

Produzioni e Mercato

La produzione di spigola nei Paesi del Mediterraneo ha fatto registrare un incremento del 23% negli ultimi 10 anni, passando dalle 40.000 a 48.000 t dal 1999 al 2000. La spigola viene allevata prevalentemente in Francia, Italia e Spagna ma il mercato principale resta l'Italia. Le quote di produzione in Italia, nell'anno 2000, hanno superato le 7.200 t (di cui circa il 10% in estensivo). L'approvvigionamento di giovanili avviene esclusivamente dalle avannotterie, (oltre 180 milioni di soggetti nel bacino mediterraneo nel 2000). Le produzioni italiane hanno superato i 94 milioni di avannotti nel 1999, e oltre a coprire il fabbisogno interno, forniscono diversi impianti del Mediterraneo. Lo sviluppo delle produzioni intensive in gabbia e la concorrenza del prodotto di importazione, hanno provocato negli ultimi anni, una graduale riduzione dei prezzi di vendita (tra il 1998 e il 1999 si è passati da 8,26 euro/kg a 6,71 euro/kg, ed il *trend* tende al ribasso, come dimostrano i recenti prezzi che non raggiungono in alcuni periodi i 4,39 euro/kg sui mercati nazionali, ed in media i 4,70 euro/kg sui mercati europei).



4.7.2 Orata



Orata. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, 1987.

L'orata, (*Sparus aurata*) della famiglia degli Sparidi, ha corpo arrotondato con peduncolo caudale sottile, dorso grigio-azzurro con fianchi argentati percorsi da linee longitudinali grigiastre, e presenta una fascia nera ed una dorata tra gli occhi. L'opercolo branchiale ha il margine rossastro, sfumature azzurrognole sulla dorsale e grigio-verdastre sulla caudale. Vive lungo le coste dell'Atlantico, dal Senegal all'Inghilterra, presso tutte le coste del Mediterraneo e del Mar Nero ad una profondità tra 10 e 30 m. È una specie meno eurialina della spigola, pur penetrando nelle lagune costiere in estate. Si ciba di molluschi e di altri organismi bentonici. Può raggiungere i 70 cm di lunghezza. È una specie ermafrodita proterandra ed alle nostre latitudini si riproduce tra ottobre e dicembre. L'ovario matura gradatamente e la deposizione delle uova è asincrona lungo un arco temporale, che dura 3 mesi, più ampio rispetto alla spigola. L'uovo è pelagico con un diametro di circa 1 mm.

Tecniche di allevamento

Nelle avannotterie, i riproduttori vengono generalmente condizionati con regime di foto e termoperiodo per poter disporre di gameti maturi per un maggior numero di mesi all'anno. Per l'allevamento larvale sono utilizzati sistemi chiusi (vasche di 1-5 m³; 100 larve/l) o aperti (vasche di 5-30 m³; <50 larve/l), preferibilmente sotto un regime di luce continuo (330-600 lux) che migliora la crescita e la sopravvivenza. L'uso di metodi semintensivi, come quello dei Grandi Volumi, ha dato risultati interessanti, con la produzione di avannotti che presentano un numero ridotto di anomalie opercolari e



scheletriche (in particolare nella regione caudale) e sopravvivenze finali, a 45 gg dall'uovo, superiori al 35%.

L'orata, per la sua elevata capacità di adattarsi ad ambienti diversi e sfruttare la produttività degli ecosistemi naturali (nelle valli venete preda ben 27 specie bentoniche), viene ancora oggi allevata in monoculture estensive e semiestensive in alcuni ambienti umidi costieri, gli stessi già citati per la spigola. Dalla semina per montata naturale si è passati all'introduzione di avannotti pescati e trasportati e successivamente all'"impesciamento" dei bacini e quindi al seme proveniente dalle avannotterie, che a partire dalla metà degli anni '90 producono seme di buona qualità, utilizzabile anche per l'allevamento semintensivo. Le rese in semintensivo possono oscillare da 15-30 kg/ha/anno, con il raggiungimento della taglia commerciale (300-350 g) in 12-24 mesi, a secondo dell'area di riferimento, del seme utilizzato, della capacità trofica del sito e della densità di semina.



Semina di novellame in una vasca di allevamento. Foto di G. Marino.

L'allevamento intensivo rappresenta oggi la tecnologia produttiva più utilizzata per questa specie, sia in Mediterraneo che in Italia, con circa l'80% della produzione totale ottenuto in vasche a terra ma soprattutto in gabbie a mare. All'orata possono essere applicate tutte le tecnologie di allevamento intensivo brevemente riportate per il branzino. Sia nelle vasche impermeabilizzate con calcestruzzo o con teli di PVC, sia nelle gabbie a mare, quando le condizioni dell'allevamento si mantengono ottimali sotto il profilo termico e della qualità delle acque, l'orata fa registrare tempi di accrescimento di un paio di mesi inferiori rispetto al branzino, a parità di densità della biomassa allevata.



L'orata allevata alle temperature ottimali (18-26°C) raggiunge i 400 g in 10-12 mesi, ma si adatta bene anche a temperature fino a 32-34°C, mentre tollera poco le basse temperature e non resiste a temperature inferiori di 4°C. Negli impianti continentali, se la temperatura è mantenuta costante durante i mesi invernali (20°C) riesce a raggiungere la taglia commerciale nello stesso anno di semina.

Gli incrementi ponderali registrati in intensivo non sono dissimili da quelli già citati per l'estensivo, utilizzando alimento pellettato al 40% di proteine animali sostituibili fino al 10-20% con farine di origine vegetale.

Patologie

Lo sviluppo degli allevamenti di orata ha messo in evidenza una situazione sanitaria sempre più complessa e diversificata, che ha imposto alle aziende delle scelte gestionali orientate ad una maggiore cura delle condizioni igienico-sanitarie ed alla qualità degli ambienti di allevamento. Le patologie ad eziologia nota sono in aumento, e sono rappresentate dalla pasteurellosi, dalla vibriosi e dalla *winter disease* per quanto concerne le malattie ad eziologia batterica e/o multifattoriali, e da malattie parassitarie quale l'odiniasi e la tricotiniasi, che colpiscono soprattutto l'orata in fase giovanile. Si è osservata negli ultimi anni una recrudescenza di forme di linfocisti, patologia ad eziologia virale a decorso subacuto o cronico, che viene generalmente introdotta negli allevamenti con il novellame infetto.

Produzioni e mercato

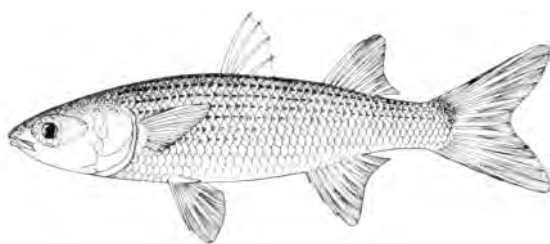
L'orata è la specie più allevata in Mediterraneo con una crescita negli ultimi 10 anni del 27%. Le produzioni europee hanno raggiunto le 60.000 t nel 2000, con la Grecia maggior produttore, seguita da Spagna, Italia e Turchia. In Italia nell'anno 2000 sono state prodotte 6.200 t, di cui circa 900 in estensivo.

Nonostante le difficoltà di mercato e le emergenze causate da patologie di recente comparsa, le produzioni nazionali evidenziano uno sviluppo importante, ascrivibile ad un'accresciuta competitività aziendale ed alla qualità delle produzioni. La Toscana, la Puglia e la Sicilia sono le regioni dove si registrano le maggiori produzioni. L'approvvigionamento di giovanili (da avannotteria e da pesca in natura), insufficiente per il fabbisogno nazionale fino al 1993, ha superato i 54 milioni nel 2000, coprendo il fabbisogno degli allevamenti nazionali, con quote variabili di esportazione.

L'orata spuntava sino al 1998 buoni prezzi di mercato, soprattutto in Italia

che è il mercato di riferimento anche per gli altri Paesi produttori. Lo sviluppo delle produzioni nazionali e l'incremento delle importazioni, hanno provocato, negli ultimi 3 anni, un crollo dei prezzi che si sono ridotti drasticamente, raggiungendo minimi di 6,70 euro/kg (pezzature di 350 g), per il prodotto nazionale sul mercato italiano, ed i 5,50 euro/kg per le orate provenienti dall'estero, lo stesso prezzo registrato sui mercati europei.

4.7.3 Cefali



Cefalo. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, 1987.

I cefali, della famiglia dei Mugilidi, hanno corpo allungato e cilindrico con testa appiattita ventralmente e bocca piccola, 2 pinne dorsali corte e pettorali alte con squame ascellari. Sono specie ittiche eurialine distribuite lungo la fascia costiera delle regioni calde e temperate ed effettuano continui spostamenti tra le acque marine e continentali in virtù di esigenze trofiche e riproduttive. Con preferenze trofiche detritivore si nutrono di materiale organico particellato nonché di piccoli invertebrati planctonici e bentonici. Lungo le nostre coste vivono 6 specie di cefali di cui una (*Oedalechilus labeo*) esclusivamente marina. La distinzione sistematica tra le specie viene effettuata sulla base di alcune caratteristiche morfologiche esterne oltre che dal numero dei cechi pilorici. Vengono di seguito riportate le caratteristiche principali delle 5 specie utilizzate nelle acquaculture nazionali.

Mugil cephalus ("volpina"), occhio ricoperto da palpebra adiposa presenta 2 soli cechi pilorici. È il cefalo più grosso presente in Mediterraneo (fino a 70 cm e 9 kg di peso), vive in tutti i mari caldi ed è estremamente eurialino ed euritermo. Lungo le nostre coste si riproduce all'inizio dell'estate e il novellame ("meciatto") viene catturato in autunno.

Chelon labrosus ("bosega"), colorazione striata scura, labbro superiore con evidenti papille di natura cornea e verruche, 6 cechi pilorici. Raggiunge 60 cm e 3 kg di peso, oltre che in Mediterraneo è distribuito lungo le coste atlantiche orientali dell'emisfero settentrionale. Lungo le nostre coste si riproduce





in inverno e il novellame compare a primavera inoltrata.

Liza ramada ("botolo"), squame piccole presenti sul muso tra le narici e la pinna pettorale piegata in avanti non raggiunge l'occhio, 7-8 appendici piloriche raggruppate. Vive in Mediterraneo, dalle coste atlantiche marocchine fino a quelle dell'Inghilterra e generalmente non supera i 60 cm e 2,5 kg di peso. È molto eurialina e si adatta bene alle acque dolci. Il periodo riproduttivo è autunnale e il novellame inizia la rimonta alla fine dell'inverno.

Liza saliens ("verzellata"), spazio tra le narici coperto da piccole squame, mancano denti visibili sul labbro superiore. Cechi pilorici di differente lunghezza in due gruppi. Specie fortemente eurialina e euriterma è distribuita in tutto il Mediterraneo e lungo le coste Atlantiche dal Marocco all'Inghilterra; raggiunge 35 cm e 350 g e si riproduce in mare nei mesi estivi con il novellame che rimonta nel tardo autunno.

Liza aurata ("lotregano"), spazio tra le narici nudo, fila di piccoli denti sul labbro superiore e 8 cechi pilorici crescenti. È distribuita in tutto il Mediterraneo e lungo le coste Atlantiche dal Marocco all'Inghilterra. Raggiunge 45 cm di lunghezza, si riproduce all'inizio dell'inverno e comincia la rimonta a fine febbraio.

Tutti i mugilidi sono provvisti di un complesso filtro faringo-branchiale che consente loro di alimentarsi di una elevata varietà di microorganismi, di particolato organico ed inorganico ma anche di piccoli invertebrati, conferendo a questo gruppo un ruolo ecologico importantissimo negli ecosistemi acquatici costieri. La caratteristica plasticità trofica permette ai mugilidi di usare risorse trofiche distribuite anche in microhabitat diversi (fondo, superficie, vegetazione, fango), sfruttando reti trofiche non utilizzate da altri colonizzatori dello stesso ambiente.

Conosciuti ed utilizzati nell'acquacoltura di tutto il mondo sin dall'antichità (delle 64 specie esistenti circa 20 vengono allevate) i Mugilidi non hanno ricevuto in Mediterraneo l'attenzione che avrebbero meritato, per il ruolo importante che possono giocare nella moderna piscicoltura salmastra per l'estrema adattabilità alle variazioni ambientali e la buona adattabilità alle policolture estensive, anche in virtù della versatilità e della complementarietà tra le abitudini alimentari delle varie specie e per la qualità delle carni. Le attuali esigenze di diversificazione produttiva, di utilizzo di specie non strettamente carnivore e di uso integrato di ambienti e risorse nelle aree costiere, rilanciano oggi la piscicoltura dei mugilidi nel loro complesso, per le loro peculiarità ecologiche, le specializzazioni e le possibili associazioni tra le specie e l'ambiente.

Tecniche di allevamento

Per l'allevamento si utilizza principalmente novellame raccolto in natura. Le tecniche di riproduzione controllata e di allevamento larvale hanno raggiunto un discreto grado di messa a punto, ma non sono sfruttate al livello produttivo; solo recentemente i divieti comunitari, la riduzione dei "pescenovelanti" e delle catture, hanno rilanciato nelle avannotterie la ricerca di tecniche di riproduzione per queste specie. *M. cephalus* e *C. labrosus* sono le specie sulle quali si è concentrata maggiormente l'interesse dell'acquacoltura. Sul cefalo sono state effettuate prove di riproduzione e sono stati raggiunti risultati incoraggianti nella messa a punto delle tecniche di stimolazione ormonale per ottenere uova, e nelle tecniche semintensive per le prime fasi di allevamento larvale. Per la bosega, le prove di riproduzione hanno dato risultati modesti, come quantità e la qualità delle uova deposte, come pure modesti sono stati i risultati delle prime esperienze di allevamento larvale. Per le caratteristiche trofiche ed ecologiche delle larve, la tecnica semintensiva dei grandi volumi rappresenta il metodo d'allevamento larvale con le prospettive più promettenti.

L'allevamento dei Mugilidi è oggi condotto in condizioni estensive in aree costiere ricche di sbocchi fluviali. In Italia, gli ambienti vallivi e le lagune hanno da sempre riservato ai cefali un ruolo importante pur considerandoli specie di secondario interesse rispetto a spigola ed orata. Le produzioni variano da 10 a 150 kg/ha/anno a seconda dell'area utilizzata, del clima e della tecnologia impiegata, partendo da semine di 1.000-4.000 giovanili per ettaro, con rese del 10% in 3-5 anni. Generalmente non si pratica alcun intervento di coltivazione, limitandosi, quando necessario, ad una gestione idrica dei bacini. In passato per ripopolare la valle o la laguna si sfruttava solo l'effetto di "montata", ma il degrado delle acque costiere, la necessità di aumentare le rese produttive e l'applicazione di pratiche semintensive anche per i cefali ha aumentato il fabbisogno di novellame e, pertanto, si è passati alla raccolta del seme lungo le coste per la semina in stagni e valli. I giovanili tendono a concentrarsi negli ambienti costieri di bassofondo o a migrare all'interno delle acque continentali, secondo calendari stagionali dipendenti dai periodi riproduttivi delle varie specie, e diventano facile preda per i pescatori di novellame che si spostano lungo le coste, praticando una pesca a vista con attrezzi manovrati a mano (tratta, sciabica). I giovanili catturati vengono mantenuti in ambiente ossigenato e con automezzi attrezzati trasportati nelle aree di semina. Le specie più ricercate sono la bosega nel mese di maggio e la volpina in autunno.

L'allevamento intensivo dei mugilidi è poco praticato essendo scarsamente





remunerativo per l'alta incidenza del costo dei mangimi. In alcune piscicoltura l'alimento secco viene utilizzato per lo sverno o per il preingrasso di giovanili, prima di impiegarli come prodotto da semina negli estensivi. In alcuni impianti intensivi i cefali vengono allevati nei bacini di lagunaggio ed utilizzati per il parziale recupero della sostanza organica e l'abbattimento del materiale in sospensione nei reflui. Gli accrescimenti dei cefali allevati in tali condizioni sono superiori a quelli ottenuti utilizzando i mangimi artificiali. I cefali si prestano anche ad essere allevati in impianti integrati e in semintensivo all'interno di sistemi di policoltura (poco diffusi in mediterraneo) o associati ad altre specie, sia come secondari che dominanti.



Foto 6 - Vasche di allevamento per spigola e orata e bacini di lagunaggio dove i cefali vengono allevati come specie accessorie. Foto di M. Lenzi.

Patologie

Generalmente i cefali mostrano un'ampia tolleranza alle malattie, ma una relativa sensibilità alle manipolazioni. Anche se non sono mai stati effettuati approfonditi studi sulle patologie di queste specie, è verosimile che i cefali in condizioni di allevamento intensivo presentino patologie del tutto simili ad altre specie eurialine. Quando allevate in acque dolci sono spesso parassitate da copepodi, quali *Lernaea sp.*, o da protozoi come *Ichthyophthirius multifiliis*, o da forme fungine (*Saprolegnia*). Sono diffuse anche ectoparassitosi da *Argulus sp.*, *Ergenstrema mugilis* o forme da *Myxosporidi* nelle branchie.

Recentemente sono stati segnalati, sia su cefali selvatici che allevati, episodi di pasteurellosi da *Photobacterium damsela*.

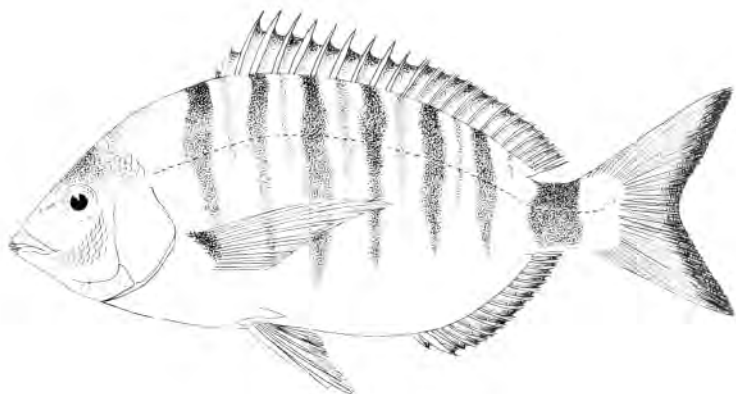
Produzioni e mercato

Il Paese mediterraneo che ha fatto registrare i maggiori incrementi produttivi è stato l'Egitto con quote di crescita di circa il 30% l'anno, negli ultimi 4 anni. Le produzioni italiane sono stabili negli ultimi 5 anni su valori di 3.000 t, tutti da produzione estensive e semintensive. Il principale inconveniente per la commercializzazione dei Mugilidi è la difficoltà di distinguere il prodotto allevato (di valle o di impianto) da quello pescato in mare, che può avere caratteristiche organolettiche non eccezionali perché assume l'odore e il sapore del substrato dove il pesce ha pascolato. L'accortezza di catturare i cefali "a stomaco vuoto" o in periodi di pascolo ridotto (inverno), ed una corretta informazione al consumatore circa l'origine del prodotto, possono facilmente dare ai cefali un valore commerciale non molto al di sotto l'attuale valore di spigola ed orata. I mercati, inoltre, risentono di una diversificazione regionale molto accentuata, che attribuisce differenti gradi di qualità e di valore commerciale alle cinque specie, in relazione alle differenti tradizioni e culture. Il controllo dell'origine può collocare alcune specie di Mugilidi come la bosega o la volpina (di quella tale valle o di salina), ma anche il lotregano, tra i prodotti di prima qualità su alcuni mercati nazionali. Interessanti potenzialità sono offerte dal mercato del prodotto salato e affumicato, molto apprezzato in alcuni paesi europei e in paesi del medio oriente, ed in particolare dalla bottarga salata, apprezzata anche sul mercato nazionale.





4.7.4 Sarago



Sarago. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, 1987.

Il sarago pizzuto, (*Diplodus puntazzo*) della famiglia degli Sparidi, ha un colore grigio-argenteo con 7-10 fasce verticali nere ed una macchia nera, non sempre estesa inferiormente, sita sul peduncolo codale. Le pinne sono grigie e quelle impari sono orlate di nero. Il profilo del capo presenta una concavità antero-superiore e termina con un muso piuttosto lungo ed acuto; bocca molto piccola con 8 denti incisiviformi su ciascuna mascella. La lunghezza massima è di 40 cm ed il peso di 2 kg. È diffuso in tutto il Mediterraneo, Mar Nero, Atlantico, dal Golfo di Guascogna al sud Africa. È una specie eurialina ed ermafrodita proterandra, che si riproduce tra settembre ed ottobre. Le uova sono pelagiche con un diametro di circa 0,8 mm.

Negli ultimi anni, l'acquacoltura ha mostrato un grande interesse per i saraghi puntando, oltre che su questa specie, anche su *D. sargus* e *D. annularis*. Le scarse performance di crescita fatte registrare da queste ultime specie, hanno fatto desistere molti dal continuare ad utilizzarli, se non per qualche forma di estensivo. Su *D. puntazzo* invece si è investito sotto il profilo della ricerca scientifica, con studi volti a migliorare le conoscenze sulla biologia riproduttiva e le tecnologie di riproduzione ed allevamento.

Tecniche di allevamento

Sono state messe a punto tecniche per la riproduzione controllata per tutte e tre le specie, utilizzando anche sistemi di condizionamento dei riproduttori per disporre di gameti in un periodo più ampio. Oggi, tuttavia, la maggior parte delle avannotterie in Mediterraneo (soprattutto italiane, greche e spagnole) allevano quasi esclusivamente il sarago pizzuto. Il metodo di alle-



vamento larvale più praticato nelle avannotterie è l'intensivo chiuso (vasche di 1-3m³; densità 80 larve/l), anche se le prime prove condotte sia in Grecia che in Italia con il metodo semintensivo dei Grandi Volumi hanno dato interessanti risultati.

Tutte e tre le specie di saraghi vengono impiegate negli estensivi mediterranei, ma il pizzuto è quello più utilizzato. Il suo trofismo onnivoro e la spiccata l'eurialinità gli consentono di adattarsi alle diverse condizioni ambientali e trofiche della maggior parte degli stagni costieri e delle lagune del basso Mediterraneo. È frequente il suo utilizzo anche nelle policolture semiestensive di alcune vasche "fredde" di salina, dove si adatta bene se associato alla spigola.

Il sarago pizzuto viene allevato, in piccole quantità, anche in intensivo da alcune aziende che producono prevalentemente spigola e/o orata ed utilizzano il sarago come produzione accessoria. L'allevamento è condotto in vasche a terra, generalmente in associazione con l'orata o altre specie di saraghi, con densità finali che non superano i 7-10 kg/m³. La policoltura intensiva, offre alcuni vantaggi, legati alle diverse caratteristiche ecologiche, trofiche e comportamentali delle diverse specie di saraghi ed al diverso comportamento alimentare rispetto all'orata. L'allevamento in policoltura a basse densità può risolvere anche i problemi di territorialità inter o intra-specifica, permettendo di ottenere un prodotto relativamente omogeneo per classi di taglia ed evitando di operare selezioni prima della raccolta.

In policoltura o in associazione con l'orata, è praticato anche l'allevamento in gabbie galleggianti, dove il sarago, allevato a densità fino a 25 kg/m³, fa registrare le migliori performance di crescita. Sono utilizzati mangimi pellettati con farine animali al 40-45% di proteine e 20% di lipidi, le prime sostituibili fino al 10-20% con farine d'origine vegetale. Le performance del sarago non sono eccezionali se paragonate all'orata: le migliori rese si ottengono in gabbia (300-350 g in 7-10 mesi di allevamento). Il sarago pizzuto ha una temperatura di allevamento ottimale intorno ai 19-20°C: a temperature più elevate si riduce il tasso di ingestione dell'alimento ed aumenta il dispendio energetico.



Giovanili di pagro (*Pagrus pagrus*) in una gabbia galleggiante sperimentale. La disponibilità di avannotti riprodotti artificialmente apre nuove prospettive anche per questa nuova specie, molto apprezzata sui mercati. Sono in fase di sperimentazione metodi di allevamento in gabbia e vasca per superare i problemi di alterazione della livrea che si riscontrano frequentemente al momento della cattura. Foto di G. Marino.

Patologie

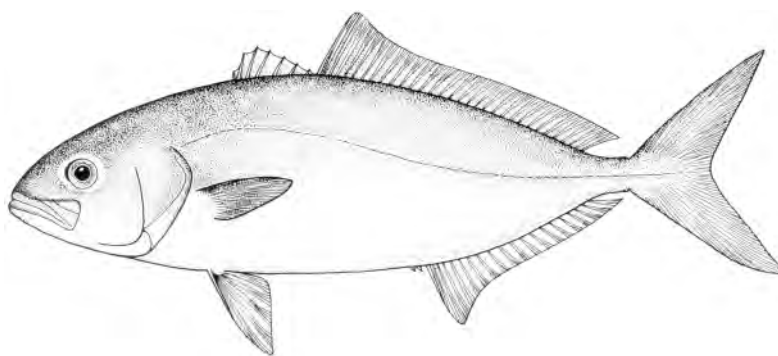
Le patologie dei saraghi in allevamento non si discostano da quelle di altre specie eurialine allevate. In particolare è da segnalare una ricorrente presenza del mixosporidio *Myxidium lee* che colpisce prevalentemente animali di 30-60 g. Altre patologie ad eziologia nota sono rappresentate da pasteurellosi e da vibriosi. Controlli di qualità su larve e giovanili riprodotti con tecniche intensive di allevamento larvale, hanno evidenziato la presenza di importanti variazioni dei caratteri meristici ed anomalie scheletriche, imputabili ad una particolare sensibilità a fattori ambientali non favorevoli, a carenze nella dieta e ad infezioni.

Produzioni e mercato

Da un punto di vista commerciale questa specie è conosciuta ed apprezzata in molti mercati mediterranei: in Italia, su mercati di nicchia, eguaglia i prezzi di specie più consolidate come spigola ed orata. Le produzioni da avannotteria sono quasi esclusivamente rappresentate da giovanili di pizzuto, prodotti in Sicilia (5 milioni di avannotti nel 1999) mentre le produzioni di altri

saraghi sono limitate in tutto il Mediterraneo. Gli allevatori considerano il sarago pizzuto, nonostante le performance di crescita non brillanti, una tra le specie accessoria più interessanti per diversificare l'offerta aziendale. In Italia le produzioni sono dell'ordine di 400 t nel 2000: la Puglia e la Sicilia sono le regioni dove si registrano le quote maggiori.

4.7.5 Ricciola



Ricciola. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, 1987.

La ricciola, (*Seriola dumerili*) della famiglia dei Carangidi, ha corpo allungato fusiforme compresso lateralmente, occhio piccolo e circolare, bocca ampia con mascella superiore slargata, denti piccoli disposti a fascia in ambedue le mascelle. Prima pinna dorsale bassa e corta con raggi spinosi, la seconda lunga a raggi molli e profilo falciforme. Anale lunga preceduta da due spine visibili e caudale robusta e profondamente forcuta. Gli esemplari giovani (3-10 cm) hanno un aspetto completamente diverso dall'adulto e presentano una colorazione giallo limone che cambia durante la fase giovanile, virando su tonalità grigio azzurro sul dorso, fianchi chiari e addome argenteo.

Specie cosmopolita, epibentonica e pelagica di piattaforma, assente in Mar Nero e nelle aree ad elevato *upwelling*, nel Mediterraneo vive tra 20 m (giovanili) e 70 m (adulti) di profondità. È carnivora e predatrice: in fase giovanile preferisce predare organismi bentonici, quali alghe e policheti, mentre in fase adulta preferisce specie pelagiche, soprattutto clupeidi, in particolare nel periodo riproduttivo.

È una specie gonocorica, raggiunge la prima maturità sessuale a 8-10 kg (IV-V anno di vita) e in Mediterraneo si riproduce nelle acque superficiali dalla fine di maggio alla metà di luglio. La maturazione ovarica e l'emissione dei





gameti è sincrona a gruppi. L'uovo è pelagico con un diametro di 1,12 mm. Specie di interessante prioritario per l'acquacoltura mediterranea, per l'alto valore commerciale, il rapido accrescimento e l'adattabilità agli ambienti confinati.

Tecniche di allevamento

La riproduzione controllata può ancora considerarsi solo nella fase sperimentale, e la disponibilità di avannotti rappresenta il maggiore limite all'allevamento di queste specie. La cattura di esemplari adulti per la costituzione di parchi riproduttori è complessa, per la scarsa reperibilità della specie in mare e la presenza di aree limitate di pesca. La ricciola si offre alla cattura solo durante il periodo riproduttivo, quando compie migrazioni avvicinandosi alla costa o frequentando secche al largo. Durante tale periodo la ricciola viene catturata con reti di circuizione da imbarcazioni professionali, sfruttando il comportamento gregario tipico della specie. Recenti esperienze hanno messo a punto metodi per il trasporto dei riproduttori, la gestione in ambiente confinato, vasca o gabbia, le tecniche per la cattura e il trasporto dei giovanili (50-150 g).

Sono stati anche sperimentati con successo protocolli ormonali per l'ottenimento di gameti e tecniche semintensive di allevamento larvale in grandi volumi, ottenendo per la prima volta in Mediterraneo avannotti riprodotti artificialmente.

Il limite rappresentato dall'attuale reclutamento in natura, potrebbe venire parzialmente superato con un adeguato controllo della pressione di pesca sportiva, che ha un'incidenza notevole sulla mortalità dei giovanili di questa specie, in particolare in alcune aree del basso Tirreno.



Esemplari di ricciola selvatici, catturati allo stadio giovanili e allevati come riproduttori presso una avannotteria. Foto di G. Marino.



Le esperienze sinora effettuate hanno messo in evidenza il buon adattamento della ricciola alla segregazione ed all'allevamento intensivo, sia in vasche che in gabbie galleggianti e sommerse. Da un recente confronto sulle tecnologie d'allevamento, emerge che in gabbia si possono ottenere incrementi ponderali più elevati e tempi di allevamento ridotti rispetto alle vasche in terra, e tra le diverse tipologie di gabbie, quelle sommerse sono da preferire. L'accrescimento ponderale è estremamente rapido, sia in ambiente naturale sia in cattività. Giovanili selvatici di circa 60-70 g allevati in gabbie galleggianti raggiungono i 900 g di peso dopo circa 5 mesi di allevamento e superano i 1.200 g dopo un anno. In gabbie galleggianti, a densità inferiori a 10 kg/m³ ed in condizioni favorevoli di temperatura, la ricciola ha fatto registrare incrementi ponderali fino ad 1.100 g in 4 mesi (agosto-dicembre). Per l'alimentazione di *S. dumerili* sono utilizzate diete fresche, soprattutto a base di pesce azzurro o scarti della pesca, integrate con un alimento secco, generalmente estruso. La mancanza sul mercato di un mangime specifico, sia per composizione che per caratteristiche fisiche (le ricciole preferiscono pellettati di consistenza "soffice"), fa sì che le performance di crescita che si ottengono con la dieta fresca siano ancora superiori a quelle ottenibili con l'uso di alimento secco.

La provenienza naturale del seme assicura, in questo momento, all'allevatore un prodotto da ingrassare di buona qualità e la breve durata del periodo dell'allevamento, la dimensione degli impianti e l'uso di diete fresche rendono l'allevamento della ricciola particolarmente conveniente. In un prossimo futuro è facile prevedere che quando saranno disponibili avannotti prodotti artificialmente, l'allevamento di questa specie si diffonderà nel bacino mediterraneo, e subirà via via il processo di intensificazione che hanno subito le altre produzioni di specie ittiche marine. Sarà allora necessario disporre già di alcuni elementi tecnici e conoscitivi, quali: tecniche di allevamento larvale per la produzione di avannotti di qualità, tecnologie adeguate per l'allevamento in mare aperto ed in siti ad elevato idrodinamismo, mangimi specifici in sostituzione di diete a base di pesce fresco e formulati utilizzando anche fonti proteiche alternative alle farine di pesce, perché l'allevamento di questa specie avvenga secondo principi di responsabilità e di qualità.

Patologie

La ricciola è una specie molto rustica che ben si adatta alle condizioni di cattività, ma soffre manipolazioni e condizioni ambientali non ottimali.

La ricciola, come d'altra parte la congenere *Seriola quinqueradiata* è anche

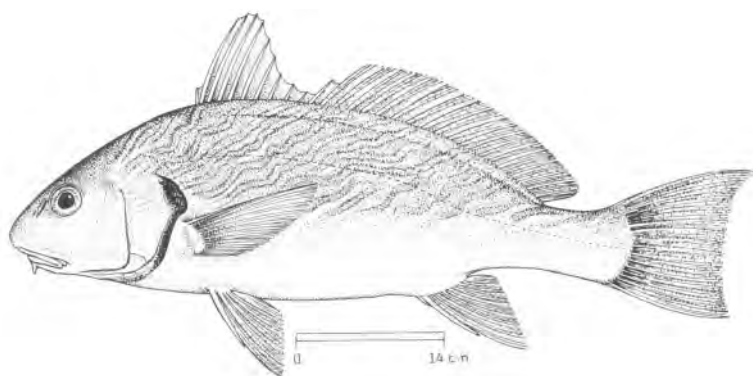


molto sensibile a diversi agenti batterici, quali il *Vibrio anguillarum* ed il *Photobacterium damsela*. Sono segnalate sporadiche mortalità in allevamento su esemplari di classe 0+, in particolare per infestazioni da Clamidia-like, Sanguinicolidae, da *Amilodinium ocellatum* e *Criptocaryon irritans*, anche in fase larvale e con elevate mortalità.

Produzioni e mercato

L'elevato pregio commerciale, e le limitate quantità immesse sul mercato, fanno della ricciola un prodotto di nicchia molto apprezzato, soprattutto in Italia e in Spagna. Il prodotto d'acquacoltura spunta prezzi simili al pescato. Inoltre, la commercializzazione avviene generalmente in un momento di mercato piuttosto favorevole, perché la rapida crescita consente la concentrazione dell'allevamento nel periodo agosto-dicembre o nel periodo estivo. L'allevamento della ricciola apre nuove possibilità per gli operatori che non dispongono di capitali da investire e non possono sostenere i costi di lunghi ammortamento. L'allevamento in mare può anche rappresentare un utile strumento di integrazione del reddito per le comunità della pesca artigianale e in qualche caso anche un'eventuale prospettiva di riconversione professionale.

4.7.6 Ombrina



Ombrina. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, 1987.

L'ombrina (*Umbrina cirrosa*) della famiglia degli Sciaenidi, ha colore grigio argento con strisce oblique-sinuose dorate, orlate di azzurro o di violaceo, margine nero sull'opercolo. Muso prominente e mandibola con barbiglio,



codale convessa. Può raggiungere anche 1 m di lunghezza ed un peso di oltre 10 kg. È presente in tutto il Mediterraneo, nel Mar Nero e lungo le coste atlantiche dal Senegal al Golfo di Guascogna, vive su fondali sabbiosi e penetra nelle lagune costiere in quanto specie fortemente eurialina. Il periodo riproduttivo è primaverile-estivo (maggio-agosto). La prima maturità sessuale è raggiunta ad una lunghezza totale di 37 cm. La maturazione dell'ovario e la deposizione delle uova è sincrona a gruppi. L'uovo è pelagico e relativamente piccolo (circa 0,8 mm).

Nonostante sia stata messa a punto la riproduzione controllata e si possa contare su un buon numero di esperienze di allevamento, che hanno messo in luce la buona adattabilità della specie alla segregazione ed alle manipolazioni, l'ombrina non può ancora essere considerata "specie consolidata" per l'acquacoltura mediterranea. Per questi motivi ci sembra utile fornire qualche dettaglio in più, rispetto alle altre specie trattate, sulla fase di riproduzione.

Tecniche di allevamento

Le tecniche di riproduzione controllata ed allevamento larvale sono state messe a punto per la prima volta in Italia nel 1998. La maturazione dei riproduttori si ottiene sia impiegando diversi regimi termici che favoriscono la gametogenesi, sia con ausilio di prodotti ormonali. La deposizione delle uova avviene a temperature di 22-26°C, mentre i maschi sono fluenti in un range di temperatura molto più ampio (14-26°C). Per la stabulazione dei riproduttori sono raccomandate basse densità di stoccaggio, e per favorire il comportamento riproduttivo e la fecondazione delle uova (inferiore generalmente al 50%) è opportuno l'utilizzo di più coppie di riproduttori (3-4) nelle vasche di deposizione. L'ombrina ha uno sviluppo piuttosto rapido. La schiusa dell'uovo avviene dopo circa 21 ore a 25°C (70 ore in orata e 80 ore in branzino). L'alimentazione larvale viene effettuata con rotiferi e successivamente con naupli e metanaupli di *Artemia* arricchiti in HUFA. La larva è particolarmente termofila (fino a 29°C) e mostra una rapidità di sviluppo tale da consentire l'utilizzo di mangime inerte, in sostituzione delle prede vive, già dopo 17 giorni di allevamento. Lo svezzamento viene completato già dopo 40 giorni dalla schiusa.

Gli stadi giovanili esibiscono una crescita molto rapida, rispetto alla spigola ed all'orata: partendo da una taglia media di 50 g si raggiungono taglie di 360 g in 4 mesi (luglio-novembre, 20-22°C) e un peso medio di 900 g in 28 mesi di allevamento, a densità finali di 10 kg/m³. L'indice di conversione



ottenuto con pellettati secchi commerciali contenenti il 44% di proteine e 18% in grassi è di 1,4/1. Tale risultato suggerisce che i fabbisogni nutrizionali non dovrebbero discostarsi da quelli di altre specie ittiche marine.

Diversi impianti di acquacoltura con target produttivi orientati alle specie tradizionali stanno destinando alcune vasche all'allevamento intensivo di questa specie, che per rapidità di crescita e rusticità, viene considerata molto promettente come specie accessoria. La maggior parte delle esperienze di allevamento sono state condotte in impianti intensivi che utilizzano vasche di calcestruzzo. Non si hanno informazioni circa prove di allevamento effettuate in gabbie galleggianti.

L'allevamento estensivo, testato in qualche valle veneta, ha mostrato modesti risultati, non tanto nei ritmi di crescita (luglio novembre 50-220 g) quanto per i bassi tassi di ricattura (7%). La specie, infatti, reagisce male ai richiami invernali praticati al lavoriero e va incontro ad elevate mortalità. Il suo comportamento di nuoto superficiale, inoltre, la rende facile preda per gli uccelli ittiofagi.

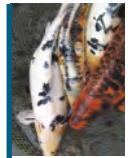
Risultati incoraggianti si sono avuti, invece, con la policoltura semiestensiva dove, in associazione con la borsega, le ombrine triplicano il loro peso in 8 mesi realizzando un accrescimento perfino superiore a quello fatto registrare, in prove contemporanee, in condizioni intensive.

Patologie

Le patologie osservate nel corso dei primi esperimenti di allevamento dell'ombrina non sono dissimili da quelle già descritte per altre specie marine, ma possono essere evidenziate delle peculiarità. L'ombrina è sensibile al virus dell'encefalo-retinopatia, e l'azione di questo agente patogeno si esplica fin dai primi stadi larvali, ciò depone per una trasmissione transovarica del virus. La malattia conclamata si manifesta generalmente durante la metamorfosi larvale, con elevate mortalità ed i sintomi tipici della nodaviriosi, a cui si aggiunge una caratteristica ipertrofia della vescica natatoria. Elevate mortalità per infezione da nodavirus sono state segnalate anche dopo il primo anno d'allevamento, con una sensibilità delle ombrine molto maggiore rispetto a quanto riscontrato nel branzino. Nella fase larvale sono stati riscontrati anche ripetuti casi di oodiniassi, combattuti con scarsi risultati utilizzando i comuni presidi. Sono state avviate alcune ricerche sulla qualità larvale e delle prime fasi giovanili, non si hanno al momento risultati sulla qualità del seme prodotto.

Produzioni e mercato

Allo stato attuale non si può certo parlare di un mercato per questa specie in quanto le ridotte produzioni, concentrate in pochissimi impianti, ne fanno un prodotto di nicchia per pochissimi conoscitori che ne apprezzano la qualità delle carni. Non c'è dubbio che, la rapidità di crescita e la versatilità all'allevamento, fanno dell'ombrina una delle specie più promettenti per l'acquacoltura mediterranea.





Bibliografia

- Abellan E., Garcia-Alcazar A. (1995). *Pre-growout and growout experiences with white seabream (Diplodus sargus sargus, Linnaeus, 1758) and sharpsnout seabream (Diplodus puntazzo, Cetti, 1777)*. In: M. Lasram (ed.). Marine aquaculture finfish species diversification. Centre International Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, Zaragoza: 57-63.
- Amerio M., Mazzola A., Caridi D., Crisafi E., Genovese L. (1991). *Ricerche sperimentali sull'impiego della soia nei mangimi per branzini (Dicentrarchus labrax)*. Atti IX Cong. Naz. Assoc. Scie. Prod. Anim. II: 1099-1111
- Balestrazzi R., Lanari D. (1996). *Growth, body composition and nutrient retention efficiency of growing sea bass (Dicentrarchus labrax L.) fed fish oil or fatty acid Ca salts*. Aquaculture, 139: 101-108.
- Barbaro A., Bozzato G., Fanciulli G., Francescon A., Libertini A., Richard J. (1996). *Maturità gonadica in Umbrina cirrosa (L.), riproduzione ed allevamento in cattività*. Biol. Mar. Medit. 3 (1): 394-395.
- Barbato F., Fanari A., Meloni F., Savarino R. (1993). *Cage culture of gilthead sea bream (Sparus aurata) in two sardinian costal lagoons*. In: G. Barnabé e P. Kestemont, (eds), Production, Environment and Quality, EAS Spec. Publ. 18: 95-104.
- Bardach J.E., Ryther J.M., McLarney W.O. (1972). *Aquaculture. The farming and husbandry of freshwater and marine organisms*. Wiley-Interscience, a division of John Wiley & Sons, inc. N.Y. - London - Sidney - Toronto: 868 pp.
- Barnabé G. (1990). *Rearing bass and gilthead bream*. In: Aquaculture. Ellis Horwood Publ., N.Y. (2): 647-686.
- Barnabé G. (1995). *The sea bass*. In Production of aquatic animals - Fish - (Nash, C.E. and Novotny A.J. eds). Elsevier, Amsterdam: 269-287.
- Barnabé G., Billard R. (eds). (1984). *L'aquaculture du bar et des Sparidés*, Sète. INRA Publ., Paris: 543 pp.
- Bermudez L., Garcia-Garcia B., Gomez O., Rosique M.J., Faraco F. (1989). *First results of the ongrowing in cages of Sparus aurata, Puntazzo puntazzo and Lithognatus mormyrus in the Mar Menor (Murcia, S.E. Spain)*. EAS Spec. Publ, Ostende. 10: 27-28.
- Boglione C., Costa C., Spanò A., Scardi M., Favaloro E., Cataudella S. (1998). *Morphological descriptors of larval quality in wild and reared sharp-nout seabream (Diplodus puntazzo)*. 33rd International Symposium on New Species for Mediterranean Aquaculture, 22nd-24th April 1998, Alghero, Italy.



- Boglione C., Marino G., Fusari A., Ferreri F., Finoia M.G., Cataudella S. (1995). *Skeletal anomalies in Dicentrarchus labrax juveniles selected for functional swimbladder*. ICES Marine Science Symposium, 201: 163-169.
- Boix J., Fernandez J. V., Macia G. (1993). *El cultivo de Seriola (Seriola dumerili, Risso, 1810) en jaula flotante en el termino maritimo de Les Cases d'Alcanar (Tarragona)*. Actas IV Congreso Nacional Acuicultura. La Toja, Galicia: 133-136.
- Borgoni L., Zanella S., Richard J., Palazzi R., Borella S., Cardellini P. (1998). *Allevamento larvale egiovanile di Umbrina cirrosa (L.) proveniente da riproduzione artificiale. Risultati preliminari*. Biol. Mar. Medit. 5 (3): 1236-1244.
- Bromage N.R., Roberts R.J. (1995). *Broodstock management, egg and larval quality*. Backwell Science Edition: 424 pp.
- Caggiano M., Canese S., Lupo A., Cirillo A., (1993). *Experiences of artificial reproduction and larval rearing of sheepshead bream (Diplodus puntazzo) in the South of Italy*. In "From Discovery to Commercialization". M. Carrillo, L. Dahle, J. Morales, P. Sorgeloos, N. Svennevig, J. Wybam (Eds.), Oostende-Belgium EAS, 19: 326 pp.
- Cataudella S., Monaco G. (1983). *Allevamento dei mugilidi*. In Acquacoltura. Clesav Milano: 117-148.
- Cataudella S., Crosetti D., Marino G. (1995). *The sea breams*. In "Production of aquatic animals - Fish". Nash, C.E. and Novotny A.J. (Eds). Elsevier, Amsterdam: 289-303.
- Cataudella S., Crosetti D., Massa F., Rampacci M. (1988). *The propagation of juvenile mullets (Chelon labrosus) in earthen ponds*. Aquaculture, 68: 321-323.
- Cataudella S., Massa F., Rampacci M., Crosetti D. (1983). *Artificial reproduction and larval rearing of the thick lipped mullet (Chelon labrosus)*. J. Appl. Ichthyol., 4: 130-139.
- Chatain B., Ounais-Guschemann N. (1990). *Improved rate of initial swimbladder inflation in intensively reared Sparus aurata*. Aquaculture, 84: 345-353.
- Costa C. (1998). *Descrittori morfologici in sarago pizzuto (Diplodus puntazzo, Cetti 1777, Sparidae, Teleostea, Pisces): gli effetti dell'allevamento*. Tesi di Laurea Univ. degli Studi di Roma "Tor Vergata".
- Costa F. (1991). *Atlante dei pesci dei mari italiani*. Mursia Editore: 489 pp.
- Crosetti D., Cataudella S. (1995). *The mullets*. In "Production of aquatic animals - Fish". Nash, C.E. and Novotny A.J. (Eds). Elsevier, Amsterdam: 253-268.
- De Silva S.S., Anderson T.A. (1995). *Digestion and absorption*. In Fish nutrition



- in aquaculture Chapman & Hall Eds.: 103-142.
- Di Cave D., De Liberato C., Berrilli F., Favalaro E., Orecchia P. (1998). *Parasite borne infections in maricultured Diplodus puntazzo (Cetti, 1777)*. 33rd International Symposium on New Species for Mediterranean Aquaculture, 22nd-24th April 1998, Alghero, Italy.
 - Divanach P., Kentouri M., Charalambakis G., Pouget F., Sterioti A. (1993). *Comparison of growth performance of six mediterranean fish species reared under intensive farming conditions in Crete (Greece), in raceways with the use of self feeders*. In "Production, environment and quality". Spec. Publ., Europ. Aquac. Soc., 18: 285-297.
 - Elliott J.M., Persson L. (1978). *The estimation of daily rates of food consumption for fish*. J. of Anim. Ecol., 47: 977-991.
 - Faranda F., Cavaliere A., Lo Paro G., Manganaro A. (1983). *Accrescimento di Puntazzo puntazzo e Diplodus vulgaris. Comparazione di due diverse diete*. Mem. Biol. Mar. Ocean. 13: 37-53.
 - Faranda F., Cavaliere A., Lo Paro G., Manganaro A., Mazzola A. (1985). *Preliminary studies on reproduction of Puntazzo puntazzo (Gmelin 1789) (Pisces, Sparidae) under controlled conditions*. Aquaculture, 49: 111-123.
 - Favalaro E. (1999). *Analisi morfometrica e studio delle anomalie scheletriche in Diplodus puntazzo (Cetti, 1777 Pisces: Sparidae): prove comparate tra diverse tipologie di allevamento*. Tesi di Dottorato XI ciclo, Università di Messina, 200 pp.
 - Fischer W., Schneider M., Bauchot M.L. Eds. (1987). *Fiches FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. Mediterranee et mer Noire, Zone de Peche 37. Vol. II: Vertebres. Revision 1*. FAO, Rome.
 - Francescon A., Barbaro A. (1999). *Ombrina cirrosa. Riproduzione e allevamento in cattività. Manuale di Divulgazione. Serie acquicoltura n.5*. Veneto Agricoltura.
 - Garcia A., Diaz M.V. (1995). *Culture of Seriola dumerilii. Proceedings of the seminar of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), Nicosia (Cyprus)*. Cah. Options Mediterr. 16: 103-114.
 - Garcia-Gomez A. (1993). *Primeras experiencias de crecimiento de juveniles de Seriola mediterranea (Seriola dumerili, Risso, 1810) alimentados con una dieta semihumeda*. Bol. Inst. Esp. Oceanogr. 9(2): 347-360.
 - Giovanardi O., Mattioli G., Piccinetti C., Sambucci G. (1984). *Prime esperienze sull'allevamento di Seriola dumerili (Risso, 1810) in Italia*. Riv. Ital. Pisc. Ittiopat. 4: 123-130.
 - Gould S. J. (1966). *Allometry and size in ontogeny and phylogeny*. Biol. Rev. 41: 587-640.



- Guillame J.C. (1987). *Nutrition des poissons marins: données et tendances recentes*. Oceanis 13 (1): 89-104.
- Iwama G.K. (1991). *Interactions between aquaculture and the environment*. Crist.Revs. In: Environ. Contr., 21 (2): 177-216.
- Karakassis I., Hatziyanni E., Papadopoulou K.N., Plaiti W. (2000). *Impact of cage farming of fish on seabed in three Mediterranean coastal areas*. ICES Journal of Marine Science, 57: 1462-1471.
- Kaushik S.J. (1989). *Use of alternative protein sources for intensive rearing of carnivorous fishes*. In "Progress Fish Nutrition Symposium", Taiwan. S.Y. Shiuau (Ed.). Marine Food Sciences, n. 9, Keeking, ROC, Taiwan: 181-201.
- Lazzari A., Fusari A., Marino G., Di Marco P., Boglione C. (1998). *Tecniche di gestione dei riproduttori, riproduzione controllata e allevamento larvale della ricciola (*Seriola dumerili*)*. Biol. Mar. Medit., 5: 1210-1217.
- Lazzari A., Barbera G. (1988). *First data on the fish catch of yellowtail, *Seriola dumerili*, spawners in the Mediterranean Basin*. Journ.Aquatic Prod. 2: (1) 133-141.
- Le Breton A., Marques A. (1995). *Occurrence of a histozoic Myxidium infection in two marine cultured species: *Puntazzo puntazzo* C. and *Pagrus major**. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. 15: 210-212.
- Lissia-Frau, Pala (1968). *Ricerche sull'ermafroditismo nei saraghi: *Diplodus sargus* (L.), *Diplodus vulgaris* (Geoffr.), *Diplodus annularis* (L.) e *Puntazzo puntazzo* (Cetti)*. Studi Sassaresi, 46: 203-221.
- Lovell T.R. (1989). *Nutrition and feeding of fish*. Van Nostrand Reinhold, N.Y.: 260 pp.
- Marangos C. (1995). *Larviculture of the Sheepshead bream, *Puntazzo puntazzo* (Gmelin 1789) (*Pisces Sparidae*)*. In "Marine aquaculture finfish species diversification" Lasram M. (Ed.) Centre International Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes, Zaragoza: 41-46.
- Marino G., Boglione C. (1990). *Contributo allo studio delle anomalie più comuni in stadi larvali di spigola (*Dicentrarchus labrax*) ottenuti per riproduzione controllata*. Atti della Società Italiana delle Scienze Veterinarie Stresa 27-29 Settembre 1990, XLIV: 1055-1062.
- Marino G., Boglione C., Bertolini B., Rossi A., Ferreri F., Cataudella S. (1993). *Observations on development and anomalies in the appendicular skeleton of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. 1758, larvae e juveniles*. Aquac. Fish. Manag., 24: 445-456.
- Marino G., Mandich A., Massari A., Andaloro F., Porrello S., Finoia M.G., Cevasco F. (1995). *Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack *Seriola dumerili* (Risso, 1810) during the spawning period*. J.



- Appl. Ichthyol. 11: 9-24.
- Marino G., Porrello S., Andaloro F., Massari A., Mandich A., (1995). *Aspects of reproductive biology of the Mediterranean amberjack (Seriola dumerili Risso, 1810): gonadal development*. Cah. Options Méditerran. 16: 115-124.
 - Mazzola A., Favalaro E., Sarà G. (1999). *Experiences of integrated mariculture in a southern Tyrrhenian area (Mediterranean Sea)*. Aquac. Res., 30: 773-780.
 - Mazzola A., Sarà G., Favalaro E., Mirto S. (1996). *Sistemi di maricoltura open-sea per l'allevamento di Seriola dumerili nel Golfo di Castellammare*. Biol. Mar. Medit.; 3 (1): 176-185.
 - Metailler R., Aldrin J.F., Messenger J.L., Mavel G., Stephan G. (1981). *Feeding of European sea bass (Dicentrarchus labrax): role of protein level and energy source*. J. World Maricult. Soc., 12: 117-118.
 - Micale V., Perdichizzi F., Basciano G. (1996). *Aspects of the reproductive biology of the sharpnout sea bream Diplodus puntazzo (Cetti, 1977). 1. Gametogenesis and gonadal cycle in captivity during the third year of life*. Aquaculture, 140: 281-291.
 - Moretti A., Pedini Fernandex Criado M., Cittolin G., Guidasti R. (1999). *Manual on Hatchery Production of sea bass and gilthead seabream*. Vol. 1, Rome Fao. 194 pp.
 - Munday B., Eleftheriou A., Kentouri M., Divanach P. (1992). *The interactions of aquaculture and environment. A bibliographic review*. Commission of the European Communities, Dir. Gen. For Fisheries, Bruxelles.
 - Nash C. (1995). *The Oceanic Pelagic Fishes*. In "World Animal Science C Production-System Approach Vol 8. Production of aquatic animals: Fishes". Nash C.E. and A.J. Novotny (Eds.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam. 1995: 398 pp.
 - Navarro J. M., Belmonte A., Culmarex S.A.L. (1987). *Cultivo de Seriola en jaulas flotantes en la bahia de El Hornillo (Murcia, SE Espana)*. Cuad. Marisq. Publ. Tecn. 12: 11-16.
 - Paperna I. (1984). *Rewiew of disease affecting cultured of Sparus aurata and Dicentrarchus labrax*. In G. Barnabé and R. Billard eds. L'aquaculture du Bar et des Sparidé: 465-482.
 - Pipitone C., Andaloro F. (1995). *Food and feeding habits of juvenile greater amberjack, Seriola dumerili (Osteichthyes, Carangidae) in inshore waters of the central Mediterranean Sea*. Cybium 19(3): 305-310.
 - Porrello F., Andaloro F., Vivona P., Marino G. (1993). *Rearing trial of Seriola dumerili in a floating cage*. In "Production, Environment and Quality". European Aquaculture Society Special Publication No. 18: 299-307.



- Porter C., David E., Finkelstein G., Gordin H. (1991). *Cage culture of gilthead sea bream (Sparus aurata) in the Red Sea: 1974-1990*. From R&D to commercial enterprise. Spec. Publ. Europ. Maricult. Soc., 14: 260-261.
- Quero J.C., Gueguen J. (1978). *Donnees sur la faune ichtyologique du Golfe de Gascogne. 1. Repartition des Diplodus (Sparidae, Perciformes) et remarques sur leurs stades juveniles*. Cybium, 3: 82-94.
- Ravagnan G. (1984). *L'élevage du lup et de la dorade en valliculture*. In: Barnabé G. and Billard R. (eds). *L'aquaculture du bar et des Sparidés*, Sète. INRA Publ., Paris: 435-446
- Ravagnan G. (1992). *Vallicoltura integrata*. Edagricole, Bologna. 502 pp.
- Sarà M., Favaloro E., Mazzola A. (1999). *Shape changes of sharpsnout sea-bream (Diplodus puntazzo Cetti, 1777) reared in different conditions; a comparative analysis by geometric morphometrics*. Aquac. Eng., 19: 195-209.
- Tacon A.G.J., Cowey C.B. (1985). *Protein and amino acid*. In: "Fish Energetics: new perspectives". P. Tytler and P. Calow Eds. Croom Helm, London: 155-183.
- Tortonese E. (1975). *Osteichthyes*. Fauna d'Italia. Vol. XI, Calderini Bologna: 636 pp.
- Watanabe T. (1982). *Lipid nutrition in fish*. Comp. Biochem. Physiol., 73B: 3-15.
- Watanabe T., Takeuchi T., Okamoto N., Viyakarn V., Sakamoto T., Satoh S., Matsuda M. (1993). *Feeding experiments of yellowtail with a newly developed soft-dry pellet*. J. Tokio Univ. Fish. 80(1): 1-17.
- Weatherley A.H., Gill H.S. (1987). *The Biology of Fish Growth*. Academic Press, London.
- Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E., (Eds.) (1986). *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean*. Unesco, Vol. II.
- Wootton R.J. (1995). *Ecology of Teleost Fish*. Chapman & Hall (Eds.), London.
- WU, R.S.S. (1995). *The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future*. Marine Pollution Bulletin, 31 Nos 4-12: 159-166.

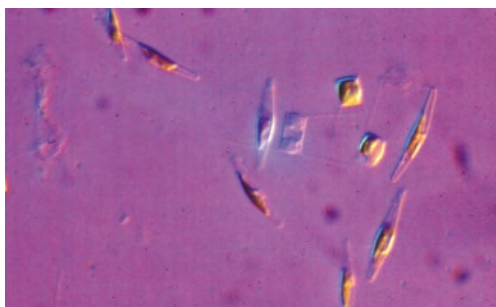


4.8 VEGETALI ACQUATICI

P. Trotta

I vegetali acquatici costituiscono nell'ecosistema marino, analogamente a quanto avviene negli ecosistemi terrestri, la categoria ecologica dei produttori, essendo responsabili della produzione di materia organica. Essi si distinguono facilmente, sulla base delle loro dimensioni, in microvegetali e macrovegetali.

I microvegetali comprendono gli organismi unicellulari fotosintetici, che sono comunemente noti come fitoplancton. Essi sono rappresentati da alcuni batteri (come i Cianobatteri fissatori di azoto) e da alghe come le Diatomee, i Dinoflagellati, i Coccolitoforidi. Sono prevalentemente pelagici in quanto vivono nell'intera colonna d'acqua illuminata (zona fotica), ma alcune alghe, come certe Diatomee, vivono sul fondo (bentoniche).



Alcune specie di microalghe.
Foto di P. Trotta.

Gli organismi fitoplanctonici vengono suddivisi anche sulla base delle loro dimensioni; così si distingue l'ultraplancton, che comprende organismi tra 0,2 e 2 μ come Batteri e Cianobatteri; il nanoplancton, le cui dimensioni variano da 2 a 20 μ ed è costituito prevalentemente da Fitoflagellati e Coccolitoforidi; il microplancton a cui appartengono le alghe Diatomee e Peridinee, oltre ad organismi animali come Radiolari e Tintinnidi, che hanno dimensioni comprese tra 20 e 200 μ . Le altre categorie dimensionali del plancton, mesoplancton, macroplancton e megaplancton, comprendono organismi animali (zooplacton).

I macrovegetali comprendono la maggior parte delle alghe bentoniche e alcune piante superiori. Tali alghe appartengono alla divisione delle tallofite, il cui corpo è costituito dal tallo con scarsa o nulla differenziazione in fusto, radici e foglie e, a seconda dei pigmenti che contengono oltre alla clorofilla,

si distinguono in Clorofite, Feofite e Rodofite. Le Clorofite sono le alghe verdi, le Feofite sono caratterizzate dalla presenza di pigmenti bruni e le



Macroalghe sul litorale marino.
Foto di P. Trotta.

Rodofite sono rappresentate dalle alghe rosse. Le piante superiori che hanno colonizzato l'ambiente marino appartengono alle Fanerogame Monocotiledoni ed hanno quindi il corpo organizzato in radici, fusto e foglie e producono fiori. Il loro fusto consiste in un rizoma, che cresce quasi sempre orizzontalmente nel sedimento, o in alcuni casi anche sul fondo roccioso, dove si ancora per mezzo delle radici. Tali piante colonizzano prevalentemente i substrati mobili, dove formano delle praterie,



Ruppia maritima, una fanerogama di ambienti vallivi. Foto di P. Trotta.

mentre le alghe colonizzano soprattutto i substrati duri, anche se non mancano alghe che vivono sui fondi sabbiosi. Questi vegetali si trovano sui fondali marini fino alla profondità massima compatibile con la funzione di fotosintesi clorofilliana, che dipende ovviamente dalla penetrazione della luce. La distribuzione delle alghe bentoniche e delle Fanerogame sui fondali

marini viene quindi condizionata principalmente dalla intensità luminosa, ma altri importanti fattori abiotici che la influenzano sono la natura fisica e la morfologia del substrato, le variazioni di temperatura e salinità, l'escursione di marea, l'idrodinamismo. Le alghe verdi (Clorofite) sono distribuite quasi uniformemente sui fondali, da quelli più superficiali del piano di marea a quelli più profondi della zona fotica; le alghe brune (Feofite), invece, si trovano preferenzialmente nel piano intermedio, quello infralitorale (che si estende dal limite inferiore della bassa marea fino alla profondità massima di circa 35-40 metri); le alghe rosse (Rodofite), infine, presentano una tipica distribuzione bipolare essendo distribuite principalmente nel piano di marea, più superficiale, ed in quello più profondo, il piano circalitorale (che si estende dal limite inferiore dell'infralitorale ai livelli più profondi della zona fotica). Le fanerogame si trovano, come già accennato sopra, soprattutto nel piano infralitorale: le praterie di *Posidonia oceanica*, una delle principali fanerogame del Mediterraneo ad esempio, si estendono fino alla profondità massima di 35-40 metri, in condizioni di acque particolarmente limpide che permettono la massima penetrazione della luce.





4.8.1 Utilità delle alghe

Come negli ecosistemi terrestri, anche nel mare la piramide alimentare si basa sulla presenza dei vegetali. L'energia necessaria alla fotosintesi proviene dalla radiazione solare, che viene selettivamente assorbita mentre penetra negli strati d'acqua più superficiali: così oltre i 40 metri di profondità la vita vegetale subisce una drastica riduzione del suo sviluppo, mentre risulta quasi impossibile oltre i 200 metri. Poiché la profondità media degli oceani è di circa 4.000 metri, si deduce che la produzione di sostanza organica per fotosintesi (**produzione primaria**) avviene in una piccolissima parte del volume dell'intera massa d'acqua, corrispondente allo strato superficiale illuminato. La produzione primaria degli oceani è essenzialmente dovuta al fitoplancton, la cui crescita dipende, come già detto, dall'intensità luminosa, ma anche dalla disponibilità bilanciata dei sali nutritivi essenziali, come fosfati e nitrati. Le alghe fitoplanctoniche, quindi, rappresentano il primo gradino della piramide trofica dell'ecosistema marino, in quanto costituiscono l'alimento dei consumatori primari, quali piccoli animali planctonici (zooplankton) e animali filtratori, che vivono sia sul fondo, ad esempio i Bivalvi, che nella massa d'acqua, come certi pesci plantofagi.

Un'altra importantissima funzione operata dai vegetali acquatici è quella della produzione di **ossigeno**, che è la conseguenza dell'attività fotosintetica di questi produttori. Il fitoplancton, infatti, per compiere la fotosintesi consuma anidride carbonica, che sottrae dall'atmosfera, e produce ossigeno che restituisce all'atmosfera stessa.

Dato che la proliferazione delle microalghe dipende dalla presenza in quantità bilanciate dei nutrienti e di certi oligoelementi, presenti in tracce nell'acqua di mare ma essenziali per la vita, ogni alterazione ingente degli equilibri tra tali nutrienti (ad esempio un eccessivo apporto di nitrati o fosfati) comporta uno squilibrio nella crescita del fitoplancton, che si manifesta con un'esplosione numerica di determinate specie. Questo fenomeno è conosciuto con i termini di fioriture algali, o maree rosse, e comporta notevoli conseguenze negative sull'intero ecosistema acquatico, con estese morie di organismi (crisi distrofiche). In questo senso, la proliferazione di certe specie di microalghe, come alcune Peridinee, Crisoficee, Diatomee, rappresenta un importante **indicatore biologico** delle condizioni dell'ecosistema.

Tra i macrovegetali, in particolare le fanerogame svolgono anche l'importante funzione di **captazione dei sedimenti**, poiché formano importanti intrecci tra fusti e radici che trattengono i granuli di sabbia e fungono da ostacolo all'erosione delle coste.

Alcune alghe sono anche in grado di **depurare le acque**, consumando, ad



esempio, i nutrienti presenti in eccesso e, combinate con altre specie di animali filtratori, possono dare origine a dei depuratori biologici.

4.8.2 Utilizzazione delle alghe

Le alghe sono state utilizzate fin da tempi molto antichi dalle popolazioni rivierasche, che le consumavano come alimenti freschi o essiccati. Attualmente esse vengono utilizzate per una molteplicità di scopi, che vanno da quello alimentare, a quello medico, agricolo, cosmetico, a quello depurativo di acque reflue.

In campo **alimentare** alcune macroalghe sono consumate come pietanza, sia fresche che essiccate e, per gli importanti principi nutritivi che contengono (proteine, grassi, carboidrati, sali minerali, vitamine, oligoelementi), vanno sotto il nome di “*health food*”. Ancora oggi, soprattutto nelle popolazioni dell’Estremo Oriente ed in particolare in Giappone, le alghe costituiscono uno degli alimenti vegetali maggiormente consumati.

Anche alcune microalghe vengono utilizzate come cibo fin da tempi molto antichi. Per questo scopo le microalghe galleggianti venivano fatte concentrare dall’azione del vento verso la riva di bacini acquatici, in modo da consentirne la raccolta. Attualmente, nell’ambito del progetto Germano-Peruviano, la Clorofita *Scenedesmus acutus* viene coltivata in bacini artificiali per la produzione di cibo a elevato contenuto proteico. Microalghe quali la Cianofita *Spirulina maxima* (Texcoco, Messico) e la Clorofita unicellulare *Chlorella* (delle acque dolci giapponesi) vengono intensamente coltivate per vari scopi, tra i quali la commercializzazione sotto forma di compresse come utili concentrati dietetici.

Alcuni ceppi particolarmente produttivi di queste microalghe sono stati selezionati e sono conservati in particolari “fitoteche”.

Un importante impiego della cultura delle macroalghe consiste nell’estrazione di alcune sostanze pro-

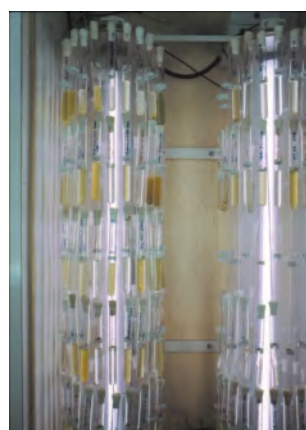
dotte esclusivamente da vegetali acquatici, che non hanno corrispondenti nei vegetali terrestri. Tra queste sostanze, molto importanti sono certi polisaccaridi complessi (sostanze affini all’amido e alla cellulosa) prodotti dalle alghe brune e rosse, come la carragenina e l’agar-agar. Quest’ultima è una



Agar-agar in polvere. Foto di P. Trotta.



Produzione massiva controllata da microalghe. Foto P. Trotta.



Fitoteca di alghe selezionate del CNR Lesina. Foto P. Trotta.

gelatina speciale che si estrae da alcune specie di Gelidiacee e che, per la sua proprietà di essere inattaccata dai batteri, viene impiegata come supporto per i substrati di crescita in **microbiologia**. Sempre in **campo medico**, microalghe e macroalghe vengono coltivate per estrarre sostanze con proprietà antibatteriche, antivirali, antitumorali e sostanze impiegate come traccianti fluorescenti. Da varie macroalghe vengono estratti elementi quali potassio, iodio e bromo e molte di esse vengono utilizzate come **fertilizzanti** in agricoltura. La coltivazione delle

microalghe viene largamente praticata in **acquacoltura**. Quantità massive di microalghe selezionate vengono impiegate come cibo per organismi planctonici filtratori, che a loro volta vengono utilizzati come alimento per fasi larvali di specie ittiche, Molluschi e Crostacei.

Per nutrire organismi filtratori, come i Molluschi Bivalvi, vengono impiegate le specie di microvegetali su menzionate, che sono mantenute in collezioni viventi nelle citate fitoteche. Questa attività, paragonabile all'attuale agricoltura, richiede la "domesticazione" delle specie vegetali utili e la formazione di ambienti di coltura particolarmente adatti alle esigenze fisiologiche della produzione algale massiva.

4.8.3 Sfruttamento delle praterie vegetali

Le praterie naturali di macrovegetali sono sfruttate con il prelievo in situ delle piante mediante tecniche manuali o meccanizzate, o con la raccolta delle



Raccolta stagionale di *Gracilaria* nella Laguna di Lesina. Foto P. Trotta.

alghe e fanerogame spiaggiate. La crescente domanda delle masse vegetali e dei loro derivati ha prodotto degli scompensi (deforestazione e squilibrio degli ecosistemi) ai quali, solo di recente, si sta mettendo riparo con la messa a punto di rigidi protocolli di

conservazione e raccolta. Nella baia della California, ad esempio, si è dovuta ripristinare la foresta di Laminariacee (*kelp*) per consentire il ritorno della lontra. La raccolta indiscriminata di *Gracilaria*, dal Cile alla Cina, dalla Namibia al Brasile e in parecchi siti europei, sostenuta dalla crescente richie-



Coltivazione di *Gracilaria* in vasche su terraferma a Lesina.
Foto P. Trotta.

sta della gelatina di agar, ha determinato una spinta al controllo della raccolta di questa Rodofita. Sforzi di ricerca in questo senso vengono effettuati in varie parti del mondo, sia tentando la ricostituzione di praterie esistenti, sia coltivando alghe in impianti altamente specializzati. Attualmente la crescita della produzione controllata di *Gracilaria* viene accreditata al 2% all'anno. La coltivazione di quest'alga viene effettuata per vari scopi: oltre alla produzione di gelatina di agar, per la fitodepurazione ambientale, la stabilizzazione di ecosistemi vallivi eutrofici, la produzione di biogas.

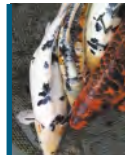




Bibliografia

- Anderson D.M., White A.W., Baden D.G. (1985). *Toxic Dinoflagellates*. Elsevier.
- Fritsch F.E. (1965). *The structure and reproduction of the algae*. Cambridge Press.
- Fogg G.E. (1966). *Algae Culture and phytoplankton ecology*. University of Wisconsin Press.
- Giaccone G. (1972). *Elementi di Botanica marina*. Publ. Istituto Botanico Un. Di Trieste.
- Hanisak M.D. (1981). *Recycling the residues from anaerobic digesters as a nutrient source for seaweed growth*, Bot. Mar., 24: 57-61.
- Hansen, J.E. (1984). *Strain selection and physiology in the development of Gracilaria mariculture*. Hydrobiologia, 116-117: 89-94.
- Hope H.A., Levring T. and Y. Tanaka (1979). *Marine Algae in pharmaceutical science*. Walter De Gruyter, Berlin.
- Kim. D.H. (1970). *Economically important seaweeds in Chile*. I. Gracilaria, Bot. Mar., 13: 140-162.
- Materassi R. (1980). *Prospettive della coltura di Spirulina in Italia*. Atti Convegno. Accademia dei Georgofili, Firenze.
- Raymont J.E.G. (1963). *Plankton and productivity in the oceans*. Pergamon Press.
- Richmond A. (1986). *Handbook of microalgal mass culture*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Santelice B, Doty M.S. (1989). *A review of Gracilaria farming*. Aquaculture 78: 98-13.
- Shelef G., Soeder C.J. (1980). *Algae biomass, production and use*. Elsevier
- Stein J.R. (1973). *Handbook of phycological methods. Culture methods and growth measurement*. Cambridge Press.
- Trotta P. (1980). *A simple and inexpensive system for continuous monoxenic culture of Brachionus plicatilis Müller as a basis for mass production*. Algae Biomass, Shelef G., Soeder C.J. (Ed), Elsevier/North-Holland Biochemical Press: 307-313.
- Trotta P. (1981). *A simple and inexpensive system for continuous monoxenic mass culture of marine microalgae*. Aquaculture, 22: 383-387.
- Trotta P. (1981). *On the Rhodophyta Gracilaria confervoides Grev. in Lesina lagoon: field survey and in vitro culture*. Atti del convegno "Fitodepurazione e impieghi delle biomasse prodotte". Parma.
- Trotta P. (1982). *Ruolo delle micro- e macroalghe nella laguna di Varano ed*

- ipotesi di intervento gestionale*. Atti del Convegno "Situazione attuale e prospettive di sviluppo del lago di Varano". Cagnano Varano (Fg), 15/16.1.1982: 43-45.
- Trotta P. (1982). *Studio in vitro del tasso di crescita di alcune microalghe e macroalghe marine come approccio metodologico all'individuazione delle specie vegetali per la produzione di biomasse*. Atti della "Conferenza Internazionale su Energia da Biomasse". Regione Veneto e CEE, Venezia (Fondazione Cini) 4/5.3.1982: 477-487.
 - Trotta P. (1983). *An indoor solution for mass production of the marine rotifer Brachionus plicatilis Müller fed on marine microalga Tetraselmis suecica Butcher*. Aquacultural Engineering 2: 93-100.
 - Trotta P. (1996). *La Pesca, la qualità delle acque, gli scarichi in laguna*. Atti di convegno "La laguna di Lesina: quali prospettive, quali soluzioni?" Lesina 11.12.94.
 - Wimpenny R.S. (1966). *The plankton of the sea*. Faber and Faber Ltd London
 - Zajic J.E. (1970). *Properties and products of algae*. Plenum Press





I PRODOTTI DELL'ACQUACOLTURA

5.1 LA CONSERVAZIONE DEL PRODOTTO

G. Baldrati

La refrigerazione può essere considerata a buon diritto il trattamento cardine della conservazione del pescato. Dalla tempestività e dalla razionalità con cui essa viene condotta discende in massima parte la possibilità di far pervenire al consumatore prodotti della pesca “freschi-refrigerati” di qualità merceologica elevata.



Contenitore isotermico. Foto di Uniprom.

La refrigerazione dovrà perciò essere effettuata subito dopo la morte del pesce, usando prevalentemente ghiaccio o acqua di mare refrigerata o acqua di mare addizionata di ghiaccio (baiatura), in modo tale da raffreddare il prodotto ad una temperatura positiva assai prossima a 0°C senza che l'acqua presente nel tessuto muscolare muti il suo stato fisico (per la verità dato che i liquidi tissutali sono costituiti non da acqua pura, ma da una soluzione debolmente salina, fino alla temperatura di -1°C non si avrà formazione di ghiaccio nel muscolo). Se l'uccisione è realizzata mediante ipotermia, cioè per immersione del pesce in vasche contenenti

acqua di mare e ghiaccio nel rapporto 1:1 (p:p), come accade per le specie marine (spigole, orate), il prodotto, all'atto del confezionamento prima della spedizione, essendo già refrigerato in partenza, richiederà una minor quantità di ghiaccio di copertura per mantenere un appropriato regime di freddo durante il trasporto a destinazione. Se al contrario l'uccisione è realizzata con altri sistemi (elettrostordimento) che non comportano per il prodotto un significativo abbassamento di temperatura, la quantità di ghiaccio da utilizzare all'atto del confezionamento dovrà essere dosata per ottenere sia l'abbattimento di temperatura che il mantenimento dell'appropriato regime di refrigerazione durante il trasporto.





5.1.1 Proprietà del ghiaccio

Il ghiaccio, prodotto in blocchi, scaglie, placche o cilindretti a seconda della destinazione d'uso e delle soluzioni impiantistiche adottate, può essere ottenuto con acqua dolce o con acqua di mare. Se è ottenuto con acqua di mare, ricordando che quest'ultima è in realtà una soluzione salina al 3-4%, tenderà a sottoraffreddare il pesce che potrebbe soffrire di un principio di congelamento superficiale. Questo è il motivo per cui gli operatori del settore preferiscono interporre fra il prodotto e il ghiaccio, nella parte superiore delle cassette, una sottile pellicola isolante di materiale plastico o carta paraffinata.

Per poter calcolare la quantità di ghiaccio necessaria per ottenere l'abbattimento di temperatura desiderato si richiamano qui alcune nozioni elementari: *Kcaloria*: quantità di calore necessaria per innalzare di 1°C la temperatura di 1 kg di acqua pura.

Calore specifico (Cs): rapporto tra la quantità di calore occorrente per innalzare di 1°C la temperatura di 1 kg di una sostanza e la quantità di calore occorrente per innalzare da 14,5°C a 15,5°C 1 kg di acqua pura (per i prodotti della pesca si assumono generalmente valori di Cs compresi fra 0,8 (specie grasse) e 0,9 (specie magre)).

Calore latente di fusione: quantità di calore pari a 80 Kcal necessaria per fondere 1 kg di ghiaccio.

Calcolo del calore (C) da sottrarre a una sostanza per raffreddarla.

$$C(\text{Kcal}) = \text{Peso della sostanza (kg)} \times Cs \times \Delta T \quad (1)$$

Dove:

Cs= calore specifico della sostanza

ΔT = salto termico da T_i a T_f .

Es. Si supponga di voler conoscere quanto ghiaccio occorre per raffreddare da $T_i = 20^\circ\text{C}$ a $T_f = 0^\circ\text{C}$ 10 kg di pesce magro ($Cs = 0,9$).

Utilizzando la relazione (1) bisognerà in primo luogo calcolare la quantità di calore da sottrarre.

$$C = 10 \times 20 \times 0,9 = 180 \text{ Kcal}$$

Ricordando che 1 kg di ghiaccio per fondere assorbe 80 Kcal, per calcolare quanti kg di ghiaccio occorrono basterà impostare la proporzione

$$1: 80 = x : 180$$

$$x = 180/80 = 2,25 \text{ kg}$$

Nella pratica però la quantità di ghiaccio teorica potrebbe risultare insufficiente a causa sia delle inevitabili dispersioni termiche nell'ambiente sia per la necessità, una volta che si sia ottenuto il raffreddamento programmato, di mantenere tale regime di freddo più a lungo nel tempo. Per assicurare la continuità della "catena del freddo", durante un trasporto con mezzo refrigerato o coibentato, occorrerà pertanto aggiungere inizialmente al pescato almeno 3 o 4 kg di ghiaccio.

La conservabilità del pesce refrigerato (*shelf life*) è influenzata dalle caratteristiche della specie e, all'interno di ciascuna specie, dalla taglia, dall'habitat, dal sistema di uccisione, da come il pesce viene manipolato e confezionato nelle cassette e dalla temperatura di conservazione.

Gli esemplari di piccola taglia risultano meno conservabili, a parità di specie e di condizioni di morte, di trattamento e di conservazione, in quanto per essi risultano più accelerati i processi *post mortem*. Il *rigor* si instaura infatti più precocemente e altrettanto rapidamente si risolve dando così via libera ai processi biochimici di alterazione.

Le specie catturate in acque fredde risultano più contaminate da microrganismi aerobi psicrofili e pertanto sono più facilmente suscettibili di alterazione in regime di freddo di quelle provenienti da acque più calde.

Sistemi di uccisione che determinano situazioni accentuate di stress a danno del pesce (anossia) ne influenzano negativamente la possibilità di conservazione.



Cefali "incriccati" per il mercato natalizio. Foto di S. Cataudella.

La refrigerazione è un sistema di conservazione a breve termine. Dopo qualche giorno dalla cattura la qualità del pescato tende a precipitare e la carica batterica aumenta sempre più rapidamente fino a raggiungere e superare il





valore di 107 ufc/g che rappresenta la soglia d'alterazione. Il tessuto muscolare si presenta allora privo di consistenza; si registra una intensa produzione di sostanze volatili nauseabonde (ammoniaca, ammine, solfuri) ed è giocoforza procedere alla distruzione del prodotto. D'altra parte, prima ancora che si verifichino queste condizioni estreme, si assiste ad una progressiva evoluzione negativa di taluni parametri chimici e fisico-chimici; i valori dell'azoto basico volatile totale (ABVT), della trimetilammina (per le specie marine), dell'ipoxantina, della formaldeide, della rancidità e del pH aumentano in modo significativo.

5.1.2 Conservazione del prodotto sotto atmosfera protettiva

Il confezionamento degli alimenti sotto "atmosfera protettiva", altrimenti noto come MAP (*Modified Atmosphere Packaging*), prevede l'uso, in alternativa all'aria, di miscele gassose a diversa composizione di N_2 , CO_2 e O_2 . Perché esso possa risultare efficace per prolungare la *shelf life* dei prodotti della pesca freschi è indispensabile che:

- a) il pescato sia di ottima qualità (possieda cioè al momento del confezionamento condizioni di freschezza adeguate);
- b) gli imballaggi plastici utilizzati per il confezionamento siano ad "effetto barriera" nei confronti dei gas e del vapor d'acqua;
- c) la composizione delle miscele gassose utilizzate sia compatibile con la natura dei prodotti da confezionare e con le caratteristiche meccaniche degli imballaggi plastici usati per il confezionamento;
- d) la conservazione delle confezioni avvenga senza interruzioni della "catena del freddo", in regime controllato di refrigerazione ad una temperatura di $3,3^{\circ}C$;
- e) la *shelf life* delle confezioni sia ben ponderata sulla base di prove sperimentali sicure.

Per comprendere come con un confezionamento di questo tipo sia possibile ottenere una stabilizzazione, temporanea e a breve termine, dei prodotti della pesca freschi, è opportuno richiamare alcune nozioni elementari di microbiologia, il ruolo che ciascun gas presente nelle miscele usate esplica per tale stabilizzazione e alcune implicazioni di carattere tecnologico in merito all'impiego dei singoli gas in percentuali più o meno elevate.



Considerazioni di ordine microbiologico

I batteri, i lieviti e le muffe presentano differenti esigenze respiratorie e metaboliche e possono perciò essere raggruppati in quattro grandi categorie secondo il loro fabbisogno di ossigeno.

Le specie **aerobie** richiedono ossigeno per potersi sviluppare. Ad esse appartengono numerosi comuni contaminanti causa di alterazione degli alimenti: *Pseudomonas spp.*, *Bacillus spp.*, *Acinetobacter/Moraxella spp.*, *Micrococcus spp.*, lieviti e muffe.

Le specie **anaerobie** sono al contrario inibite o inattivate dalla presenza di ossigeno. Ad esse appartengono ad esempio le *Clostridium spp.*, alcune delle quali possono risultare, in particolari condizioni, tossinogene (pericolo botulinico).

Le specie **microaerofile** richiedono per il loro sviluppo ottimale bassi livelli di ossigeno e talvolta, come nel caso di *Lactobacillus spp.*, aumentati livelli di CO₂.

Le specie **anaerobie** facoltative prediligono la presenza di ossigeno, ma sono in grado di svilupparsi anche in sua assenza. In questa categoria rientrano: *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio spp.*, lieviti fermentativi e alcune *Bacillus spp.*

Gas utilizzati

Debbono essere tutti di purezza *food grade* ed esplicano singolarmente azioni diverse.

La CO₂ per la sua particolare affinità con l'acqua presente a livello tissutale (a 760 mm di Hg e 0°C 1 ml di acqua solubilizza 1,7 ml di biossido di carbonio), manifesta attività batteriostatica temporanea nei confronti delle specie microbiche aerobie. L'effetto batteriostatico si manifesta attraverso il prolungamento della fase di latenza dei microrganismi (*Lag fase*) che comporta un ritardo nell'avvio della fase di proliferazione esponenziale che in breve causa l'alterazione degli alimenti. Per esplicare appieno le sue proprietà conservanti la CO₂ dovrebbe esser perciò presente nelle miscele gassose nella più alta "percentuale tollerabile possibile". La più alta percentuale tollerabile possibile dipende: dalla composizione centesimale dell'alimento (contenuto di acqua, proteine e lipidi), dalla sua natura (pesci interi, filetti, ecc.) e soprattutto dalle caratteristiche meccaniche degli imballaggi utilizzati per il confezionamento. Nel caso di un confezionamento di pesci interi o eviscerati, effettuato meccanicamente previa applicazione del vuoto e successiva compensazione con gas, una percentuale troppo elevata di CO₂ potrebbe infatti determinare:



- a) la deformazione per implosione delle confezioni (in conseguenza della solubilizzazione a bassa temperatura di un eccesso di gas nei liquidi tissutali e la creazione di una forte depressione all'interno delle confezioni);
- b) un'eccessiva acidificazione dei tessuti muscolari con possibili fenomeni di decolorazione delle carni, essudazione, opacizzazione dell'occhio, ecc.

È per ovviare a queste controindicazioni che in combinazione con la CO_2 viene sempre utilizzato in miscela N_2 , in percentuale spesso elevata, come gas inerte di supporto.

L' O_2 viene al contrario talvolta impiegato per contrastare lo sviluppo dei microrganismi anaerobi stretti e per minimizzare talune possibili decolorazioni a carico dei tessuti. Questo gas è tuttavia controindicato nel confezionamento di specie ittiche ad elevato contenuto lipidico, per i problemi connessi con i fenomeni di autossidazione dei grassi (alterazione chimica, irrancidimento).



Triglie in ghiaccio. Foto di M. De Biasi.

Miscela gassose consigliate per i prodotti della pesca

Pesci magri a carne bianca

- confezioni per il dettaglio: 30% N_2 , 40% CO_2 , 30% O_2 .

Pesci grassi

- Confezioni per il dettaglio: 60% N_2 , 40% CO_2 .

Crostacei e molluschi

- Confezioni per il dettaglio: 30% N_2 , 40% CO_2 , 30% O_2 .

Materiali impiegati per le confezioni

- Confezioni per il dettaglio (vassoi): HDPE
EPS/EVOH/LDPE
- pellicole saldanti: PET/PVDC/LDPE
PA/PVDC/LDPE
PC/EVOH/EVA

Legenda:

- EPS - polistirene espanso
- EVA - etilenvinilacetato
- EVOH - etilenvinilalcole copolimero
- HDPE - polietilene ad alta densità
- LDPE - polietilene a bassa densità
- PA - poliammide
- PC - policarbonato
- PET - polietilentereftalato
- PVDC - polivinilidencloruro





5.2 LA TRASFORMAZIONE DEL PRODOTTO

G. Baldrati

I prodotti dell'acquacoltura trasformati più diffusi sul mercato sono quelli affumicati. Essi sono ottenuti con tecnologie di lavorazione che utilizzano sia l'affumicamento "a freddo" (filetti di trota salmonata) che l'affumicamento "a caldo" (anguille, trotelle, tinche, ecc. variamente aromatizzate). Il fumo di per sé esplica un'azione antisettica assai blanda sulla superficie degli alimenti e va pertanto considerato piuttosto un mezzo per conferire loro un colore ed un gusto particolari. Ne consegue che per poter assicurare ai prodotti una vita commerciale convenientemente lunga, ad un trattamento d'affumicamento dovranno essere associati trattamenti di conservazione più efficaci in grado di ritardare la proliferazione dei microrganismi d'alterazione. Fra questi la salagione e l'essiccazione, in particolare, risultano efficaci poiché comportano una diminuzione dell'acqua libera presente nell'alimento e conferiscono a queste semiconserve una *shelf life* sufficiente per una commercializzazione (in confezioni sotto vuoto) di circa 4-6 settimane in condizioni di refrigerazione controllata ($T^{\circ} < 3^{\circ}\text{C}$). La durabilità commerciale in queste condizioni non sarà comunque tanto condizionata dall'insorgenza di microrganismi patogeni e loro eventuali tossine, quanto piuttosto dalla proliferazione di batteri lattici che modificano le caratteristiche organolettiche del prodotto. Nella Tab. I sono indicati i fattori limitanti lo sviluppo di alcuni microrganismi patogeni d'interesse per i prodotti ittici.

Tab. I - Fattori limitanti lo sviluppo di alcuni microrganismi patogeni d'interesse per i prodotti ittici.

Microrganismo	Temperatura $^{\circ}\text{C}$	pH	aw	% SFA (**)	Inattivazione termica trattamento minimo ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)
<i>C. botulinum</i>					
- non prot. (B, E, F)	< 3,0	< 5,0	< 0,97	> 3,5	82 $^{\circ}\text{C}/30'$
- proteolitico (A, B)	< 10,0	< 4,5	< 0,94	> 8	121 $^{\circ}\text{C}/3'$
<i>Vibrio spp.</i>	< 5,0	< 5,4	< 0,94	> 8	60 $^{\circ}\text{C}/30'$
<i>Salmonella spp.</i>	< 5,2	< 4,0	< 0,94	> 8	60 $^{\circ}\text{C}/30'$
<i>S. aureus</i>	< 6,5	< 4,5	< 0,83	> 18	63 $^{\circ}\text{C}/30'$
<i>L. monocytogenes</i>	< 1,0	< 4,5	< 0,93	> 10	82 $^{\circ}\text{C}/30'$

%SFA(**) = tenore di sale nella fase acquosa = $\% \text{NaCl} / (\% \text{umidità} + \% \text{NaCl}) \times 100$

Nei prodotti ittici affumicati, confezionati sotto vuoto, il principale pericolo è rappresentato dalla presenza del *Clostridium botulinum*; valori di $a_w < 0,94$ (corrispondenti a tenori salini nella fase acquosa, $> 8\%$) oppure temperature di conservazione $< 3^\circ\text{C}$ ne inibiscono la germinazione sporale e lo sviluppo. L'uso abbinato di questi due ostacoli, pur se applicati in maniera più blanda (cioè un minor tenore salino e una temperatura leggermente più elevata), permette di ottenere un'analoga inibizione. Tuttavia la determinazione della vita commerciale di tali prodotti in funzione dei due parametri succitati dovrebbe essere basata su prove scientifiche documentate. Inoltre, poiché i prodotti affumicati sono prevalentemente consumati senza preventiva cottura, la loro ricontaminazione nella fase di confezionamento con microrganismi patogeni come *Salmonella spp.* e *L. monocytogenes* costituisce un pericolo sanitario, anche se la presenza di sale e la refrigerazione possono limitare il rischio dello sviluppo di tali microrganismi.

Un diagramma convenzionale dei prodotti ittici affumicati prevede sempre le seguenti fasi operative:

- decapitazione, eviscerazione e filettatura meccaniche;
- salagione (con sale secco, o per immersione in salamoia o per iniezione di salamoia);
- risciacquo;
- essiccazione e affumicamento;
- confezionamento sotto vuoto o sotto atmosfera protettiva in confezioni plastiche flessibili.



Trota salmonata.
Foto Archivio A.P.I.



Filetti di trota salmonata.
Foto Archivio A.P.I.





5.2.1 Il *surimi*

È dalla metà degli anni '80 che sono apparse sul mercato preparazioni a base di pesce che vanno sotto il nome di *analog crab meat*. Esse derivano sostanzialmente da un semilavorato base, il *surimi*, che altro non è se non una pasta di pesce macinato, senza spine né pelle, opportunamente trattata e ottenuta per lo più da merluzzo dell'Alaska (*Theragra chalcogramma*) o da altre specie appartenenti alla famiglia Gadidae. Tale pasta è inodore, incolore, priva di struttura e possiede una straordinaria attitudine a formare geli. L'incorporazione di crioprotettori (saccarosio, sorbitolo, polifosfati) ne preserva le caratteristiche peculiari impedendo che un eventuale processo di congelazione ed una successiva conservazione a bassa temperatura alterino la struttura delle proteine miofibrillari (soprattutto quella del complesso actomiosina), denaturandole e modificandone profondamente le proprietà funzionali.

Fra gli svariati motivi che stanno alla base del successo riscosso da questi prodotti ve ne sono alcuni particolarmente significativi come:

- la necessità di risolvere annosi problemi connessi con la sottoutilizzazione e/o lo spreco di abbondanti risorse ittiche che non trovano sbocchi commerciali;
- una sorta di sintonia con quella nuova filosofia tecnologica, tanto in auge, che prevede la scomposizione e la ricomposizione degli alimenti secondo precise indicazioni dei nutrizionisti;
- l'incisiva informazione in chiave salutistica (i derivati del *surimi* contengono meno colesterolo dei crostacei e forniscono proteine nobili).

Se si considera che il tessuto muscolare dei pesci è costituito mediamente da un 17% di proteine totali e che di queste il 70-77% sono proteine miofibrillari, il 20-25% sono proteine sarcoplasmatiche ed il restante 3-5% stomatoproteine, ciò significa che il *surimi* può definirsi un concentrato di proteine miofibrillari e sostanzialmente un serbatoio di actomiosina.

Come si prepara il *surimi*? Si prepara secondo un procedimento che, in linea di massima, prevede le seguenti fasi operative:

- a) decapitazione, eviscerazione e filettatura meccaniche del pesce;
- b) spellatura meccanica dei filetti;
- c) lavaggio dei filetti spellati (con acqua fredda);
- d) triturazione-deliscatura meccaniche (con macchine tipo Baader 694 o equivalenti, equipaggiate con un tamburo rotante con fori di 3 mm di diametro);
- e) tre cicli completi di lavaggio (per l'eliminazione della frazione proteica sarcoplasmatica idrosolubile, dei lipidi e degli enzimi);

- f) separazione dei solidi con eliminazione dell'acqua in eccesso (con pressa a coclea o con *decanter*);
- g) miscelazione e incorporazione dei crioprotettori (in un *silent cutter*);
- h) formatura, congelamento, confezionamento e magazzinaggio dei pani congelati.

Il *surimi*, previa miscelazione a bassa temperatura col 2,5-3% di sale e con additivi e coloranti consentiti, consente di preparare una vasta gamma di derivati, formulati diversamente in funzione di quelle che sono le caratteristiche finali di volta in volta richieste. Il nome di tali derivati dipende dal modo con cui essi sono cucinati, dalla loro forma e dagli ingredienti utilizzati. In relazione al sistema di cottura, il *kamaboko* è il più conosciuto fra quelli cotti a vapore, il *tempura* ed il *satsuma age* fra quelli fritti, il *chikuwa* fra quelli arrostiti.





Bibliografia

- FAO (1975). *La glace et les produits de la peche*, FIIM/R59 Rev. 1, Roma.
- Sebastio, F. Ambroggi, G. Baldrati (1996). *Influenza del sistema di sacrificio su trote iridee di allevamento*, 1- P. Considerazioni biochimiche, Industria Conserve, 71: 37 pp.
- Baldrati G. (1995). *Il pesce confezionato fresco: prospettive e aspetti igienico-sanitari*, Industria Conserve. 70: 427 pp.
- Cann D.C. (1988). *Modified atmosphere packaging of fishery products*, Infofish Int., 7 (1), 37 pp.
- A.P.I. (1992). *Surimi Technology*. Lanier T.C., Lee C.M. (Eds), Marcel Dekker Inc., New York- Basel- Hong Kong.



Riferimenti al CCPR

L'articolo 11 del CCPR è dedicato all'utilizzo responsabile dei prodotti della pesca. Ancora una volta può valere la pena di ricordare che il Codice si riferisce ai prodotti da cattura, ma è evidente che molti dei prodotti dell'acquacoltura seguono il destino di quelli da pesca sullo stesso mercato.

Al punto 11.1.9 il CCPR invita gli Stati ad incoraggiare il consumo dei prodotti ittici. Questo comporta una serie di implicazioni, perché avvenga responsabilmente. Ad esempio, bisogna garantire la conservazione delle proprietà nutrizionali dei prodotti ittici nel periodo che intercorre tra il prelievo ed il consumo. Non è possibile esemplificare pensando che l'acquacoltura consente di prelevare a piacimento i prodotti, quando servono. Questo è certamente vero e può consentire di disporre di Pesci, Molluschi e Crostacei freschi e/o vivi a piacimento, ma è altrettanto vero che l'aumentata disponibilità di prodotti d'allevamento comporta di dover affrontare i classici temi dello stoccaggio, della conservazione e della trasformazione.

Pesci affumicati, essiccati e/o salati sono stati da sempre una riserva di alimenti e/o di condimenti in periodi o siti lontani dalla cattura. La conservabilità dei prodotti ittici è al centro delle politiche alimentari nei paesi poveri, così come in quelli ricchi, soprattutto oggi che scopriamo l'importanza delle molecole utili per la nostra salute, che vanno conservate negli alimenti che ne sono ricchi, come quelli di origine acquatica.

La trasformazione dei prodotti da acquacoltura è anche un'importante via di valorizzazione delle produzioni, si pensi ai salmoni affumicati, oggi quasi alla portata di tutti, almeno nelle aree ricche del globo.

Il CCPR considera soprattutto i temi della sicurezza alimentare, dell'igiene e della tutela della salute dei più poveri. Tutte le implicazioni di qualità e di recupero di competitività delle produzioni trasformate vanno comunque considerate come opportunità per ridurre, ad esempio, i carichi produttivi, mantenendo condizioni di accettabile redditività per le imprese.

S.C.



**LE GARANZIE
PER IL CONSUMATORE**

6.1 LA CERTIFICAZIONE DEL PROCESSO E DEL PRODOTTO

G. Angle

Per il mondo delle imprese e per i loro operatori, probabilmente l'ultimo decennio del XX secolo e questo primo scorcio del XXI verranno ricordati come il periodo della ricerca della qualità. In un mondo dove la globalizzazione dei mercati risulta sempre più spinta e dove la competitività viene esasperata, è diventato indispensabile per le aziende e per i singoli produttori rivolgersi verso l'obiettivo strategico della qualità, intesa come qualità dei sistemi di produzione, qualità dei propri prodotti, qualità ambientale e del territorio.

La necessità delle aziende di dimostrare ai propri clienti le caratteristiche qualitative dei propri sistemi di produzione o dei propri prodotti ha pertanto portato queste a confrontarsi con il contesto della normazione e della certificazione. Un'azienda che produce senza uniformarsi agli standard internazionali e che non certifica tale conformità rischia di restare fuori dal mercato.

6.1.1 La normazione

Una norma consente di definire i requisiti dei prodotti, dei processi, dei servizi o del sistema di gestione nell'ambito delle attività aziendali. Lo strumento con cui un'azienda (anche un gruppo di aziende unite in un consorzio), dimostra la conformità rispetto a una determinata norma è la certificazione. In questo caso la normazione fornisce i requisiti per l'accreditamento degli schemi (sistemi) di certificazione, degli organismi che li attuano e dei laboratori di prova, ed i metodi di prova da impiegare per l'aggiornamento delle norme. Nel caso in cui, per dimostrare il rispetto e l'attuazione di una determinata norma, occorra utilizzare determinate strumentazioni, la normazione stabilisce anche le modalità di misura, di prova e di taratura delle strumentazioni adottate dai laboratori. Le norme tecniche definiscono le caratteristiche e le prestazioni dei prodotti, i processi produttivi e servizi, sotto differenti aspetti: quantitativi, dimensionali, tecnologici e di sicurezza. L'attività normativa, che determina quindi lo stato dell'arte del prodotto considerato, permette di migliorare l'economicità del sistema produttivo e di facilitare i rapporti fra produttori ed utilizzatori. Le norme tecniche sono messe a punto per il consenso e la cooperazione di tutte le parti interessate, produttori,





utenti, mondo della ricerca ed autorità competenti ed esprimono quindi una soluzione concordata; una soluzione migliore in base al livello tecnologico del momento; una garanzia per il consumatore rispetto alla durata, quantità e qualità dei prodotti e rispetto alla loro sicurezza o ad altre caratteristiche di carattere collettivo; un vantaggio per il produttore. Il contenuto delle norme è il risultato di ricerche e prove di laboratorio, studi e progettazioni diretti a semplificare e razionalizzare i processi produttivi, migliorandone l'economicità, a ridurre gli interventi post-vendita e il contenzioso con i clienti per i prodotti difettosi. Le norme invece che riguardano i sistemi di gestione ambientale assicurano il rispetto della legislazione ambientale, il monitoraggio degli aspetti e degli eventuali impatti ambientali e il miglioramento continuo delle prestazioni ambientali.

6.1.2 La certificazione

La certificazione è una procedura con cui una terza parte dà assicurazione scritta che un prodotto, un processo o un servizio siano conformi ai requisiti specificati.

Esistono tre tipi di certificazione:

1. la certificazione di un prodotto viene attuata per mezzo di organismi di certificazione che verificano la conformità di prodotto/servizio e per mezzo di laboratori che effettuano la prova di conformità;
2. la certificazione di sistema viene attuata da organismi di certificazione che verificano la rispondenza delle caratteristiche del sistema a una determinata norma della serie UNI EN ISO o a regolamenti europei;
3. la certificazione del personale viene attuata da organismi di certificazione che verificano la presenza di determinate caratteristiche del personale impiegato in determinate attività.

6.1.3 Gli attori del processo di certificazione e di normazione

L'iter procedurale di un'organizzazione (aziende, consorzi di produttori ma anche enti pubblici) che intenda procedere nel cammino della certificazione è relativamente complesso, dal momento che richiede una specifica competenza, da parte del personale, delle norme e la loro applicazione a livello aziendale. Un primo passo significativo è indubbiamente la conoscenza delle competenze degli organismi preposti all'attività di normazione, di accreditamento e di certificazione.



Attività di normazione

ISO - International Standard Organisation

È stata fondata a Londra nel 1947. Ad essa aderiscono gli enti normatori nazionali di 76 Paesi (l'UNI per l'Italia). Ha lo scopo di promuovere la normazione nel mondo al fine di facilitare gli scambi di beni e di servizi e di sviluppare a livello mondiale la collaborazione nei campi intellettuale, scientifico, tecnico ed economico.

Unione Europea

L'attività legislativa della Commissione Europea si basa in molti casi su norme stabilite a livello internazionale dall'ISO. Tuttavia, in alcuni specifici casi come il Reg. EMAS, e i regolamenti per i prodotti di qualità, la Commissione ha ritenuto opportuno emanare alcuni suoi specifici standard. Occorre però considerare che attualmente c'è una tendenza da parte della Commissione a uniformare gli standard previsti dai regolamenti comunitari con le norme ISO.

UNI - Ente Nazionale Italiano di Unificazione

Si tratta dell'ente italiano competente nel settore della normazione per ciò che riguarda tutti i settori produttivi commerciali e di terziario ad eccezione del settore elettrotecnico. I suoi principali campi di attività sono:

- la produzione di norme tecniche (attualmente sono circa 10.000 con una media di oltre 500 pubblicate ogni anno);
- la collaborazione con gli enti esteri di normazione al fine di promuovere l'armonizzazione delle norme;
- la pubblicazione e la diffusione delle norme tecniche.

Attività di accreditamento

L'attività di accreditamento viene eseguita da enti nazionali che verificano periodicamente la conformità dei laboratori e degli organismi di certificazione alle norme per i quali sono accreditati. In Italia gli enti preposti per l'attività di accreditamento sono i seguenti:

SINAL - Sistema Nazionale per l'Accreditamento del Laboratorio

Il SINAL si occupa della verifica della validità, competenza ed imparzialità dei laboratori nell'effettuazione di prove accreditate. Il SINAL ha come finalità



l'accreditamento dei laboratori nazionali per assicurare che i risultati delle prove effettuate siano accettate sia in Italia che all'Estero. Il SINAL concede, mantiene o ritira l'accreditamento, ed esercita, per il periodo della durata dell'accreditamento, la necessaria azione di sorveglianza a garanzia della competenza ed imparzialità del laboratorio. Opera secondo le norme UNI CEI EN 45002 e 45003.

SINCERT - Sistema Nazionale di accreditamento degli organismi di Certificazione

Il SINCERT ha il compito di accreditare gli enti di certificazione di sistemi qualità e di gestione ambientale, di prodotti e di personale. Attraverso l'accreditamento, il SINCERT si assicura che l'Ente di certificazione operi in maniera imparziale, con correttezza professionale e con uno schema organizzativo ben definito, ed abbia al proprio interno personale competente per le funzioni da espletare.

Attività di certificazione

Gli organismi di certificazione concedono/non concedono (sulla base di un processo di verifica documentale e applicativo) all'azienda che ne abbia fatto domanda il certificato che attesta la conformità a una norma relativa a un sistema qualità o di gestione ambientale o a un prodotto. In questo ultimo caso il processo di verifica deve essere suffragato anche da una verifica sulla qualità del prodotto effettuata da un laboratorio accreditato SINAL.

6.1.4 La certificazione di prodotto e la certificazione di sistema

La certificazione di prodotto deve attestare che le sue caratteristiche e proprietà siano conformi a delle normative tecniche di prodotto. Le normative di maggiore interesse per la certificazione di prodotti agricoli ed agro-industriali e in particolare di prodotti ittici riguardano la Denominazione di Origine Protetta (D.O.P.) e l'Indicazione Geografica di Provenienza (I.G.P.), l'attestazione di specificità (A.S.), la certificazione di prodotto agro-alimentare e la certificazione di prodotto biologico.

La certificazione di sistema a sua volta può essere suddivisa in certificazione del sistema qualità e certificazione del sistema di gestione ambientale.

La certificazione del sistema qualità riguarda l'intera organizzazione e i suoi

processi produttivi, ossia si interessa di come il prodotto venga realizzato dall'insieme delle attività svolte dall'azienda. Le norme che interessano i sistemi qualità sono quelle della serie ISO 9000 che recentemente sono state aggiornate con la norma ISO 9001:2000.

La certificazione dei sistemi di gestione ambientale riguarda sempre l'intera organizzazione, ma si interessa delle interazioni delle attività aziendali con l'ambiente. La normativa di riferimento per i sistemi di gestione ambientale fa riferimento alle serie ISO 14000 e al reg. (CE) 761/01 sistema comunitario di ecogestione e audit - EMAS e successive modifiche. La certificazione di sistema risulta sempre essere di carattere volontario e spetta dunque all'imprenditore valutare se intraprendere tale strada o meno.



La Direzione Generale della Pesca e dell'Acquacoltura del MiPAF ha avviato campagne di informazione per i consumatori e di preparazione alla "etichettatura" per i commercianti.

La certificazione di prodotto

Denominazione di Origine Protetta (D.O.P.)

La Denominazione di Origine Protetta *designa un prodotto agricolo o alimentare, le cui qualità o le cui caratteristiche sono dovute essenzialmente o esclusivamente all'ambiente geografico comprensivo dei fattori naturali e umani e la cui produzione, trasformazione ed elaborazione avvengano nell'area geografica delimitata.*

In sostanza, la D.O.P. si applica a produzioni il cui intero ciclo produttivo,





dalla produzione della materia prima all'ottenimento del prodotto finito, viene svolto all'interno di un'area geografica ben delimitata, e quindi, date le condizioni produttive attuali, non riproducibile al di fuori di quest'area. Esempi di prodotti che hanno ottenuto in Italia il marchio D.O.P. sono i formaggi Gorgonzola e Parmigiano Reggiano.



Marchio D.O.P.



Marchio I.G.P.



Marchio E.M.A.S.

Indicazione Geografica Protetta (I.G.P.)

L'Indicazione Geografica Protetta è *la qualifica che serve a designare un prodotto agricolo o alimentare di cui una determinata qualità, la reputazione o un'altra caratteristica, possa essere attribuita all'origine geografica e la cui produzione e/o trasformazione e/o elaborazione avvengano nell'area geografica determinata.*

A differenza della D.O.P., la I.G.P. non richiede necessariamente la produzione in loco della materia prima, purché questa consenta di ottenere un prodotto corrispondente ai requisiti imposti dal disciplinare di produzione. Esempi di prodotti che hanno ottenuto il marchio I.G.P. sono l'arancia rossa della Sicilia, l'olio d'oliva Toscano, la mortadella di Bologna.

Attestazione di Specificità (A.S.)

L'Attestazione di Specificità è *una protezione attribuita a quei prodotti agricoli o alimentari che devono essere prodotti utilizzando materie prime tradizionali, oppure avere una composizione tradizionale o aver subito un metodo di produzione e/o di trasformazione del tipo tradizionale.*

Per questi prodotti è stata definita una sigla distintiva: "Specialità Tradizionale Garantita". In altre parole si consente ad un prodotto, con caratteristiche qualitative specifiche, di godere di una differenziazione rispetto ai prodotti della stessa categoria, mediante il riconoscimento di una attestazione di specificità.

La specificità di un prodotto viene strettamente legata alla tradizione con riferimento o alle materie prime, o ai processi di produzione e trasformazione, o alla composizione. Anche il riconoscimento di una attestazione di specificità

comporta l'applicazione di un disciplinare di produzione il cui rispetto deve essere garantito da opportuni organismi di controllo. I prodotti con attestazione di specificità sono protetti da qualsiasi pratica che ingeneri confusione nel consumatore o consenta lo sfruttamento d'immagine a prodotti simili non aventi diritto all'attestazione.

La produzione o la fabbricazione di un prodotto che benefici di un'attestazione di specificità non è vincolata ad un'area geografica delimitata. Chiunque, dovunque sia installato nella Comunità, può produrre o fabbricare un prodotto ammissibile al regime di protezione della specificità, alla sola condizione che siano rispettate le condizioni del disciplinare. Attualmente, in Italia, il ricorso da parte dei produttori all'Attestazione di Specificità risulta poco diffuso. In ogni caso un esempio di prodotto che ha ottenuto tale marchio di protezione è la mozzarella.

Come ottenere il riconoscimento del marchio di qualità

Le procedure per l'ottenimento del marchio I.G.P. o D.O.P. possono essere presentate da organizzazioni (Associazioni, Cooperative, Consorzi), a prescindere dalla forma giuridica o dalla loro composizione, di produttori e/o di trasformatori interessati al medesimo prodotto agricolo o al medesimo prodotto alimentare.

Per prima cosa occorre presentare una domanda di registrazione per un prodotto alla Regione o Provincia autonoma competente. Questa domanda deve contenere: a) il disciplinare di produzione, b) una relazione tecnico illustrativa, c) una cartina geografica. A sua volta il disciplinare di produzione deve contenere:

- denominazione del prodotto agricolo o alimentare;
- descrizione del prodotto agricolo od alimentare, con l'indicazione delle materie prime utilizzate;
- delimitazione della zona geografica di produzione;
- elementi comprovanti l'origine del prodotto nella zona indicata;
- elementi che giustificano il collegamento con l'ambiente geografico;
- descrizione del metodo di ottenimento del prodotto;
- elementi specifici dell'etichettatura;
- riferimenti relativi alle strutture di controllo.

Una volta pervenuta la domanda, la Regione o la Provincia Autonoma procede ad un esame ed una valutazione dei parametri tecnico-produttivi e geografici contenuti nei relativi disciplinari di produzione, provvede alle opportune modifiche ed integrazione dei disciplinari, ed esprime al MIPAF un





proprio motivato parere. Il MIPAF completa la fase istruttoria, esprimendo il proprio parere e, qualora sia positivo, trasmette la domanda per la registrazione, corredata della necessaria documentazione alla Commissione UE. La Commissione procede ad un esame formale della richiesta di registrazione e, nel caso in cui le sue conclusioni siano favorevoli all'accoglimento della domanda, procede alla pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea degli elementi essenziali della domanda.

Nel caso invece di Attestazione di Specificità l'iter procedurale è molto simile ai precedenti, ma per taluni aspetti più semplice in quanto non richiede l'identificazione di un contesto geografico come per la D.O.P. e l'I.G.P. L'accoglimento della domanda da parte della Commissione consente l'iscrizione all'Albo comunitario delle Attestazioni delle Specificità.

Certificazione di prodotto agroalimentare e certificazione di filiera

Si tratta di una forma di certificazione sottoposta alla verifica degli organismi di certificazione accreditati SINCERT nel rispetto della norma UNI EN 45011, e che prevede la certificazione di un prodotto verificata durante le diverse fasi di processo, ed eventualmente delle sue caratteristiche attraverso analisi effettuate da laboratori accreditati SINAL. L'organizzazione interessata ad ottenere tale certificato deve produrre uno specifico disciplinare di produzione, che deve essere verificato dall'organismo di certificazione nelle diverse fasi del ciclo di produzione ed eventualmente della filiera produttiva (approvvigionamento delle materie prime, produzione, trasformazione, commercializzazione). Al momento attuale appare come la forma migliore di certificazione, in quanto può consentire non solo l'identificazione delle caratteristiche di prodotto che l'azienda vuole immettere sul mercato ma anche la certificazione all'interno della sua intera filiera, e di conseguenza la sua rintracciabilità.

Come ottenere la certificazione di prodotto agroalimentare

Il primo passo, da intraprendere per ottenere la certificazione volontaria di prodotto è senza dubbio l'identificazione chiara ed accurata da parte della direzione aziendale delle caratteristiche di prodotto o di processo da certificare. Tali caratteristiche, una volta individuate e certificate da un organismo di terza parte e poste in etichetta, permettono al prodotto e quindi all'azienda di essere individuati in modo univoco dal consumatore finale rispetto alla stessa tipologia di prodotto sul banco vendita.

L'iter di certificazione volontaria di prodotto è simile a quello di sistema



pertanto per un'azienda che ha un proprio Sistema Qualità non risulta difficile passare alla certificazione di prodotto, dal momento che dovrà soltanto andare ad individuare quali punti del sistema siano riferibili anche al prodotto.

La certificazione di sistema

Sistemi qualità e sistemi di gestione ambientale

Serie ISO 9000

Si tratta di norme che assicurano la qualità dei processi di produzione attraverso l'implementazione di sistemi qualità all'interno dell'organizzazione produttiva. Attualmente, le norme vigenti ISO 9001:1994, ISO 9002:1994 e ISO 9004:1994 "Modelli per l'assicurazione della qualità delle organizzazioni", sono in corso di sostituzione con le nuove norme ISO 9000:2000, ISO 9001:2000, ISO 9004:2000 che forniscono rispettivamente concetti e definizioni, requisiti e linee guida per il miglioramento delle prestazioni per i Sistemi di Gestione per la Qualità. In particolare occorre sottolineare che le nuove norme di gestione della Qualità hanno come obiettivo non solo il soddisfacimento del cliente, ma anche di tutte le parti interessate alla vita dell'organizzazione, come personale interno, soci, fornitori, ambiente e società.

Serie ISO 14000

Si tratta di norme che consentono alle organizzazioni di attivare un sistema di gestione ambientale attraverso 5 fasi e precisamente: a) elaborazione della politica ambientale; b) pianificazione degli obiettivi, dei traguardi e dei programmi ambientali; c) attuazione e funzionamento del sistema; d) controlli ed azioni correttive; e) riesame della direzione. Il tutto deve essere focalizzato nell'ottica del miglioramento continuo delle prestazioni ambientali dell'azienda. Le principali norme di riferimento per un'organizzazione che si intenda certificare sono:

- ISO 14001 - Sistemi di Gestione Ambientale - Requisiti e guida per l'uso;
- ISO 14004 - Sistemi di Gestione Ambientale - Linee guida generali sui principi, i sistemi e le tecniche di supporto;
- ISO 14010 - Linee guida per l'audit ambientale - Principi generali;
- ISO 14011 - Linee guida per l'audit ambientale - Procedure di audit;
- ISO 14012 - Linee guida per l'audit ambientale - Criteri di qualifica per gli auditor ambientali.



EMAS

Si tratta di norme che consentono di registrare le organizzazioni che abbiano realizzato un sistema di gestione ambientale conforme al reg. (CE) 761/2001 - Adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit - EMAS nello specifico elenco predisposto dall'Unione Europea. Il reg. 761/2001 prevede norme simili e in molti casi coincidenti con gli standard ISO 14000, sebbene in alcuni casi i requisiti EMAS siano più restrittivi, come ad esempio per la conformità legislativa.

Come ottenere la certificazione

Quando un'azienda ha sviluppato tutti i requisiti previsti dalla norma dal punto di vista documentale, applicativo e il personale risulta adeguatamente formato ed addestrato ai differenti livelli di competenza, allora si può considerare pronta per la visita di certificazione (nel caso di EMAS bisognerà invece parlare di registrazione). A questo punto rimangono da seguire 5 tappe fondamentali al fine di conseguire la certificazione di conformità agli standard ISO per la qualità e l'ambiente.

- Presentazione da parte dell'azienda della domanda di certificazione ad un organismo di certificazione con le quali vengono fornite informazioni generali dell'azienda e dei suoi principali aspetti produttivi e di processo (sistemi qualità) ed ambientali (sistemi di gestione ambientale), nel contempo viene consegnato il manuale qualità/ambientale con allegato un elenco delle procedure e delle istruzioni operative.
- Verifica documentale eseguita dall'organismo di certificazione al fine di valutare se il manuale sia conforme alla norma ISO di riferimento.
- Visita di valutazione svolta presso l'azienda dagli ispettori dell'organismo di certificazione al fine di valutare la completa conformità alla norma ISO 9000 o 14000 dal punto di vista documentale, applicativo e della formazione e dell'addestramento del personale.
- Rilascio della certificazione da parte del comitato di certificazione sulla base dell'esame della documentazione di istruttoria e del rapporto della visita di valutazione.

Una volta ottenuto il certificato l'organizzazione sarà periodicamente sottoposta alla sorveglianza da parte dell'organismo di certificazione (in genere una volta l'anno). Questa verifica viene realizzata attraverso visite (audit) al fine di verificare il costante e corretto mantenimento del sistema qualità o del sistema di gestione ambientale.



Intervista all'ing. Flavio Falcone, Direttore dell'area certificazione del CERMET, un organismo di certificazione accreditato dal SINCERT.

Il settore acquacoltura in Italia ha oramai raggiunto il traguardo delle 1.000 imprese con oltre 800 miliardi di fatturato. Quale ritiene siano le prospettive di questo settore nell'ambito della certificazione?

Ritengo che siano particolarmente interessanti in quanto, in particolare per il prodotto ittico, la grande distribuzione e soprattutto il consumatore hanno sempre di più esigenze di garanzie sulla capacità delle organizzazioni di fornire un prodotto di qualità. Il prodotto ittico è un prodotto non valutabile tramite un catalogo di caratteristiche, come i prodotti industriali, perciò la certificazione dell'organizzazione, della sua serietà e dell'attenzione che pone a tutte le fasi dei processi e dei controlli è la migliore garanzia.

Quale sistema di certificazione ritiene più opportuno e più utile alle aziende del settore ai fini di favorirne la competitività?

Nella fase attuale, probabilmente la certificazione di prodotto, in quanto costituisce un elemento di forte garanzia, per i consumatori e per la distribuzione, della capacità delle aziende del settore di garantire attraverso il controllo dei processi, dei prodotti approvvigionati e dell'organizzazione le caratteristiche organolettiche del prodotto ittico. Oltre queste garanzie, la certificazione di prodotto, rilasciata da un organismo di certificazione, garantisce un continuo controllo delle organizzazioni in riferimento alle aspettative del mercato. Consente di dare identità ai prodotti tramite l'utilizzo del marchio e fornisce le basi più importanti per ottenere riconoscimenti di più alto livello come la certificazione ISO 9000 o ISO 14000.

È possibile per le aziende integrare i sistemi qualità con i sistemi di gestione ambientale oppure con i sistemi di certificazione del prodotto?

Non solo è possibile, ma è fortemente consigliato a qualsiasi organizzazione progettare ed attuare i diversi sistemi di gestione in maniera integrata. Ciò vale in particolare per il settore ittico dove, ancor più che nelle altre tipologie di aziende, qualità, ambiente e sicurezza sono aspetti che devono essere tenuti in considerazione contemporaneamente, in quanto la tipologia dei processi è tale da impattare contemporaneamente sui tre suddetti aspetti. Inoltre, un approccio integrato consente di minimizzare le risorse necessarie per gestire i sistemi e soprattutto è molto più vicino alla consuetudine operativa di un'azienda ittica.

Quali passi deve intraprendere un'azienda del settore ittico che voglia ottenere una certificazione di sistema o di prodotto?

Nel caso in cui un'azienda del settore ittico voglia intraprendere il percorso che la porti alla certificazione del Sistema Qualità è opportuno che per la fase



di preparazione si avvalga di un professionista della consulenza. Questo è un punto molto delicato in quanto il consulente deve essere selezionato considerando quanto meno i seguenti aspetti fondamentali:

- i titoli dimostrati del consulente;
- la sua esperienza nell'applicazione del Sistema Qualità o prodotto nelle aziende del settore ittico;
- la capacità di interpretare i requisiti della norma calandoli nella specifica organizzazione senza cambiare metodi o organizzazione, se non necessari per dimostrare il conseguimento degli obiettivi qualità;
- la capacità e la volontà di accompagnare l'organizzazione in una crescita culturale e organizzativa;
- la correttezza contrattuale e la disponibilità operativa.

Lo sviluppo operativo del lavoro, quindi, per ottenere i massimi benefici, deve vedere una partecipazione critica dell'azienda allo sviluppo del sistema. Non dimentichiamo che un'azienda che lavora sul mercato ha sicuramente tutte le conoscenze necessarie relative ai processi, ai prodotti e al mercato stesso. La realizzazione del sistema deve valorizzare queste conoscenze in modo da farle diventare una struttura organizzata che produce decisioni tempestive ed efficaci, evitando che rimangano un patrimonio inutilizzato.

Nella fase finale dello sviluppo del sistema è utile contattare l'organismo per attivare la *procedura di certificazione*. La scelta dell'organismo va eseguita tra organismi accreditati SINCERT, privilegiando l'organismo che dimostra fin dai contatti iniziali la necessaria attenzione al cliente, un'attenzione che deve essere sostanziale e non formale, cioè basata su un rapporto che, sebbene nel rispetto dei ruoli reciproci, non lasci l'azienda sola e si riduca a delle formali verifiche, ma costituisca la naturale prosecuzione e sviluppo del sistema anche e soprattutto dopo il rilascio della certificazione. Ciò vale in particolare per le aziende del settore ittico per le quali, non essendoci come per le altre un'esperienza decennale di Sistemi Qualità applicati, è necessario considerare la sorveglianza della certificazione come un processo di accompagnamento e sviluppo.

Esistono aiuti alle aziende del settore ittico che desiderano intraprendere la via della certificazione?

Sì, senza dubbio. Molte regioni italiane hanno emesso delle disposizioni legislative che prevedono la concessione di contributi a fronte spese sostenute per consulenza, formazione, taratura degli strumenti e certificazioni per molte categorie di imprese, fra le quali sono comprese le aziende del settore ittico. Molte regioni inoltre favoriscono, nella concessione di contributi, le aziende che intendano ottenere la certificazione per il proprio sistema qualità o di



gestione ambientale, attraverso un meccanismo premiale che le privilegia nelle graduatorie relative alla concessione di contributi (vedi ad es. i Patti Territoriali e la Legge 488/92).

Una volta che un'azienda abbia ottenuto la certificazione quante risorse umane, finanziarie e tecniche dovrà dedicare per il suo mantenimento?

Una volta ottenuta la certificazione, se i presupposti ed i passi seguiti sono quelli precedentemente detti, l'azienda è sicuramente nelle condizioni di poter avere benefici economici ed organizzativi che superano ampiamente gli oneri per il mantenimento. Gli oneri sono quelli relativi alle sorveglianze aziendali che vengono pianificate nella frequenza e nella durata minime necessarie per garantire il continuo controllo del sistema. Orientativamente una sorveglianza per un'azienda può variare da L. 1.000.000 (ca. 516 euro) a L. 1.250.000 (ca. 646 euro).

6.1.5 Le nuove frontiere della certificazione

I nuovi sviluppi nel settore della certificazione sono legati indubbiamente al processo di coinvolgimento di tutte le parti interessate (autorità, cittadini, imprese), al processo di ripartizione delle responsabilità relative ai consumi e al comportamento nei confronti dell'ambiente e delle risorse naturali, come del resto ribadito nel V Programma d'azione per l'Ambiente della Comunità Europea (1992).

Questo orientamento è stato confermato nella bozza del VI Programma d'azione per l'Ambiente (2000), in cui la Commissione Europea si propone di incoraggiare il miglioramento delle prestazioni ambientali di prodotto, lungo tutto il suo ciclo di vita, nell'ambito di una Politica Integrata di Prodotto. L'attuazione di questa politica da parte della Commissione comporterà azioni di carattere economico a sostegno dei prodotti eco-compatibili, con specifici contributi per favorire l'attività di progettazione e di certificazione di prodotti a basso impatto ambientale come pure lo sviluppo dell'informazione sulle caratteristiche di questi prodotti presso i consumatori e dell'attività di progettazione e di certificazione di prodotti a basso impatto ambientale. In questo contesto assume particolare importanza il concetto di integrazione inteso come certificazione integrata qualità-ambiente, oppure come certificazione integrata prodotto-sistema qualità-sistema di gestione ambientale. Per questi sistemi di certificazione si iniziano a rilevare già alcuni esempi applicativi. Lo stesso concetto deve essere applicato al fine di raggiungere un'integrazione delle politiche delle singole organizzazioni, fino ad arrivare alla realizzazione di sistemi di gestione territoriali che coinvolgano i diversi



attori socio-economici presenti nel territorio.

L'integrazione deve essere inoltre collegata al ciclo di vita del prodotto. In questo caso l'esigenza è quella di considerare in modo integrato gli impatti ambientali che si producono nelle diverse fasi della filiera produttiva e anche più estesamente durante il ciclo di vita del prodotto, seguendo un approccio denominato *"dalla culla alla tomba"* (e cioè dalla produzione alla dismissione del prodotto), fino ad arrivare ad un approccio attualmente ritenuto più corretto *"dalla culla alla culla"*. Questo approccio integrato, infatti, consente di curare anche gli aspetti e gli impatti relativi allo smaltimento o alla riutilizzazione del prodotto.

6.1.6 L'Acquacoltura e l'attività di certificazione

Certificazione di prodotto

Attualmente, il settore ittico non risulta particolarmente sviluppato per ciò che riguarda i marchi di qualità, dal momento che nell'intero territorio dell'Unione Europea risultano esistenti solamente 4 I.G.P. e 1 D.O.P. per la tutela di prodotti provenienti dall'acquacoltura (cfr. Tab. I) in confronto alle centinaia esistenti per la tutela di formaggi, derivati della carne, oli di oliva, ecc.

Tab. I - Marchi I.G.P. e D.O.P. per la tutela di prodotti dell'acquacoltura presenti nel territorio dell'Unione Europea.

Tipo di protezione	Prodotto	Consorzio	Paese
I.G.P.	Trota della Selva Nera	Verein zum Schutz der Herkunftsbezeichnung "Schwarzwaldforelle"	Germania
D.O.P.	Bottarga di Missolongi	Fishery Supervision, Mesolongi	Grecia
I.G.P.	Cappasanta delle Côtes-d'Armor	Organisation de producteurs des Côtes-d'Armor	Francia
I.G.P.	Salmone di Clare Island	Irish Seafood Producers Group	Irlanda
I.G.P.	Ostrica di Whitstable	The ancient oyster companies of Whitstable and Faversham	Regno Unito

Fonte: Commissione europea, 2001.

Nessun marchio di qualità è stato finora rilasciato dall'Unione Europea per prodotti ittici italiani, tuttavia recentemente si è potuto rilevare un crescente interesse sia da parte delle organizzazioni dei produttori ittici, sia da parte del settore pesca, sia dell'acquacoltura. Tra le numerose iniziative si ricorda:

Acquacoltura

- Mitili del golfo de La Spezia in Liguria (D.O.P.);
- Anguilla affumicata dello stagno di Santa Giusta in Sardegna (D.O.P.);
- Bottarga di cefalo della Laguna di Orbetello in Toscana (D.O.P.);
- Anguilla affumicata della laguna di Orbetello (D.O.P.).

Pesca

- Acciuga Salata della Sicilia occidentale (I.G.P.);
- Acciughe Sottosale del Mar Ligure (D.O.P.);

Inoltre il Ministero delle Politiche Agrarie e Forestali ha predisposto un primo elenco di 50 prodotti ittici italiani dichiarati Prodotti Tradizionali e riportati nel D.M. 18 luglio 2000, intendendo per essi “quei prodotti agro-alimentari le cui metodiche di lavorazione, conservazione, e stagionatura risultino consolidate nel tempo, omogenee per tutto il territorio interessato, secondo regole tradizionali, per un periodo non inferiore ai 25 anni”. Questo riconoscimento del Ministero rappresenta indubbiamente un primo passo ai sensi del riconoscimento di una D.O.P. o di una I.G.P.

Per ciò che riguarda la certificazione di prodotto agro-alimentare gli allevatori di molluschi della Laguna di Venezia hanno predisposto uno specifico disciplinare di produzione per la vongola verace e gli altri molluschi allevati nella parte meridionale della Laguna di Venezia e sono in procinto di ottenere la certificazione. L'Associazione Piscicoltori Italiani sta inoltre predisponendo degli specifici disciplinari di produzione per la trota, la spigola e l'orata che verranno messi a disposizione degli allevatori che intendano certificare i propri prodotti.

Occorre infine ricordare che la Provincia di Taranto ha promosso un marchio collettivo per le cozze del golfo di Taranto. Il marchio collettivo serve a garantire l'origine, la materia e la qualità di un determinato prodotto, ma la sua emissione non risulta ratificata e/o regolata da organismi a livello nazionale o europeo, come per le certificazioni di prodotto precedentemente riportate.

Certificazione di sistema

Anche per ciò che riguarda la certificazione di sistema, il comparto acquacoltura non appare particolarmente avanzato rispetto agli altri settori produttivi agro-alimentari. Negli ultimi due anni tuttavia anche gli allevatori ittici hanno mostrato un crescente interesse soprattutto nello specifico settore dell'allevamento di specie marine. Per gli altri settori alla fine del 2000





risultavano provviste di una certificazione ISO 9002, solo un'azienda di trasformazione e commercializzazione di trote (Astro Scarl di Lavis - Trento) e un'industria mangimistica.

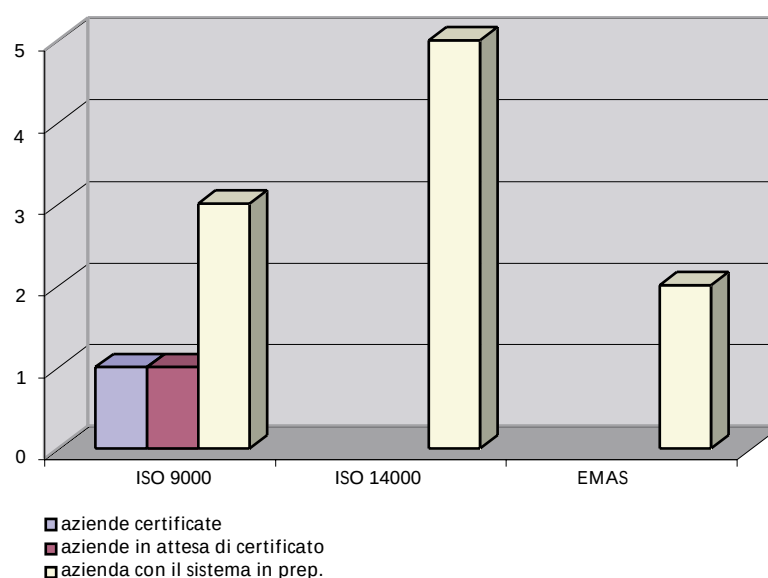


Fig. 1 - Attività di certificazione di sistema degli allevamenti di specie ittiche marine.

Intervista a Giuseppe Maggio, rappresentante legale della Sicily Fish Farm. La Sicily Fish Farm è un impianto *off-shore* con gabbie galleggianti posto di fronte a Siacca che sta realizzando un sistema di gestione ambientale conforme alla norma ISO 14001 e al regolamento EMAS e ha in corso di ottenimento la certificazione del sistema qualità ISO 9002.

Alla luce delle sue recenti esperienze, quali ritiene che siano stati i vantaggi relativi all'implementazione di sistemi qualità e sistemi di gestione ambientali nella sua azienda?

A prescindere dal valore della certificazione in se stessa, trovo che il miglior vantaggio per l'azienda sia connesso in un maggior controllo dei processi produttivi dal punto di vista ambientale e della qualità.

Quale difficoltà pensa che troveranno le aziende del settore nell'applicare le norme ISO e le normative comunitarie in materia di certificazioni?

L'estrema rigidità della norma calata in un ambiente, quello marino, difficilmente gestibile e programmabile, oltre al fatto che la "materia prima" è composta da organismi vivi e come tali soggetti ad eventi non facilmente inseribili nelle "procedure".

Ritiene che l'introduzione di sistemi di certificazione del prodotto potrà essere di utilità all'acquacoltura e, in caso positivo, in quale maniera?

In linea di principio sarà molto utile, ma per una corretta certificazione di prodotto occorre passare per la certificazione del processo, il che sarà sicuramente complesso per la maggioranza degli impianti, specialmente i più piccoli. Bisogna però considerare che questo sistema di certificazione potrà risultare estremamente oneroso, se non si fa un'adeguata campagna di informazione per il consumatore. Occorre inoltre che il capitolato sia sufficientemente severo, ma percorribile, virtualmente, da tutti.

Ritiene che sistemi di certificazione di filiera possano essere utili per il settore ittico?

Sì, come per tutti i settori ormai è una via irrinunciabile, ma occorrono delle regole chiare per tutti. L'informazione contenuta nel numero di lotto deve essere uguale per tutti, deve, cioè, rispondere a una serie di domande precise alle quali il produttore deve rispondere in maniera documentata.



6.1.7 Il pesce biologico

Con l'emanazione del Reg. CE 1874/99 per le produzioni animali biologiche, l'Unione Europea ha previsto specifiche norme e procedure per l'allevamento biologico di bovini, ovini suini caprini e l'apicoltura. Per ciò che riguarda invece l'acquacoltura, il suddetto regolamento prefigura la possibilità di ottenere la certificazione di prodotto biologico, senza però fornire ulteriori specifiche, mentre invece rimane escluso tutto il settore della pesca marittima. Successivamente però alcune associazioni internazionali, come l'IFOAM, o associazioni di allevatori hanno prodotto delle linee guida o delle norme che codificano l'allevamento biologico di talune specie (salmone e trota), senza tuttavia riuscire a fornire a tali norme un livello di applicazione internazionale e la completezza raggiunta dalla norme e dalle procedure per l'agricoltura e la zootecnia biologica.

In questo contesto l'Uniprom, in collaborazione con le organizzazioni dei produttori del settore ittico, ha promosso, nel corso del 2000, un progetto pilota con l'obiettivo generale di identificare le norme e le procedure per le produzioni ittiche biologiche, prendendo come riferimento il reg. CE 1874/99. Con la fine del progetto, (ottobre 2001) si prevede di raggiungere i seguenti risultati:

- definizione di un protocollo di produzione biologica delle specie ittiche marine pregiate (orata e spigola), in analogia del Reg. CE 1874/99 per le produzioni animali biologiche;
- acquisizione di dati sperimentali di natura tecnico-produttiva, per il trasferimento e la divulgazione ai produttori, attraverso la sperimentazione di



- detto protocollo in 4 allevamenti ittici appartenenti a differenti tipologie produttive (gabbie, vasche in cemento e in terra);
- acquisizione di dati di ordine economico e di mercato utili agli allevatori per valutare la convenienza e l'opportunità di riconversione aziendale verso produzioni biologiche;
 - acquisizione di dati riguardo la caratterizzazione chimico-nutrizionale ed organolettica del pesce allevato secondo il protocollo sperimentale, valutando eventuali differenze con il prodotto allevato secondo il sistema "tradizionale";
 - preidentificare procedure di controllo degli impianti dediti alla produzione di pesce biologico;
 - verificare l'orientamento dei consumatori verso le produzioni ittiche biologiche;
 - preidentificare e sperimentare procedure di etichettatura del prodotto biologico;
 - sperimentare un sistema di certificazione di prodotto integrata con un sistema di gestione ambientale.

Al momento non è possibile fornire dei risultati sull'esito della sperimentazione del protocollo, ma riteniamo comunque interessante riportare l'opinione di un allevatore ittico coinvolto nell'iniziativa, Franco Santamaria, presidente della Cooperativa Maricoltura Mattinatese (FG) che ha ospitato una delle prove sperimentali previste dal progetto.

Perché ha aderito alla sperimentazione promossa dall'Uniprom sull'acquacoltura biologica?

È prima di tutto un dovere morale di chi produce alimenti verificare ogni innovazione atta a migliorare la qualità dei prodotti destinati al consumo umano.

Ritiene positiva l'esperienza di allevamento di pesce biologico secondo il protocollo Uniprom?

E molto meritevole che l'Uniprom si sia fatto carico di avviare questa fase sperimentale finalizzata a verificare la fattibilità di introdurre il metodo biologico anche tra le produzioni ittiche. Sarà l'intero settore ittico a giovarse ne. Tra gli operatori commerciali del settore ed anche tra i consumatori s'è creata molta attesa per i risultati del progetto.

Come ha accolto l'iniziativa il personale della Cooperativa Maricoltura Mattinatese?

Gli addetti della cooperativa inizialmente hanno accettato questa iniziativa



con qualche perplessità, preoccupati in particolare per i diversi adempimenti tecnici a cui avrebbero dovuto far fronte. Col passare del tempo, compresa bene l'importanza dell'iniziativa e la sua ricaduta positiva sull'azienda, le perplessità iniziali hanno lasciato il posto all'interesse

Quale difficoltà pensa che troveranno le aziende del settore nell'allevare il pesce biologico secondo il protocollo Uniprom?

Le difficoltà sono prima di tutto quelle che si presentano ad ogni nuova attività. Poi, se questa pratica dovesse estendersi, come è auspicabile, su larga scala, ritengo che le difficoltà maggiori riguarderanno il reperimento delle materie prime per la produzione del mangime biologico.

Che benefici economici ritiene che potrà avere il settore dell'acquacoltura dall'attività di allevamento biologico?

Oggi il consumatore è molto più attento di prima. Sono sempre più quelli che esigono una maggiore qualità dei prodotti ed una conoscenza puntuale della provenienza e delle tecniche produttive del prodotto.

Infine c'è una parte dei consumatori ancora prevenuta sul consumo del pesce allevato, preoccupata in particolare di quello che i pesci mangiano. Quindi migliorare in generale la qualità del prodotto e certificare la provenienza diventerà una prassi necessaria. Offrendo un prodotto che possa essere certificato biologico, i consumatori si sentiranno più rassicurati ed anche i più prevenuti saranno disponibili a mangiare questo prodotto o ad aumentarne il consumo. Questo è il primo beneficio. Il secondo è rappresentato dal fatto che con il miglioramento della qualità si potranno ottenere prezzi di vendita più competitivi.

Un'ultima domanda, continuerà ad allevare pesce biologico anche dopo la fine della sperimentazione Uniprom?

Non so se i risultati finali di questo progetto sperimentale saranno tali da poter parlare di prodotto biologico. Comunque già adesso il prodotto si presenta di qualità superiore e ritengo che sarà molto apprezzato dal mercato. Quindi la mia risposta è affermativa, continueremo ad allevare pesce con il protocollo messo a punto dall'Uniprom estendendolo gradualmente a tutta la produzione.



Riferimenti al CCPR

L'acquacoltura è un'attività molto diversificata, con problematiche proprie e condizioni al contorno che variano nelle varie aree del globo, sia in relazione alle diverse condizioni ambientali naturali, sia e soprattutto con riferimento alle diversità sociali ed economiche.

Alcuni giudizi espressi in Occidente non hanno lo stesso valore in Oriente, ad esempio alcune percezioni delle realtà agro-alimentari possono assumere valenze differenti per motivazioni di carattere religioso in realtà geo-politiche differenti.

Il giudizio in un contesto di forti bisogni può fortemente diversificarsi da quello espresso in un contesto di opulenza.

Dunque il capitolo si riferisce soprattutto al mondo occidentale (Giappone compreso), che come è noto rappresenta un'aliquota ridotta delle produzioni da acquacoltura. Ma il problema della certificazione, di fatto, riguarda anche i Paesi ad economie emergenti che, se proiettati a fare delle produzioni da acquacoltura un bene esportabile, debbono necessariamente affrontare il mercato globale con tutti gli strumenti competitivi in materia di qualità e di sicurezza alimentare.

Il nuovo "contesto della qualità" tende ad integrare quello largamente dominante delle quantità, ma in realtà siamo ancora di fronte ad una moderata tendenza, potremmo dire all'inizio di un processo, almeno per quanto concerne le produzioni ed i prodotti di acquacoltura.

Il CCPR considera gli aspetti commerciali all'articolo 11, il cui comma 11.1.1 è interamente dedicato a garantire il consumatore nel diritto a consumare prodotti ittici sani. Nel comma successivo, l'11.1.2 vengono menzionati i punti chiave riferiti alle garanzie di sicurezza alimentare e qualità, aspetti già commentati per altri capitoli.

Per quanto concerne la certificazione di tipo ambientale, il CCPR pone le basi per i criteri generali, ma non approfondisce il tema, tanto che la FAO ha successivamente pubblicato alcuni documenti sull'ECOLABELING per la pesca.

Perché? La risposta può essere duplice.

Da un lato bisogna considerare che il codice, pur essendo giovane nelle applicazioni concrete, è già "maturo" nelle elaborazioni teoriche, e che le esigenze di certificazione potrebbero essere considerate come seguiti del CCPR stesso, e non come contenuti specifici dello stesso. Dall'altro bisogna considerare che è stata posta particolare prudenza nel trattare il tema, peraltro discusso recentemente alle Conferenze della pesca della FAO con posizioni contrastanti, per le implicazioni di carattere politico, e per la possibilità di



generare nuove barriere tra il nord ed il sud del mondo, un mondo ricco capace di qualificare i suoi prodotti contrapposto ad un mondo povero ancora privo di strumenti appropriati.

Si lasciano al lettore tutte le considerazioni di carattere politico, economico e sociale che il caso richiede, ma il richiamo frequente del CCPR alla cooperazione internazionale può essere tranquillamente applicato al soggetto in questione.

Nel garantire un mercato equo e globale, bisognerebbe fornire strumenti per assicurare produzioni sane e di qualità, unitamente alla capacità di certificare tali attributi, ai Paesi che vogliono sviluppare produzioni da acquacoltura, per il mercato interno e per l'esportazione.

Le grandi quantità che invadono i mercati, anche grazie alla predisposizione "bio-energetica" dell'acquacoltura a produrre grandi biomasse una volta superati i fattori limitanti di tipo tecnologico, spingono il mercato ad essere guidato dalla politica dei prezzi, proprio per una offerta crescente. Pertanto, ove non sia sviluppata la capacità di ricercare e conoscere la qualità da parte dei consumatori, il produttore che ha scelto la qualità come obiettivo rischia di essere svantaggiato, per i maggiori costi di produzione ad esempio, o per gli elevati costi delle campagne promozionali.

Ciononostante, per il futuro delle nostre imprese, sembra segnata la via della qualità, proprio per trasformare i limiti della globalizzazione in opportunità competitive. D'altro canto, l'agro-alimentare italiano ha dimostrato che questa via è l'unica per rimanere sul mercato, e questa regola generale dovrebbe poter essere applicata all'acquacoltura con successo.

S.C.

CODE OF CONDUCT

FOR

RESPONSIBLE FISHERIES



Food
and
Agriculture
Organization
of
the
United
Nations

PREFAZIONE

Fin dall'antichità, la pesca è stata una delle maggiori risorse alimentari per l'umanità e fonte di occupazione e vantaggi economici per chi impegnato in questa attività. L'abbondanza delle risorse acquatiche fu considerata un illimitato dono della natura. Tuttavia, con la crescita delle conoscenze e lo sviluppo dinamico della pesca dopo la seconda guerra mondiale, questo mito è svanito davanti alla percezione che le risorse acquatiche, per quanto rinnovabili, non sono infinite e hanno bisogno di essere correttamente gestite, se vogliamo mantenere il loro contributo al benessere nutrizionale, economico e sociale della crescente popolazione mondiale.

La diffusa introduzione, alla metà degli anni '70, delle Zone Economiche Esclusive (EEZ) e l'adozione nel 1982, dopo lunghe riflessioni, della Convenzione delle Nazioni Unite sulla Legge del Mare (United Nations Convention on the Law of the Sea), ha fornito una nuova struttura per una migliore gestione delle risorse marine. Il nuovo regime normativo dell'oceano ha dato agli Stati costieri diritti e responsabilità per la gestione e l'uso delle risorse della pesca all'interno delle loro EEZ, che comprendono circa il 90% delle zone di pesca nel mondo. Tale estensione della giurisdizione nazionale è stato un passo necessario ma insufficiente verso la gestione efficiente e lo sviluppo sostenibile della pesca. Molti Stati costieri continuano ad affrontare serie sfide, in carenza di esperienza e di risorse finanziarie e materiali, cercando di estrarre i maggiori vantaggi dalla pesca all'interno delle loro EEZ.

Negli ultimi anni la pesca è divenuta, a livello mondiale, un settore in sviluppo dinamico dell'industria alimentare guidata dal mercato e gli Stati costieri si sono sforzati di trarre vantaggio dalle loro nuove opportunità investendo in moderne flotte da pesca e stabilimenti di trasformazione, in risposta alla crescente domanda internazionale di pesce e prodotti della pesca. Dalla fine degli anni '80 è però divenuto chiaro che le risorse della pesca non avrebbero potuto sostenere un tale rapido e spesso incontrollato sfruttamento e sviluppo, e che erano necessari e urgenti nuovi approcci alla gestione della pesca, che comprendessero considerazioni di tipo ambientale e relative alla conservazione delle risorse. Il quadro della situazione si è aggravato al momento in cui ci si è resi conto del fatto che una pesca non regolata in alto mare, in alcuni casi comprendente specie ittiche condivise e altamente migratrici, presenti dentro e fuori le EEZ, stava diventando un problema di crescente importanza.

Il Comitato sulla Pesca (Committee on Fisheries - COFI) nella sua IXX^{ma} sessione, nel marzo 1991, fu convocato per lo sviluppo di nuovi concetti che avrebbero dovuto condurre ad una pesca responsabile. Conseguentemente, la Conferenza Internazionale sulla Pesca Responsabile (International Conference on Responsible Fishing), tenutasi a Cancun (Messico) nel 1992, richiese ancora alla FAO di preparare un Codice di Condotta internazionale per applicare queste indicazioni. Il risultato di questa conferenza, e particolarmente la Dichiarazione di Cancun, fu un importante contributo alla Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (United Nations Conference on Environment and Development - UNCED) del 1992, e in particolare alla sua Agenda 21. Successivamente fu convocata la Conferenza delle Nazioni Unite sugli stock ittici condivisi e sugli stock ittici altamente migratori, alla quale la FAO fornì un importante supporto tecnico. Nel novembre 1993, alla ventisettesima sessione della Conferenza FAO fu adottato l'Accordo per la Promozione del Rispetto delle Misure Internazionali di Conservazione e Gestione da parte della Flotta Peschereccia in Alto Mare (Agreement to Promote Compliance with International Conservation and Management Measures by Fishing Vessels on the High Seas). Notando questi ed altri importanti sviluppi nella pesca mondiale, le strutture della FAO raccomandarono la formulazione di un Codice di Condotta per la Pesca Responsabile globale, che avrebbe dovuto essere coerente con questi strumenti e, in maniera non coercitiva, stabilire principi e standard applicabili alla conservazione, gestione e sviluppo di tutta la pesca. Il Codice, che è stato unanimemente adottato il 31 ottobre 1995 dalla Conferenza della FAO, fornisce la struttura necessaria agli sforzi nazionali ed internazionali, per assicurare uno sfruttamento sostenibile delle risorse acquatiche viventi in armonia con l'ambiente. La FAO, in accordo con il suo mandato, è pienamente impegnata ad assistere gli Stati membri, ed in particolare i Paesi in Via di Sviluppo, nell'efficiente applicazione del Codice di Condotta per la Pesca Responsabile e riferirà alla comunità delle Nazioni Unite sui progressi conseguiti e sulle ulteriori azioni necessarie.





INTRODUZIONE

La pesca, compresa l'acquacoltura, fornisce una risorsa vitale di cibo, di attività lavorative, ricreative, commerciali e di benessere economico per le persone di tutto il mondo, per le generazioni presenti e future, e dovrebbe perciò essere condotta in modo responsabile. Questo Codice stabilisce principi e modelli internazionali di comportamento, per pratiche responsabili, al fine di assicurare un'effettiva conservazione, gestione e sviluppo delle risorse acquatiche viventi, con il dovuto rispetto per l'ecosistema e la biodiversità. Il Codice riconosce l'importanza nutrizionale, economica, sociale, ambientale e culturale della pesca, e l'interesse di tutti coloro che sono coinvolti nel settore della pesca. Il Codice tiene conto delle caratteristiche biologiche delle risorse e del loro ambiente, degli interessi dei consumatori e degli altri utenti. Gli Stati e tutti coloro che sono coinvolti nella pesca sono invitati ad applicare il Codice, rendendolo effettivo.

ARTICOLO 1 - NATURA E SCOPO DEL CODICE

- 1.1 Questo Codice è volontario. Tuttavia, alcune sue parti si basano su importanti regole delle normative internazionali, tra cui quelle formulate nella Convenzione delle Nazioni Unite sulla Legge del Mare⁽¹⁾, del 10 Dicembre 1982⁽²⁾. Il Codice contiene inoltre provvedimenti che potrebbero entrare o sono già entrati in vigore attraverso altri strumenti legali obbligatori fra le Parti, come l'Accordo per la Promozione del Rispetto delle Misure Internazionali di Conservazione e Gestione da parte dei Pescherecci in Alto Mare⁽³⁾, del 1993, che, in accordo con i provvedimenti della Conferenza FAO 15/93, paragrafo 3, fa parte integrante del Codice.
- 1.2 Il Codice è globale negli scopi, ed è diretto ai membri ed ai non membri della FAO, agli enti od organizzazioni, governative e non, che operano nelle attività di pesca a livello subregionale, regionale e nazionale, e a tutte le persone che operano nella conservazione, gestione e sviluppo delle risorse della pesca, dai pescatori al personale coinvolto nella trasformazione e commercializzazione dei prodotti della pesca, e a tutti gli altri fruitori dell'ambiente acquatico in relazione alla pesca.
- 1.3 Il Codice fornisce principi e modelli applicabili alla conservazione, gestione e sviluppo di tutti i settori della pesca. Esso riguarda anche la cattura, la trasformazione e la commercializzazione dei prodotti della pesca, l'acquacoltura, le attività di ricerca, l'integrazione della pesca nella gestione della fascia costiera.
- 1.4 In questo Codice, il riferimento agli Stati include la Comunità Europea nelle materie di sua competenza, ed il termine pesca si applica ugualmente sia alla pesca da cattura che all'acquacoltura.

ARTICOLO 2 - OBIETTIVI DEL CODICE

Gli obiettivi del Codice sono:

- a) stabilire principi, in accordo con le regole principali delle leggi internazionali, per una pesca responsabile e per attività di pesca, che tengano conto di tutti gli aspetti biologici, tecnologici, economici, sociali, ambientali e commerciali;
- b) stabilire principi e criteri per l'elaborazione e l'attuazione di politiche nazionali per una conservazione responsabile delle risorse della pesca e per la gestione e lo sviluppo della stessa;

⁽¹⁾ United Nations Convention on the Law of the Sea.

⁽²⁾ Ogni riferimento in questo Codice alla Convenzione delle Nazioni Unite sulla legge del Mare del 1982 o altri accordi internazionali s'intende senza pregiudizio alcuno circa la firma, ratifica o adesione di qualsivoglia Stato alla Convenzione o agli altri accordi.

⁽³⁾ Agreement to Promote Compliance with International Conservation and Management Measures by Fishing Vessels on the High Seas.

- c) servire come strumento di riferimento per aiutare gli Stati a stabilire o a migliorare il sistema legale e istituzionale necessario per l'esercizio di una pesca responsabile, nonché nella formulazione e sviluppo di misure appropriate;
- d) costituire una guida che possa essere utilizzata, dove appropriato, nella formulazione e nell'attuazione di accordi internazionali e di altri strumenti legali, tanto obbligatori che volontari;
- e) facilitare e promuovere cooperazioni tecniche, finanziarie e di altro tipo per la conservazione delle risorse di pesca e per la loro gestione e sviluppo;
- f) promuovere il contributo della pesca alla sicurezza alimentare e alla qualità dell'alimentazione, dando priorità alle necessità nutrizionali delle comunità locali;
- g) promuovere la protezione delle risorse acquatiche viventi, dei loro ambienti e delle aree costiere;
- h) promuovere il commercio del pesce e dei prodotti della pesca secondo le principali regole internazionali ed evitare l'uso di misure che ne costituiscano ostacolo;
- i) promuovere la ricerca sulla pesca così come sugli ecosistemi associati e sui principali fattori ambientali;
- j) fornire modelli di condotta a tutte le persone coinvolte nel mondo della pesca.

ARTICOLO 3 - RELAZIONI CON ALTRI ORGANI INTERNAZIONALI

- 3.1 Il Codice deve essere interpretato e applicato in conformità con le più importanti regole della legislazione internazionale, come espresso nella Convenzione delle Nazioni Unite sulla Legge del Mare, del 1982. In questo Codice nulla pregiudica i diritti, la giurisdizione e i doveri degli Stati in base alle leggi internazionali come riportato nella Convenzione.
- 3.2 Il Codice deve anche essere interpretato ed applicato:
 - a) in accordo con le clausole principali dell'Accordo per l'Applicazione dei Provvedimenti della Convenzione delle Nazioni Unite sulla Legge del Mare⁽⁴⁾, del 10 Dicembre 1982, relativo alla Conservazione e Gestione degli Stock Ittici Condivisi e degli Stock Ittici Altamente Migratori⁽⁵⁾;
 - b) in accordo con altre regole applicabili della legislazione internazionale, inclusi i rispettivi obblighi degli Stati riguardanti accordi internazionali di cui fanno parte;
 - c) in base alla Dichiarazione di Cancun del 1992, alla Dichiarazione di Rio del 1992 sull'Ambiente e lo Sviluppo e all'Agenda 21 adottata dalla Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED), in particolare al Capitolo 17 dell'Agenda 21, e ad altre importanti dichiarazioni e strumenti internazionali.

ARTICOLO 4 - APPLICAZIONE, CONTROLLO ED AGGIORNAMENTO

- 4.1 Tutti i membri e non membri della FAO, entità della pesca e le più importanti organizzazioni regionali, subregionali e globali, siano esse governative o non governative, e tutte le persone coinvolte nella conservazione, gestione e utilizzazione delle risorse della pesca, e nel commercio dei pesci e dei prodotti della pesca dovrebbero collaborare alla realizzazione e all'applicazione degli obiettivi e dei principi contenuti in questo Codice.
- 4.2 La FAO, in accordo col suo mandato nel sistema delle Nazioni Unite, controllerà l'applicazione e l'adempimento del Codice e i suoi effetti sulla pesca, ed il Segretariato riferirà di conseguenza al Comitato della Pesca (COFI). Tutti gli stati, siano essi membri o meno della FAO, così come le organizzazioni internazionali governative e non, dovrebbero attivamente collaborare con la FAO in questo lavoro.
- 4.3 La FAO, attraverso i suoi organi competenti, potrà rivedere il Codice, tenendo conto degli sviluppi nel campo della pesca e riferirà al COFI sull'attuazione del Codice stesso.

⁽⁴⁾ Agreement for the Implementation of the Provisions of the United Nations Convention on the Law of the Sea.

⁽⁵⁾ Conservation and Management of Straddling Fish Stocks and Highly Migratory Fish Stocks.





- 4.4 Gli Stati e le organizzazioni internazionali, sia governative che non governative, dovrebbero promuovere la comprensione del Codice fra coloro coinvolti nella pesca includendo, dove possibile, l'introduzione di programmi che promuovono l'accettazione volontaria del Codice e la sua effettiva applicazione.

ARTICOLO 5 - ESIGENZE PARTICOLARI DEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO

- 5.1 La capacità dei Paesi in Via di Sviluppo di applicare le raccomandazioni di questo Codice dovrebbero essere tenute nella dovuta considerazione.
- 5.2 Al fine di raggiungere gli obiettivi di questo Codice e sostenerne la sua attiva applicazione, i paesi, le più rilevanti organizzazioni internazionali, governative e non governative, e le istituzioni finanziarie, dovrebbero dare pieno riconoscimento alle speciali circostanze e necessità dei Paesi in Via di Sviluppo, inclusi in particolare i meno sviluppati, e i Paesi in Via di Sviluppo delle piccole isole. Gli Stati, le organizzazioni intergovernative e non governative, nonché le istituzioni finanziarie si dovrebbero adoperare a favore della adozione di misure rispondenti alle necessità degli Stati in Via di Sviluppo, specialmente nelle sfere dell'assistenza tecnica e finanziaria, del trasferimento di tecnologia, della formazione e cooperazione scientifica e nell'accrescere la loro abilità a sviluppare le proprie attività di pesca così come a partecipare alla pesca d'altura, incluso l'accesso a detta pesca.

ARTICOLO 6 - PRINCIPI GENERALI

- 6.1 Gli Stati e gli utilizzatori delle risorse acquatiche viventi dovrebbero conservare l'ecosistema acquatico. Il diritto di pescare porta con sé l'obbligo di farlo in modo responsabile così da assicurare l'effettiva conservazione e gestione delle risorse acquatiche.
- 6.2 La gestione della pesca dovrebbe promuovere la qualità, la diversità e la disponibilità delle risorse della pesca in quantità sufficienti per le presenti e le future generazioni, in un contesto di sicurezza alimentare, di riduzione della povertà e di sviluppo sostenibile. Le misure gestionali dovrebbero non soltanto assicurare la conservazione delle specie bersaglio, ma anche delle specie appartenenti al medesimo ecosistema, siano esse dipendenti da specie bersaglio o siano ad esse in qualche modo associate.
- 6.3 Gli Stati dovrebbero prevenire il sovrasfruttamento delle risorse ed un eccesso di capacità di pesca e dovrebbero implementare le misure gestionali per assicurare che lo sforzo di pesca sia commisurato alla capacità produttiva delle risorse della pesca e alla loro utilizzazione sostenibile. Gli Stati dovrebbero prendere misure per il ripristino delle popolazioni, nei limiti del possibile e quando appropriato.
- 6.4 Le decisioni riguardo alla conservazione e gestione della pesca dovrebbero essere basate sulla migliore evidenza scientifica disponibile, tenendo presente anche la conoscenza tradizionale delle risorse e del loro habitat, nonché i relativi fattori ambientali, economici e sociali. Gli Stati dovrebbero dare priorità alla raccolta dei risultati e alla ricerca, al fine di migliorare le conoscenze scientifiche e tecniche della pesca, ivi inclusa l'interazione con l'ecosistema. Laddove sia riconosciuta la natura transnazionale dei confini di molti ecosistemi acquatici, gli Stati dovrebbero incoraggiare la cooperazione bilaterale e multilaterale nella ricerca.
- 6.5 Gli Stati e le organizzazioni regionali e subregionali dovrebbero applicare il principio precauzionale alla conservazione, alla gestione e allo sfruttamento delle risorse acquatiche viventi ai fini di proteggerle e per difendere l'ambiente acquatico, tenendo conto della migliore evidenza scientifica disponibile. L'assenza di informazioni scientifiche adeguate non dovrebbe essere una ragione per rimandare o rinunciare ad adottare misure per la conservazione di specie bersaglio, né di specie ad esse associate o da esse dipendenti, o di specie non bersaglio e del loro ambiente.



- 6.6 Dovrebbero essere messi a punto ed applicati pratiche e attrezzi di pesca selettivi e rispettosi dell'ambiente, al fine di mantenere la biodiversità e di conservare la struttura della popolazione e gli ecosistemi acquatici e di proteggere la qualità del pesce. Dove esistano pratiche ed attrezzi della pesca correttamente selettivi e sicuri dal punto di vista ambientale, questi dovrebbero essere riconosciuti e dovrebbe essere data loro la priorità nello stabilire le misure di conservazione e gestione della pesca. Gli Stati e gli utenti degli ecosistemi acquatici dovrebbero minimizzare lo spreco, la cattura delle specie non bersaglio, sia pesci che non, e l'impatto sulle specie associate o dipendenti.
- 6.7 La raccolta, il trattamento, la trasformazione e la distribuzione del pesce e dei prodotti della pesca dovrebbero essere attuati in modo da mantenere il valore nutrizionale, la qualità e la sicurezza dei prodotti, e in modo tale da ridurre gli sprechi e minimizzare gli impatti negativi sull'ambiente.
- 6.8 Tutti gli habitat fondamentali per la pesca, negli ecosistemi marini e d'acqua dolce, come zone umide, mangrovie, barriere, lagune, aree di nursery e di riproduzione, dovrebbero essere protetti, e restaurati per quanto possibile e dove necessario. Vi dovrebbe essere uno sforzo particolare per proteggere tali habitat dalla distruzione, dal degrado, dall'inquinamento e da altri impatti derivanti dalle attività umane, e che possono minacciare la salute e la vitalità delle risorse della pesca.
- 6.9 Gli Stati dovrebbero assicurarsi che i loro interessi di pesca, inclusa la necessità di conservazione delle risorse, siano presi in considerazione nei molteplici usi delle zone costiere, e che tali interessi vengano integrati nella loro gestione, pianificazione e sviluppo.
- 6.10 Nell'ambito delle loro rispettive competenze e in conformità con la normativa internazionale, inclusa quella compresa nell'ambito dei quadri delle organizzazioni o degli accordi subregionali o regionali per la conservazione e la gestione della pesca, gli Stati dovrebbero concordare e cooperare per la conservazione e gestione, ed adottare meccanismi efficaci di monitoraggio e controllo delle attività dei pescherecci e delle imbarcazioni di supporto alla pesca.
- 6.11 Gli Stati che autorizzino pescherecci ed imbarcazioni di supporto alla pesca a battere la loro bandiera dovrebbero esercitare un effettivo controllo su queste imbarcazioni, al fine di assicurare la corretta applicazione di questo Codice. Essi dovrebbero assicurare che l'attività di tali imbarcazioni non pregiudichi l'efficacia delle misure di conservazione e gestione prese in accordo con le leggi internazionali ed adottate a livello nazionale, subregionale, regionale o globale. Gli Stati dovrebbero anche assicurare che le imbarcazioni battenti la loro bandiera soddisfino le loro prescrizioni concernenti la raccolta ed il conferimento dei dati relativi alla loro attività di pesca.
- 6.12 Nell'ambito delle loro rispettive competenze e in conformità con la normativa internazionale, gli Stati dovrebbero cooperare ai livelli subregionale, regionale e globale attraverso le organizzazioni di gestione della pesca e altri accordi internazionali, per la promozione della conservazione e della gestione e per garantire una pesca responsabile e l'efficace conservazione e protezione delle risorse acquatiche viventi in tutto il loro areale di distribuzione, tenendo conto del bisogno di misure compatibili in aree sia all'interno che al di fuori delle giurisdizioni nazionali.
- 6.13 Gli Stati dovrebbero, nei limiti permessi dalla loro normativa nazionale, assicurare la trasparenza dei processi decisionali e la tempestività delle soluzioni a problemi urgenti. Gli Stati, in conformità con le appropriate procedure, dovrebbero facilitare la consultazione e l'effettiva partecipazione dell'industria, dei lavoratori della pesca, delle organizzazioni ambientaliste o di altre organizzazioni interessate ai processi decisionali, riguardo allo sviluppo di normative e politiche relative alla gestione e allo sviluppo della pesca, al credito ed agli aiuti internazionali.
- 6.14 Il commercio internazionale del pesce e dei prodotti della pesca dovrebbe essere condotto in accordo con i principi, i diritti e gli obblighi stabiliti dall'Accordo dell'Organizzazione Mondiale per il Commercio



(WTO) e da altri accordi internazionali. Gli Stati dovrebbero garantire che le politiche, i programmi e le attività collegate al commercio del pesce e dei prodotti della pesca non risultino in conflitto con i principi di tale Accordo e che non comportino degrado ambientale o un negativo impatto sociale e nutrizionale.

- 6.15 Gli Stati dovrebbero cooperare al fine di evitare conflitti. Qualsiasi conflitto relativo alle attività e pratiche della pesca andrebbe risolto in maniera tempestiva, pacifica e cooperativa, secondo gli accordi internazionali, qualora applicabili, oppure risolto tramite qualsiasi altro tipo di accordo delle parti. In caso di vertenze pendenti su un conflitto, gli Stati coinvolti dovrebbero compiere tutti gli sforzi per introdurre accordi provvisori di natura pratica e tali da non pregiudicare il risultato finale di procedure di risoluzione del conflitto.
- 6.16 Gli Stati riconoscendo l'enorme importanza, per i pescatori e gli acquacoltori, della comprensione dei principi di conservazione e gestione delle risorse della pesca dalle quali dipendono, dovrebbero promuovere la consapevolezza di una pesca responsabile attraverso l'educazione e la formazione. Essi dovrebbero assicurare che i pescatori e gli acquacoltori siano coinvolti nel processo di formulazione ed applicazione delle politiche, anche nell'obiettivo dell'applicazione di questo Codice.
- 6.17 Gli Stati dovrebbero accertarsi che le attrezzature e gli equipaggiamenti da pesca, così come le attività della pesca stessa, siano in grado di garantire condizioni di lavoro e di vita sicure, salubri e giuste, nel rispetto degli standard adottati a livello internazionale dalle più importanti organizzazioni internazionali.
- 6.18 Riconoscendo gli importanti contributi che la pesca artigianale e la piccola pesca apportano all'impiego, al reddito e alla sicurezza alimentare, gli Stati dovrebbero proteggere in modo adeguato i diritti dei pescatori e degli operatori della pesca, in particolare quelli impegnati nella pesca di sussistenza, nella piccola pesca e in quella artigianale. Ciò al fine di garantire sicurezza ed equità, attraverso un accesso preferenziale, dove appropriato, ai territori ed alle risorse di pesca tradizionali in acque sotto la loro giurisdizione nazionale.
- 6.19 Gli Stati dovrebbero considerare l'acquacoltura, inclusa la pesca sostenuta⁽⁶⁾, come un mezzo per promuovere la diversificazione del reddito e della dieta. Facendo ciò, gli Stati dovrebbero garantire che le risorse vengano usate in maniera responsabile e che gli impatti negativi sull'ambiente e sulle comunità locali risultino minimizzati.

ARTICOLO 7 - GESTIONE DELLA PESCA

7.1 Generalità

- 7.1.1 Gli Stati e tutti coloro che sono impegnati nella gestione della pesca dovrebbero, attraverso una politica e un quadro legale ed istituzionale appropriati, adottare misure per la conservazione a lungo termine e l'uso sostenibile delle risorse della pesca. Le misure di conservazione e di gestione, a livello locale, nazionale, subregionale e regionale, dovrebbero essere basate sulla miglior evidenza scientifica disponibile ed essere concepite con l'obiettivo di assicurare il mantenimento a lungo termine delle risorse della pesca a livelli che promuovano l'obiettivo della loro utilizzazione ottimale e che garantiscano la loro disponibilità per le generazioni presenti e future; le considerazioni a breve termine non dovrebbero compromettere tali obiettivi.
- 7.1.2 Nelle aree sotto giurisdizione nazionale, gli Stati dovrebbero cercare di identificare i soggetti aventi un legittimo interesse nell'uso e nella gestione delle risorse della pesca, e stabilire accordi per consultarli, in modo da ottenere la loro collaborazione nella realizzazione di una pesca responsabile.

⁽⁶⁾Culture-based fisheries: pesca supportata dall'allevamento.



- 7.1.3 Per ciò che riguarda gli stock transnazionali, quelli condivisi, quelli altamente migratori e quelli oceanici, laddove questi vengano sfruttati da due o più Stati, gli Stati coinvolti, inclusi quelli costieri nel caso degli stock condivisi e di quelli altamente migratori, dovrebbero cooperare tra loro per garantire l'effettiva conservazione e gestione delle risorse. Ciò potrà essere raggiunto, ove sia il caso, grazie alla costituzione di organizzazioni o accordi bilaterali, subregionali o regionali.
- 7.1.4 Le organizzazioni, o gli accordi, subregionali o regionali per la gestione della pesca dovrebbero includere rappresentanze degli Stati nella cui giurisdizione esistono le risorse, nonché rappresentanze degli Stati aventi un reale interesse alla pesca delle risorse stesse, al di là delle giurisdizioni nazionali. Laddove esista un'organizzazione o accordo subregionale o regionale per la gestione della pesca ed abbia la competenza di stabilire misure per la gestione e la conservazione, gli Stati dovrebbero cooperare aderendo a tali organizzazioni o agli accordi, e partecipare attivamente al loro lavoro.
- 7.1.5 Uno Stato che non faccia parte di una organizzazione subregionale o regionale per la gestione della pesca, o non partecipi ad un accordo subregionale o regionale per la gestione della pesca, dovrebbe comunque cooperare secondo quanto stabilito dagli accordi e dalle leggi internazionali pertinenti alla conservazione e gestione delle principali risorse della pesca, applicando anch'esso qualsiasi misura di conservazione e gestione adottata da tale organizzazione o accordo.
- 7.1.6 Rappresentanti delle organizzazioni, sia governative che non governative, interessate alla pesca devono ricevere l'opportunità di partecipare agli incontri delle organizzazioni e degli accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca come osservatori o, nel caso, in altra forma, in accordo con le procedure dell'organizzazione o dell'accordo interessati. Questi rappresentanti devono avere tempestivo accesso ai documenti e ai rapporti di tali incontri, fatte salve le regole procedurali d'accesso a questi ultimi.
- 7.1.7 Gli Stati dovrebbero stabilire, nell'ambito delle proprie competenze e capacità, meccanismi efficaci per monitorare, vigilare e controllare la pesca e i mezzi per assicurare il rispetto delle misure per la gestione e la conservazione adottate dagli Stati stessi, dalle organizzazioni o dagli accordi subregionali o regionali.
- 7.1.8 Gli Stati dovrebbero provvedere a prevenire o eliminare l'eccessiva capacità di pesca e dovrebbero assicurare che i livelli di sforzo di pesca siano commisurati all'uso sostenibile delle risorse della pesca, come mezzo al fine di assicurare l'efficacia delle misure di conservazione e gestione.
- 7.1.9 Gli Stati e le organizzazioni o gli accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca dovrebbero assicurare trasparenza nel meccanismo di gestione della pesca e nel relativo processo decisionale.
- 7.1.10 Gli Stati e le organizzazioni o gli accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca dovrebbero garantire la dovuta propaganda alle misure di gestione e conservazione e assicurare che le leggi, i regolamenti e le altre norme legali che governano la loro applicazione siano effettivamente diffuse in modo capillare. Le basi e gli scopi di queste misure dovrebbero essere spiegati agli utenti delle risorse al fine di facilitare la loro applicazione.
- 7.2 Obiettivi della gestione
- 7.2.1 Riconoscendo che l'obiettivo principale della gestione e conservazione è l'uso sostenibile a lungo termine delle risorse della pesca, gli Stati e le organizzazioni subregionali e regionali della pesca dovrebbero, tra l'altro, adottare misure appropriate, basate sulla migliore evidenza scientifica disponibile. Tali misure dovranno essere finalizzate a mantenere o riportare gli stock a livelli in grado di produrre il massimo rendimento sostenibile, quest'ultimo definito in base ai fattori ambientali ed economici più rilevanti, incluse le speciali esigenze dei Paesi in Via di Sviluppo.



7.2.2 Tali misure dovrebbero garantire, tra l'altro, che

- a) sia evitato uno sforzo di pesca eccessivo e che lo sfruttamento degli stock rimanga economicamente accettabile;
- b) le condizioni economiche nelle quali opera l'industria della pesca promuovano la pesca responsabile;
- c) vengano tenuti in considerazione gli interessi dei pescatori, compresi quelli impegnati nella pesca di sussistenza, in quella artigianale e nella piccola pesca;
- d) venga conservata la biodiversità degli habitat acquatici e degli ecosistemi, e che vengano protette le specie a rischio;
- e) venga permesso agli stock eccessivamente sfruttati di ristabilirsi entro livelli normali o, se necessario, si dovrebbe provvedere a ristabilirli con azioni mirate;
- f) vengano valutati gli impatti negativi delle attività umane sulle risorse e, ove il caso lo rendesse necessario, gli stessi vengano corretti;
- g) siano minimizzati gli impatti dell'inquinamento, dei rifiuti, degli scarti, delle attrezzature da pesca smarrite o abbandonate, della pesca di specie non-bersaglio, sia ittiche che non, come anche gli impatti sulle specie associate o dipendenti, attraverso misure che garantiscano, laddove possibile, lo sviluppo e l'utilizzazione di attrezzature e tecniche da pesca che siano selettive, convenienti e sicure da un punto di vista ambientale.

7.2.3 Gli Stati dovrebbero valutare l'impatto dei fattori ambientali sugli stock bersaglio e sulle specie appartenenti allo stesso ecosistema, o dipendenti o associate agli stock bersaglio, e valutare le relazioni tra le popolazioni nell'ecosistema.

7.3 Struttura e procedure di gestione

7.3.1 Per essere efficace, la gestione della pesca dovrebbe prendere in considerazione lo stock nella sua totalità rispetto alla intera area di distribuzione, e dovrebbe tenere conto delle misure gestionali precedentemente stabilite e applicate nella regione stessa, nonché di una serie di caratteristiche biologiche dello stock. Le migliori evidenze scientifiche disponibili dovrebbero essere utilizzate per determinare, tra l'altro, l'area di distribuzione della risorsa e l'area attraverso la quale essa migra durante il suo ciclo vitale.

7.3.2 Al fine di gestire e conservare gli stock transnazionali, quelli condivisi, quelli migratori e quelli oceanici in tutto il loro areale di distribuzione, le misure di conservazione e gestione stabilite per tali stock in accordo con le rispettive competenze dei relativi Stati oppure, ove sia il caso, attraverso organizzazioni ed accordi regionali e subregionali per la gestione della pesca, devono essere compatibili. Tale compatibilità deve essere raggiunta coerentemente con i diritti, le competenze e gli interessi degli Stati coinvolti.

7.3.3 Gli obiettivi di gestione a lungo termine dovrebbero essere tradotti in azioni di gestione, formulate come piani gestionali o altre strutture di gestione della pesca.

7.3.4 Gli Stati e, laddove opportuno, le organizzazioni e gli accordi regionali e subregionali per la gestione della pesca, dovrebbero incoraggiare e promuovere la cooperazione e il coordinamento internazionale su tutte le questioni inerenti la pesca, compresi la raccolta e lo scambio di informazioni, la ricerca, la gestione e lo sviluppo.

7.3.5 Gli Stati che, attraverso un'organizzazione non coinvolta nella pesca, vorranno intraprendere qualsiasi azione che riguardi misure di conservazione e gestione prese da organizzazioni o accordi subregionali o regionali competenti, dovrebbero consultarsi con queste ultime, se possibile con anticipo, e tenere in giusto conto la loro posizione.

7.4 Raccolta di dati e consulenza gestionale

7.4.1 Nel considerare l'adozione di misure di conservazione e gestione, ci si dovrebbe basare sulla miglior

evidenza scientifica disponibile al fine di valutare lo stato corrente delle risorse della pesca ed il possibile impatto delle misure proposte.

- 7.4.2 Dovrebbe essere promossa la ricerca come supporto alla conservazione e gestione della pesca, inclusa la ricerca sulle risorse e sugli effetti dei fattori climatici, ambientali e socioeconomici. I risultati della ricerca dovrebbero essere resi noti alle parti interessate.
- 7.4.3 Dovrebbero essere promossi studi per l'accertamento dei costi, benefici ed effetti delle opzioni di gestione alternative concepite per la razionalizzazione della pesca e, in particolare, le misure relative all'eccesso di capacità di pesca e ai livelli eccessivi di sforzo di pesca.
- 7.4.4 Gli Stati dovrebbero garantire tempestivamente la raccolta ed il mantenimento di statistiche di cattura e sforzo di pesca, complete ed affidabili, coerenti per quanto possibile con gli standards ed i metodi internazionali. Tali statistiche dovrebbero essere sufficientemente dettagliate da permettere analisi statistiche affidabili. I dati dovrebbero essere aggiornati regolarmente e verificati attraverso un sistema appropriato. Gli Stati dovrebbero compilare e diffondere tali dati, in conformità con i requisiti di riservatezza.
- 7.4.5 Per garantire una gestione sostenibile della pesca e facilitare il raggiungimento degli obiettivi sociali ed economici, dovrebbe essere garantita una conoscenza sufficiente dei fattori socio economici ed istituzionali, attraverso la raccolta dei dati, l'analisi e la ricerca.
- 7.4.6 Gli Stati dovrebbero raccogliere dati scientifici di pesca e altri dati di supporto relativi a stock ittici di competenza di organizzazioni o accordi di pesca subregionali o regionali secondo standard internazionalmente riconosciuti, e successivamente fornirli puntualmente all'organizzazione o accordo. In caso di stock che ricadano sotto la giurisdizione di più di uno Stato e per i quali non esista alcuna di queste organizzazioni o accordi, gli Stati interessati dovrebbero accordarsi sui meccanismi di cooperazione per compilare e scambiarsi i dati sopra descritti.
- 7.4.7 Le organizzazioni o accordi di pesca subregionali o regionali dovrebbero compilare i dati e renderli disponibili, coerentemente con i requisiti di segretezza applicabili, in maniera tempestiva ed in un formato accettato da tutti i membri di queste organizzazioni e da altre parti coinvolte, secondo le procedure concordate.

7.5 Principio precauzionale

- 7.5.1 Gli Stati dovrebbero applicare ampiamente il principio precauzionale alla conservazione, gestione e sfruttamento delle risorse acquatiche viventi al fine di proteggerle e di tutelare l'ambiente acquatico. La mancanza di adeguato supporto scientifico non dovrebbe costituire una ragione per rimandare o evitare provvedimenti per la conservazione e la gestione.
- 7.5.2 Applicando il principio precauzionale, gli Stati dovrebbero tenere conto, tra l'altro, delle incertezze rispetto alle dimensioni e alla produttività degli stock, rispetto ai valori di riferimento, alle condizioni delle risorse dal punto di vista di tali valori di riferimento, rispetto alla mortalità da pesca, ed agli impatti delle attività di pesca sulle specie non bersaglio e associate o dipendenti, come anche delle condizioni ambientali e socioeconomiche.
- 7.5.3 Gli Stati e le organizzazioni o accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca dovrebbero, sulla base della miglior evidenza scientifica disponibile, determinare tra l'altro:
 - a) i valori di riferimento per specifici stock "bersaglio" e, al tempo stesso, le misure da prendere qualora essi vengano superati;
 - b) i valori di riferimento "limite" specifici per ciascuno stock e, al tempo stesso, le misure da prendere qualora



essi vengano superati; quando ci si avvicina ad un valore di riferimento "limite", dovrebbero essere prese misure per assicurare che esso non venga superato.

7.5.4 In caso di attività di pesca nuove o in fase esplorativa, gli Stati dovrebbero adottare al più presto misure di conservazione e di gestione cautelative, compresi, tra l'altro, limiti di cattura e di sforzo di pesca. Tali misure dovrebbero rimanere in vigore finché non ci sia disponibilità di dati sufficienti a permettere la valutazione dell'impatto della pesca sulla sostenibilità a lungo termine degli stock; le misure di conservazione e gestione dovranno essere basate su questa valutazione. Tali misure dovrebbero, se appropriato, permettere il graduale sviluppo della pesca.

7.5.5 Nel caso in cui un fenomeno naturale risulti avere un impatto dannoso sullo stato delle risorse acquatiche viventi, gli Stati dovrebbero adottare misure di conservazione e gestione d'emergenza per assicurare che l'attività di pesca non renda più grave tale impatto negativo. Queste misure d'emergenza dovrebbero altresì essere adottate nel caso in cui l'attività di pesca rappresenti una grave minaccia alla sostenibilità di tali risorse. Le misure d'emergenza dovrebbero avere carattere temporaneo e dovrebbero essere basate sulla migliore evidenza scientifica disponibile.

7.6 Misure di gestione

7.6.1 Gli Stati dovrebbero assicurare che il livello di prelievo da pesca autorizzato sia compatibile con lo stato delle risorse della pesca.

7.6.2 Gli Stati dovrebbero adottare misure per garantire che nessuna imbarcazione svolga attività di pesca se non autorizzata, coerentemente con quanto stabilito dalla regolamentazione internazionale sulla pesca in alto mare o in conformità con la legislazione nazionale all'interno delle aree di giurisdizione nazionale.

7.6.3 Laddove esista un'eccessiva capacità di pesca, si dovrebbero stabilire dei meccanismi per ridurre la capacità stessa a livelli compatibili con l'uso sostenibile delle risorse alieutiche, in modo tale da assicurarsi che i pescatori operino in condizioni economiche che promuovano una pesca responsabile. Detti meccanismi dovrebbero comprendere il controllo della capacità delle flottiglie di pesca.

7.6.4 Dovrebbero essere esaminate le prestazioni di tutte le attrezzature, i metodi e le pratiche di pesca, e dovrebbero essere presi provvedimenti per assicurare che quelli non compatibili con la pesca responsabile siano eliminati e sostituiti con alternative più accettabili. In questo processo, dovrebbe essere posta particolare attenzione all'impatto di tali misure sulle comunità di pescatori, inclusa la loro capacità di sfruttare la risorsa.

7.6.5 Gli Stati e le organizzazioni o accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca dovrebbero regolare la pesca in modo tale da evitare il rischio di conflitti tra pescatori che usano battelli, attrezzature e metodi di pesca differenti.

7.6.6 Nel decidere sull'uso, sulla conservazione e gestione delle risorse, si dovrebbero tenere in considerazione, ove il caso, e in accordo con le leggi e le regolamentazioni nazionali, le pratiche tradizionali, gli interessi e le necessità delle popolazioni native e delle comunità locali che dipendono strettamente dalle risorse della pesca per la propria sopravvivenza.

7.6.7 Nel valutare misure alternative di conservazione e gestione, si dovrebbe tenere in considerazione la loro opportunità economica (rapporti costi-benefici) ed il loro impatto sociale.

7.6.8 L'efficacia delle misure di conservazione e gestione e le loro possibili interazioni dovrebbero essere costantemente aggiornate. Tali misure dovrebbero, ove nel caso, essere rivedute o abolite alla luce delle nuove informazioni.



7.6.9 Gli Stati dovrebbero adottare le misure necessarie per minimizzare lo spreco, lo scarto, la cattura da parte di attrezzi da pesca smarriti o abbandonati, la cattura di specie non bersaglio, sia pesci che non, e l'impatto negativo sulle specie associate o dipendenti, ed in particolare le specie a rischio. Laddove opportuno, tali misure potranno includere misure tecniche riguardanti la taglia dei pesci, e le misure di maglie e reti, gli scarti, le stagioni chiuse alla pesca e le aree riservate alla pesca selettiva, in particolare alla pesca artigianale. Tali misure dovrebbero essere applicate, laddove il caso lo richieda, per proteggere gli esemplari giovanili e i riproduttori. Gli Stati e le organizzazioni o gli accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca dovrebbero promuovere, per quanto possibile, lo sviluppo e l'uso di attrezzi e tecniche selettivi, sicuri dal punto di vista ambientale e convenienti.

7.6.10 Gli Stati e le organizzazioni o gli accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca, nell'ambito delle loro rispettive competenze, dovrebbero introdurre misure per il recupero delle risorse depauperate e per quelle minacciate di depauperamento, al fine di consentire il recupero sostenibile di tali stock. Si dovrebbe effettuare ogni sforzo per assicurare che queste risorse, e gli habitat critici per il loro benessere che siano stati messi a repentaglio dalla pesca o da altre attività umane, siano ripristinati.

7.7 Applicazione

7.7.1 Gli Stati dovrebbero garantire l'istituzione di una struttura legale ed amministrativa efficace a livello locale e nazionale, come appropriato, per la conservazione delle risorse alieutiche e per la gestione della pesca.

7.7.2 Gli Stati dovrebbero garantire che le leggi e le regolamentazioni prevedano sanzioni per le violazioni di norme in vigore per la conservazione e la gestione delle risorse, di severità tale da renderle efficaci, come il rifiuto, il ritiro o la sospensione della licenza di pesca.

7.7.3 Gli Stati, in conformità con le rispettive leggi nazionali, dovrebbero applicare misure efficaci di controllo, monitoraggio, vigilanza e rispetto delle norme, inclusi, laddove opportuno, programmi di osservazione, schemi d'ispezione e sistemi di monitoraggio delle imbarcazioni da pesca. Tali misure dovrebbero essere promosse e, dove opportuno, applicate dalle organizzazioni o accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca, in conformità con quanto disposto dalle loro procedure.

7.7.4 Gli Stati e le organizzazioni o accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca, laddove opportuno, dovrebbero accordarsi sulle fonti di finanziamento delle loro attività, tenendo conto, tra l'altro, dei relativi benefici derivanti dalla pesca nonché delle differenti capacità dei paesi di garantire finanziamenti ed altri contributi. Laddove opportuno, e quando possibile, tali organizzazioni o accordi dovrebbero tendere a recuperare i costi della conservazione, della gestione e della ricerca sulla pesca.

7.7.5 Gli Stati membri di organizzazioni o gli accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca dovrebbero applicare le misure, concordate a livello internazionale e adottate nell'ambito di tali organizzazioni o accordi, atte a scoraggiare le attività di battelli battenti bandiera di Stati non membri o non partecipanti, impegnati in attività che pregiudichino l'efficacia delle misure di conservazione e gestione istituite da tali organizzazioni o accordi.

7.8 Istituti finanziari

7.8.1 Gli Stati dovrebbero, salvo restanti gli accordi internazionali pertinenti, incoraggiare le banche e gli istituti finanziari a non esigere, come condizione necessaria all'ottenimento di un prestito o di una ipoteca, che i pescherecci o le imbarcazioni di supporto alla pesca battano bandiera diversa da quella dello stato a cui appartengono, dove ciò possa incrementare la possibilità di non conformità alle misure internazionali di conservazione e gestione.



ARTICOLO 8 - ATTIVITÀ DI PESCA

8.1 Doveri di tutti gli Stati

- 8.1.1 Gli Stati dovrebbero garantire che le uniche operazioni di pesca da essi consentite siano quelle svolte nelle acque sotto propria giurisdizione, e che tali operazioni vengano compiute in maniera responsabile.
- 8.1.2 Gli Stati dovrebbero conservare registri, aggiornati ad intervalli regolari, relativi a tutte le autorizzazioni di pesca da essi rilasciate.
- 8.1.3 Gli Stati dovrebbero conservare, in conformità con le pratiche e le procedure internazionalmente riconosciute, dati statistici, aggiornati ad intervalli regolari, su tutte le operazioni di pesca da essi autorizzate.
- 8.1.4 Gli Stati dovrebbero, in conformità con le leggi internazionali e nell'ambito delle organizzazioni o accordi subregionali o regionali per la gestione della pesca, cooperare tra loro per istituire sistemi di monitoraggio, controllo, vigilanza ed esecuzione delle misure riguardanti le operazioni di pesca e le attività correlate nelle acque al di fuori della loro giurisdizione nazionale.
- 8.1.5 Gli Stati dovrebbero assicurare che siano adottati standard sanitari e di sicurezza per tutte le persone occupate nell'ambito delle operazioni di pesca. Tali norme dovrebbero quanto meno soddisfare i requisiti minimi previsti dai principali accordi internazionali in merito alle condizioni di lavoro e di servizio.
- 8.1.6 Gli Stati dovrebbero adottare individualmente, insieme ad altri Stati o con le adeguate organizzazioni internazionali, dei provvedimenti allo scopo di integrare le operazioni di pesca nei sistemi di ricerca e salvataggio in mare.
- 8.1.7 Gli Stati dovrebbero, con programmi di educazione e di formazione, migliorare la preparazione e la competenza dei pescatori e, se nel caso, le loro qualifiche professionali. Tali programmi dovrebbero tenere conto degli standard e delle direttive internazionali convenute.
- 8.1.8 Gli Stati dovrebbero, laddove opportuno, conservare dati relativi ai pescatori, che contengano, se possibile, informazioni riguardanti il loro servizio e le loro qualifiche, inclusi i certificati di competenza, in conformità con le loro leggi nazionali.
- 8.1.9 Gli Stati dovrebbero garantire che le misure applicabili ai capitani e ad altri ufficiali aventi carichi pendenti per ciò che riguarda le operazioni dei battelli da pesca, prevedano provvedimenti che possano permettere, tra l'altro, il rifiuto, il ritiro e la sospensione dell'autorizzazione ad operare come capitani o ufficiali di un battello da pesca.
- 8.1.10 Gli Stati, con l'assistenza delle relative organizzazioni internazionali, dovrebbero sforzarsi per garantire, attraverso l'educazione e la formazione, che tutti coloro che sono impegnati nelle operazioni di pesca ricevano informazioni sui più importanti principi di questo Codice, come anche disposizioni sulle relative convenzioni internazionali e sugli standard ambientali e di altro tipo che siano essenziali per assicurare attività di pesca responsabile.

8.2 Doveri degli Stati di Bandiera⁽⁷⁾.

- 8.2.1 Gli Stati di Bandiera dovrebbero conservare registri relativi ai battelli da pesca battenti la loro bandiera ed autorizzati ad essere usati per la pesca e dovrebbero indicare in questi dati i dettagli dei battelli, la loro proprietà e l'autorizzazione di pesca.

⁽⁷⁾Stati la cui bandiera è battuta dall'imbarcazione da pesca (n.d.t.).



- 8.2.2 Gli Stati di Bandiera dovrebbero garantire che nessun peschereccio battente la loro bandiera peschi in mare aperto o in acque sotto la giurisdizione di altri Stati senza che tali battelli abbiano ottenuto un Certificato di Immatricolazione e siano stati autorizzati a pescare dalle autorità competenti. Tali battelli dovrebbero portare a bordo il Certificato di Immatricolazione e la loro autorizzazione alla pesca.
- 8.2.3 I battelli autorizzati a pescare in mare aperto o in acque appartenenti alla giurisdizione di uno Stato diverso dal loro Stato di Bandiera, dovrebbero essere contrassegnati in conformità con i sistemi di contrassegno dei battelli, uniformi ed internazionalmente riconoscibili, come le Specificazioni di Standard e le Direttive per il Contrassegno e l'Identificazione dei Pescherecci della FAO (FAO Standard Specifications and Guidelines for Marking and Identification of Fishing Vessels).
- 8.2.4 Le attrezzature da pesca dovrebbero essere marcate conformemente alla legislazione nazionale, in modo che il loro proprietario possa essere identificato. I requisiti di marcatura delle attrezzature dovrebbero tenere in considerazione sistemi di marcatura uniformi e riconoscibili a livello internazionale.
- 8.2.5 Gli Stati di Bandiera dovrebbero assicurare il rispetto di adeguate prescrizioni di sicurezza per pescherecci e pescatori in conformità alle convenzioni internazionali, ai codici di regolamento riconosciuti a livello internazionale ed alle direttive volontarie. Gli Stati dovrebbero adottare adeguate prescrizioni di sicurezza per tutte le piccole imbarcazioni non coperte da tali convenzioni internazionali, codici di condotta o direttive volontarie.
- 8.2.6 Gli Stati non facenti parte dell'Accordo per la Promozione del Rispetto delle Misure Internazionali di Conservazione e Gestione da parte della Flotta Peschereccia in Alto Mare (Agreement to Promote Compliance with International Conservation and Management Measures by Fishing Vessels on the High Seas), dovrebbero essere incoraggiati ad accettare l'Accordo e ad adottare leggi e regolamenti coerenti con i provvedimenti dell'Accordo.
- 8.2.7 Gli Stati di Bandiera dovrebbero prendere provvedimenti coercitivi nei confronti dei pescherecci abilitati a battere la loro bandiera per i quali sia stata constatata l'avvenuta contravvenzione alle misure di conservazione e di gestione in vigore, compreso, dove appropriato, far diventare la contravvenzione a queste misure un reato sotto la loro legislazione nazionale. Le sanzioni, applicabili per le suddette infrazioni, dovrebbero essere abbastanza severe da essere efficaci per assicurare il rispetto di queste misure e scoraggiare le violazioni dovunque avvengano e dovrebbero privare gli autori delle infrazioni stesse dei profitti ricavati dalle proprie attività illegali. Tali sanzioni possono comprendere, per violazioni gravi, provvedimenti di rifiuto, ritiro o sospensione dell'autorizzazione di pesca.
- 8.2.8 Gli Stati di Bandiera dovrebbero promuovere la stipula di assicurazioni da parte dei proprietari e dei noleggiatori di battelli da pesca. I proprietari ed i noleggiatori di battelli da pesca dovrebbero avere copertura assicurativa sufficiente a cautelare l'equipaggio degli stessi battelli ed i loro interessi, a indennizzare terze parti contro perdite o danni e a proteggere i loro stessi interessi.
- 8.2.9 Gli Stati di Bandiera dovrebbero garantire che l'equipaggio abbia il diritto di rimpatriare, tenendo conto dei principi stabiliti nella Convenzione di Rimpatrio dei Naviganti ("Repatriation of Seafarers Convention" -Revised-, 1987, No. 166).
- 8.2.10 Nel caso di incidente ad un battello da pesca o a persone imbarcate su un battello da pesca, lo Stato di Bandiera del battello in questione dovrebbe fornire dettagli dell'incidente allo Stato di appartenenza di ogni elemento di nazionalità straniera imbarcato sul battello coinvolto nell'incidente. Tali informazioni dovrebbero anche, dove possibile, essere comunicate all'Organizzazione Marittima Internazionale (International Maritime Organization - IMO -).



8.3 Doveri degli Stati Portuali⁽⁸⁾

- 8.3.1 Attraverso misure stabilite dalla legislazione nazionale e in accordo con la regolamentazione internazionale, inclusi gli accordi e le intese internazionali applicabili, gli Stati Portuali dovrebbero prendere le misure necessarie per raggiungere essi stessi ed aiutare altri Stati a raggiungere gli obiettivi di questo Codice, e dovrebbero rendere noti agli altri Stati i dettagli di questi regolamenti e le misure da essi istituiti per questo scopo. Nel prendere queste misure lo Stato Portuale non dovrebbe discriminare né nella forma né nella sostanza i battelli di nessun altro Stato.
- 8.3.2 Gli Stati Portuali dovrebbero assicurare la giusta assistenza agli Stati di Bandiera, in conformità con le leggi nazionali dello Stato Portuale e di quelle internazionali, quando un battello da pesca si trovi volontariamente in un porto o in un terminale in mare aperto dello Stato Porto. Questo nel caso in cui lo Stato Bandiera del battello richieda allo Stato Porto assistenza in relazione al non rispetto di misure subregionali, regionali o globali di conservazione e gestione o di standard minimi concordati a livello internazionale per la prevenzione dell'inquinamento e per la sicurezza, la salute e le condizioni di lavoro a bordo del battello da pesca.

8.4 Attività di pesca

- 8.4.1 Gli Stati dovrebbero garantire che la pesca sia condotta nel rispetto della sicurezza della vita umana e della Regolamentazione dell'Organizzazione Marittima Internazionale per la Prevenzione di Collisioni in Mare (International Maritime Organization International Regulations for Preventing Collisions at Sea), così come dei requisiti stabiliti dall'Organizzazione Marittima Internazionale (IMO) per l'organizzazione del traffico marittimo, la protezione dell'ambiente marino e la prevenzione di perdite o danni delle attrezzature da pesca.
- 8.4.2 Gli Stati dovrebbero proibire l'uso di dinamite, veleni o altre simili pratiche di pesca distruttive.
- 8.4.3 Gli Stati dovrebbero prodigarsi per garantire che la documentazione relativa alle attività di pesca, il prelievo delle catture di specie ittiche e non, e, anche in riferimento agli scarti, le informazioni richieste per la valutazione degli stock decise da Enti deputati alla gestione, venga raccolta e sistematicamente inviata a tali Enti. Gli Stati dovrebbero, per quanto è possibile, stabilire programmi, come osservatori o schemi di ispezione, al fine di promuovere il rispetto delle misure in vigore.
- 8.4.4 Gli Stati dovrebbero promuovere l'adozione di tecnologie appropriate tenendo conto delle condizioni economiche, per il miglior utilizzo e la cura delle catture trattenute.
- 8.4.5 Gli Stati, con i relativi gruppi industriali, dovrebbero incoraggiare lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie e metodi operativi per ridurre gli scarti. L'utilizzo di attrezzature da pesca e di pratiche che comportino scarti delle catture dovrebbero essere scoraggiate, incoraggiando invece l'uso di attrezzature da pesca e di pratiche che accrescano il tasso di sopravvivenza del pesce che riesce a sfuggire alla cattura.
- 8.4.6 Gli Stati dovrebbero cooperare per lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie, materiali e metodi operativi che minimizzino la perdita di attrezzature da pesca e l'effetto della pesca fantasma causata dalle attrezzature da pesca perse o abbandonate.
- 8.4.7 Gli Stati dovrebbero assicurarsi che siano valutate le implicazioni di disturbo degli habitat prima dell'introduzione su scala commerciale di nuove attrezzature da pesca, nuovi metodi e pratiche in una determinata zona.
- 8.4.8 Dovrebbe essere promossa la ricerca sugli impatti ambientali e sociali delle attrezzature da pesca e, in particolare, sull'impatto di tali attrezzature sulla biodiversità e sulle comunità costiere di pesca.

⁽⁸⁾ Lo stato in cui si trova un porto che ospita imbarcazioni da pesca battenti una bandiera straniera.



8.5 Selettività delle attrezzature da pesca

- 8.5.1 Gli Stati dovrebbero esigere che le attrezzature, i metodi e le pratiche di pesca, per quanto possibile, siano sufficientemente selettivi da minimizzare lo spreco, gli scarti, la cattura di specie non bersaglio e l'impatto sulle specie dipendenti o associate, e che lo scopo delle relative misure non venga aggirato da dispositivi tecnici. Gli Stati dovrebbero assicurare che le informazioni riguardanti nuovi sviluppi e requisiti vengano rese disponibili per tutti i pescatori.
- 8.5.2 Al fine di migliorare la selettività, gli Stati dovrebbero, al momento della stesura delle proprie leggi e regolamentazioni, tenere conto della gamma di attrezzature, metodi e strategie di pesca selettivi disponibili per l'industria.
- 8.5.3 Gli Stati e le Istituzioni più rilevanti dovrebbero collaborare per lo sviluppo di metodologie standard per la ricerca sulla selettività di attrezzature, metodi e strategie di pesca.
- 8.5.4 Dovrebbe essere incoraggiata la cooperazione internazionale in relazione ai programmi di ricerca per la selettività di attrezzature, metodi e strategie di pesca, per la diffusione dei risultati di tali programmi di ricerca e per il trasferimento di tecnologia.

8.6 Ottimizzazione dell'energia

- 8.6.1 Gli Stati dovrebbero promuovere lo sviluppo di standards appropriati e di linee guida che portino ad un più efficiente utilizzo dell'energia nelle attività di pesca, sia nella fase di raccolta che in quella successiva.
- 8.6.2 Gli Stati dovrebbero promuovere lo sviluppo ed il trasferimento di tecnologia in relazione all'ottimizzazione dell'energia nel settore pesca e, in particolare, incoraggiare i proprietari, i noleggiatori ed i gestori di battelli da pesca a predisporre dispositivi per il risparmio d'energia sui loro battelli.

8.7 Protezione dell'ambiente acquatico

- 8.7.1 Gli Stati dovrebbero introdurre e rendere effettive leggi e regolamentazioni basate sulla Convenzione Internazionale per la Prevenzione dell'Inquinamento da parte delle Navi (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships) del 1973, come modificato dal Protocollo del 1978 ad esso riferito (MARPOL 73/78).
- 8.7.2 I proprietari, i noleggiatori e i gestori di battelli devono garantire che i loro battelli siano dotati di equipaggiamenti appropriati, come richiesto dal MARPOL 73/78, e dovrebbero considerare l'installazione a bordo di compattatori o inceneritori per il trattamento dei rifiuti e di altri scarti generati durante il normale servizio dei battelli.
- 8.7.3 I proprietari, i noleggiatori e i gestori di battelli dovrebbero minimizzare il carico a bordo di potenziali rifiuti attraverso appropriate pratiche di approvvigionamento.
- 8.7.4 L'equipaggio dei battelli dovrebbe essere pratico delle appropriate procedure di bordo al fine di assicurare che gli scarichi non superino i livelli stabiliti dal MARPOL 73/78. Tali procedure dovrebbero quanto meno includere lo smaltimento dei rifiuti oleosi ed il trattamento e la conservazione dei rifiuti di bordo.

8.8 Protezione dell'atmosfera

- 8.8.1 Gli Stati dovrebbero adottare standard e linee guida che includano provvedimenti per la riduzione delle sostanze dannose nell'emissione di gas di scarico.



8.8.2 I proprietari, i noleggiatori e i gestori di battelli dovrebbero garantire che le proprie unità siano equipaggiate con dispositivi per la riduzione di emissione di sostanze dannose per l'ozono. I membri dell'equipaggio di battelli da pesca responsabili di tali dispositivi dovrebbero essere pratici del loro buon funzionamento e manutenzione a bordo.

8.8.3 Le autorità competenti dovrebbero emanare le disposizioni necessarie per eliminare progressivamente l'utilizzo dei clorofluorocarburi (CFC) e dei prodotti intermedi, quali gli idroclorofluorocarburi (HCFC) negli impianti di raffreddamento dei pescherecci, assicurandosi che i cantieri navali e tutti coloro che lavorano nel settore della pesca siano informati di tali disposizioni e vi si adeguino.

8.8.4 I proprietari o i gestori di pescherecci dovrebbero prendere adeguati provvedimenti per riadattare le imbarcazioni esistenti con prodotti per la refrigerazione alternativi ai clorofluorocarburi ed agli idroclorofluorocarburi e con prodotti alternativi agli Halons negli impianti antincendio. Questi prodotti sostitutivi dovrebbero essere inseriti tra le specificazioni stabilite per tutte le nuove imbarcazioni.

8.8.5. Gli Stati, i proprietari, i noleggiatori e i gestori di battelli da pesca, così come i pescatori, dovrebbero seguire le linee guida internazionali per l'eliminazione dei CFC, degli HCFC e degli Halons.

8.9 Porti e aree di attracco per i battelli da pesca

8.9.1 Nella progettazione e costruzione di porti e di aree di attracco, gli Stati dovrebbero, tra l'altro, fare in modo che:

- a) venga fornito rifugio sicuro per i battelli da pesca e strutture di servizio adeguate per battelli, venditori e acquirenti;
- b) vengano fornite scorte sufficienti di acqua potabile e strutture sanitarie;
- c) siano introdotti sistemi di smaltimento dei rifiuti, incluso lo smaltimento di oli, acque oleose ed attrezzature da pesca;
- d) sia minimizzato l'inquinamento derivante dalle attività di pesca e da fonti esterne;
- e) siano stabiliti accordi per la lotta agli effetti dell'erosione e dell'insabbiamento.

8.9.2 Gli Stati dovrebbero istituire una struttura istituzionale per la selezione o il miglioramento dei siti per i porti adibiti alle imbarcazioni da pesca che comprenda una consultazione tra le autorità responsabili della gestione delle zone costiere.

8.10 Abbandono di strutture ed altri materiali

8.10.1 Gli Stati dovrebbero garantire che gli standard e le linee guida per la rimozione di strutture al largo della costa, stabiliti dall'Organizzazione Marittima Internazionale (IMO), vengano rispettati. Gli Stati dovrebbero anche assicurare che le autorità di pesca competenti siano consultate prima che vengano prese decisioni sull'abbandono di strutture e altri materiali da parte delle relative autorità.

8.11 Barriere artificiali e dispositivi di aggregazione dei pesci

8.11.1 Gli Stati dovrebbero, ove opportuno, elaborare politiche per accrescere le popolazioni ittiche e per accrescere le opportunità di pesca attraverso l'uso di strutture artificiali, collocate con il dovuto riguardo per la sicurezza della navigazione, sopra o al livello del fondo marino o in superficie. Dovrebbe essere promossa la ricerca sull'utilizzo di tali strutture, compreso l'impatto sulle risorse viventi marine e sull'ambiente.

8.11.2 Gli Stati dovrebbero assicurare che, al momento della selezione del materiale da utilizzare per la creazione di barriere artificiali, come anche nella selezione della localizzazione geografica di tali barriere,

venga rispettato quanto disposto dalle relative convenzioni internazionali per l'ambiente e per la sicurezza della navigazione.

- 8.11.3 Gli Stati dovrebbero, nell'ambito dei piani di gestione delle zone costiere, stabilire sistemi di gestione per le barriere artificiali e per i dispositivi di aggregazione del pesce. Questi sistemi di gestione dovrebbero richiedere l'approvazione per la costruzione e lo sviluppo di tali barriere e dispositivi e tenere in considerazione gli interessi dei pescatori, compresi quelli artigianali e quelli di sussistenza.
- 8.11.4 Gli Stati dovrebbero garantire che le autorità responsabili dell'archiviazione di dati cartografici e carte nautiche per la navigazione, come anche le rilevanti autorità ambientali, vengano informate in anticipo del posizionamento o della rimozione di barriere artificiali o di dispositivi di aggregazione del pesce.

ARTICOLO 9 - SVILUPPO DELL'ACQUACOLTURA

- 9.1 Sviluppo responsabile dell'acquacoltura, inclusa la pesca basata sull'allevamento, in zone sottoposte a giurisdizione nazionale
 - 9.1.1 Gli Stati dovrebbero creare, mantenere e sviluppare adeguate strutture amministrative e legali che facilitino lo sviluppo di un'acquacoltura responsabile.
 - 9.1.2. Gli Stati dovrebbero promuovere la gestione e lo sviluppo responsabile dell'acquacoltura, compresa la valutazione preventiva degli effetti dello sviluppo dell'acquacoltura sulla diversità genetica e sull'integrità dell'ecosistema, sulla base della migliore informazione scientifica disponibile.
 - 9.1.3. Gli Stati dovrebbero produrre e aggiornare regolarmente piani e strategie per lo sviluppo dell'acquacoltura per assicurare che tale sviluppo sia ecologicamente sostenibile e per permettere l'uso razionale delle risorse condivise dall'acquacoltura e da altre attività.
 - 9.1.4 Gli Stati dovrebbero garantire che la sopravvivenza delle comunità locali ed il loro accesso alle zone di pesca non vengano negativamente condizionati dallo sviluppo dell'acquacoltura.
 - 9.1.5 Gli Stati dovrebbero istituire procedure efficaci specifiche per l'acquacoltura, per intraprendere valutazioni e controlli ambientali adeguati al fine di minimizzare i cambiamenti ecologici negativi e le relative conseguenze economiche e sociali derivanti dal prelievo dell'acqua, dall'uso del terreno, dallo scarico degli effluenti, dall'utilizzo di prodotti farmaceutici e sostanze chimiche e da altre attività legate all'acquacoltura.
- 9.2 Sviluppo responsabile dell'acquacoltura, inclusa la pesca basata sull'allevamento, in ecosistemi acquatici transnazionali.
 - 9.2.1 Gli Stati dovrebbero proteggere gli ecosistemi acquatici transnazionali favorendo una gestione responsabile dell'acquacoltura nella giurisdizione nazionale, e cooperando nella promozione delle pratiche di acquacoltura sostenibile.
 - 9.2.2 Gli Stati dovrebbero, nel rispetto degli Stati confinanti e in conformità con le leggi internazionali, garantire la scelta responsabile delle specie, dell'ubicazione e della gestione delle attività di acquacoltura che potrebbero influenzare gli ecosistemi acquatici transnazionali.
 - 9.2.3 Gli Stati dovrebbero consultarsi, nei modi appropriati, con gli Stati confinanti, prima di introdurre specie alloctone in ecosistemi acquatici transnazionali.





- 9.2.4 Gli Stati dovrebbero istituire adeguati meccanismi, come database e reti informative telematiche, per raccogliere e diffondere i dati relativi alle proprie attività di acquacoltura, al fine di facilitare la cooperazione per la pianificazione dello sviluppo dell'acquacoltura a livello nazionale, subregionale, regionale e globale.
- 9.2.5 Gli Stati dovrebbero cooperare nello sviluppo di appropriati meccanismi, quando richiesti, per monitorare gli impatti delle pratiche utilizzate in acquacoltura.
- 9.3 Uso delle risorse genetiche acquatiche per l'acquacoltura, inclusa la pesca basata sull'allevamento**
- 9.3.1 Gli Stati dovrebbero conservare la diversità genetica e mantenere l'integrità delle comunità e degli ecosistemi acquatici attraverso un'adeguata gestione. In particolare, dovrebbero essere intrapresi sforzi ai fini di ridurre al minimo gli effetti nocivi prodotti dall'introduzione di specie non indigene o di stock geneticamente modificati per l'acquacoltura, inclusa la pesca basata sull'allevamento (sostenuta), soprattutto quando vi siano forti probabilità che queste specie non indigene o questi stock geneticamente modificati si diffondano in acque sottoposte tanto alla giurisdizione dello Stato di origine quanto di quella di altri Stati. Gli Stati dovrebbero, ogniqualvolta sia possibile, promuovere provvedimenti tesi a minimizzare gli effetti negativi dal punto di vista genetico e sanitario e ad evitare gli effetti della fuga dei pesci di allevamento sugli stock selvatici naturali.
- 9.3.2 Gli Stati dovrebbero cooperare per l'elaborazione, l'adozione e l'applicazione dei codici internazionali di comportamento e di procedura riguardanti l'introduzione e i trasferimenti di organismi acquatici.
- 9.3.3 Allo scopo di ridurre al minimo i rischi di trasmissione di malattie, come pure altri effetti nocivi, sugli stock naturali e su quelli allevati, gli Stati dovrebbero incoraggiare l'adozione di pratiche appropriate nel miglioramento genetico degli stock da riproduzione, nell'introduzione di specie non indigene e nella produzione, vendita, trasporto di uova, larve o avannotti, riproduttori o altro materiale vivente. Gli Stati dovrebbero facilitare l'elaborazione e l'applicazione di adeguate procedure e codici di condotta nazionali a questo riguardo.
- 9.3.4 Gli Stati dovrebbero promuovere l'uso di procedure appropriate per la selezione dei riproduttori e per la produzione di uova, larve ed avannotti.
- 9.3.5 Gli Stati dovrebbero, laddove opportuno, promuovere la ricerca e, quando fattibile, lo sviluppo delle tecniche di coltura delle specie in via d'estinzione, al fine di proteggere, ricostituire e migliorare i loro stock, tenendo conto dell'urgente bisogno di conservare la diversità genetica delle specie in via d'estinzione.
- 9.4 Acquacoltura responsabile nella fase di produzione**
- 9.4.1 Gli Stati dovrebbero promuovere pratiche di acquacoltura responsabile a supporto delle comunità rurali, delle organizzazioni di produttori e allevatori.
- 9.4.2 Gli Stati dovrebbero promuovere la partecipazione attiva degli allevatori e delle loro comunità allo sviluppo di pratiche responsabili di gestione dell'acquacoltura.
- 9.4.3 Gli Stati dovrebbero promuovere sforzi per il miglioramento della selezione e dell'uso di mangimi, additivi e fertilizzanti appropriati.
- 9.4.4 Gli Stati dovrebbero promuovere pratiche efficaci di gestione degli allevamenti e della salute dei pesci favorendo misure igieniche e vaccini. Dovrebbe essere garantito l'uso sicuro, efficace e minimo di presidi

terapeutici, ormoni e farmaci, antibiotici e altre sostanze chimiche per il controllo delle malattie.

- 9.4.5 Gli Stati dovrebbero regolare in acquacoltura l'uso di sostanze chimiche pericolose per la salute umana e l'ambiente
- 9.4.6 Gli Stati dovrebbero richiedere che lo smaltimento di scarti come le interiora, i fanghi, i pesci morti o malati, l'eccesso di farmaci veterinari e di altre immissioni chimiche pericolose, non costituisca un pericolo per la salute umana e l'ambiente.
- 9.4.7 Gli Stati dovrebbero garantire la sicurezza alimentare dei prodotti dell'acquacoltura e promuovere sforzi per il mantenimento della qualità dei prodotti, migliorarne il valore, prestando particolare attenzione alle fasi precedenti e contemporanee al raccolto di pesca e al trattamento in loco, durante lo stoccaggio e nel trasporto dei prodotti.

ARTICOLO 10 - INTEGRAZIONE DELL'ATTIVITÀ DI PESCA NELLA GESTIONE DELLA FASCIA COSTIERA

10.1 Quadro istituzionale

- 10.1.1 Gli Stati dovrebbero garantire l'adozione di una appropriata strategia legale ed istituzionale al fine di raggiungere un uso sostenibile ed integrato delle risorse, tenendo conto della fragilità dell'ecosistema, della natura a termine delle risorse naturali e delle necessità delle comunità costiere
- 10.1.2 In vista degli usi multipli della zona costiera, gli Stati dovrebbero garantire che rappresentanti del settore della pesca e delle comunità vengano consultate nel corso del processo decisionale, e che essi vengano coinvolti nelle attività relative alla gestione, pianificazione e sviluppo della zona costiera.
- 10.1.3 Gli Stati dovrebbero sviluppare appropriate strutture istituzionali e legali, al fine di valutare i possibili usi delle risorse costiere, e di regolare l'accesso alle risorse tenendo in considerazione i diritti delle comunità costiere e le loro occupazioni tradizionali, per quanto compatibile con lo sviluppo sostenibile.
- 10.1.4 Gli Stati dovrebbero facilitare l'adozione di pratiche di pesca che evitino conflitti tra i fruitori delle risorse della pesca, e tra questi e gli altri fruitori della zona costiera.
- 10.1.5 Gli Stati dovrebbero promuovere l'istituzione di procedure e meccanismi, al livello amministrativo adeguato, per risolvere conflitti che sorgano nel settore della pesca, tra fruitori delle risorse della pesca ed altri fruitori della zona costiera.

10.2 Misure politiche

- 10.2.1 Gli Stati dovrebbero promuovere la creazione di una pubblica consapevolezza riguardo al bisogno di protezione e gestione delle risorse costiere, e dovrebbero facilitare la partecipazione al processo di gestione da parte di tutti gli interessati.
- 10.2.2 Al fine di assistere il processo decisionale sulla distribuzione e sull'uso delle risorse costiere, gli Stati dovrebbero promuovere la valutazione del valore di queste ultime, tenendo conto dei fattori culturali, sociali ed economici.
- 10.2.3 Nell'adottare le politiche per la gestione delle zone costiere, gli Stati dovrebbero tenere conto dei rischi e delle incertezze del caso.



10.2.4 Gli Stati dovrebbero, nei limiti delle proprie capacità, stabilire o promuovere l'istituzione di sistemi di monitoraggio dell'ambiente costiero come parte del processo di gestione costiera, utilizzando parametri fisici, chimici, biologici, economici e sociali.

10.2.5. Gli Stati dovrebbero promuovere la ricerca multidisciplinare in supporto alla gestione della zona costiera, in particolare sugli aspetti ambientali, biologici, economici, sociali, legali ed istituzionali.

10.3 Cooperazione regionale

10.3.1 Gli Stati aventi zone costiere confinanti dovrebbero cooperare l'uno con l'altro per facilitare l'uso sostenibile delle risorse costiere e la conservazione dell'ambiente.

10.3.2 Nel caso di attività che possano avere effetti ambientali transnazionali negativi sulle zone costiere, gli Stati dovrebbero:

- a) fornire tempestivamente informazioni e, se possibile, darne anticipatamente notifica agli Stati potenzialmente coinvolti;
- b) consultarsi con questi Stati il più presto possibile.

10.3.3 Gli Stati dovrebbero cooperare a livello subregionale e regionale al fine di migliorare la gestione delle zone costiere.

10.4 Applicazione

10.4.1 Gli Stati dovrebbero istituire meccanismi per la cooperazione e il coordinamento tra le autorità nazionali coinvolte nella pianificazione, sviluppo, conservazione e gestione delle zone costiere.

10.4.2 Gli Stati dovrebbero garantire che l'autorità o le autorità rappresentative del settore della pesca nel processo di gestione costiera abbiano le adeguate capacità tecniche e risorse finanziarie.

ARTICOLO 11 - ATTIVITÀ DEL DOPO CATTURA E COMMERCIO

11.1 Utilizzo responsabile del pescato

11.1.1 Gli Stati dovrebbero adottare misure appropriate per garantire il diritto dei consumatori al pesce e a prodotti della pesca sicuri, salubri e non adulterati.

11.1.2 Gli Stati dovrebbero stabilire e mantenere operativi i sistemi nazionali per la sicurezza e la garanzia di qualità al fine di proteggere la salute del consumatore e prevenire la frode commerciale.

11.1.3 Gli Stati dovrebbero fissare standard minimi per la sicurezza e per la garanzia di qualità, e fare sì inoltre che questi standard vengano effettivamente applicati. Essi dovrebbero promuovere l'applicazione di criteri di qualità concordati nel contesto della Commissione del Codice Alimentare FAO/WHO (FAO/WHO Codex Alimentarius Commission) e di altre relative organizzazioni o accordi.

11.1.4 Gli Stati dovrebbero cooperare per rendere coerenti le misure sanitarie nazionali e i programmi di certificazione, ed esplorare le possibilità di istituzione di agenzie di certificazione e controllo universalmente riconosciute.

11.1.5 Gli Stati dovrebbero tenere in giusto conto il ruolo sociale ed economico del settore della pesca nel dopo cattura nella formulazione di politiche nazionali per lo sviluppo e l'utilizzazione sostenibile delle risorse alieutiche.



- 11.1.6 Gli Stati e le organizzazioni più importanti dovrebbero sponsorizzare la ricerca nel campo della tecnologia della pesca e della garanzia di qualità, e sostenere progetti tesi al miglioramento del trattamento del dopo cattura, tenendo in considerazione l'impatto economico, sociale, ambientale e nutrizionale di tali progetti.
- 11.1.7 Gli Stati, riconoscendo l'esistenza di differenti sistemi di produzione, dovrebbero, attraverso la cooperazione e facilitando lo sviluppo ed il trasferimento delle appropriate tecnologie, assicurare che i metodi di trattamento, di trasporto e di stoccaggio siano corretti dal punto di vista ambientale.
- 11.1.8 Gli Stati dovrebbero incoraggiare tutti coloro che sono coinvolti nel trattamento, distribuzione e commercio del pesce a:
- a) ridurre le perdite e gli scarti del dopo cattura;
 - b) migliorare l'uso delle catture accidentali al fine di renderlo coerente con le pratiche di gestione responsabile della pesca;
 - c) utilizzare le risorse, specialmente l'acqua e l'energia, soprattutto il legno, in modo corretto dal punto di vista ambientale.
- 11.1.9 Gli Stati dovrebbero incoraggiare l'uso dei pesci per il consumo umano, e promuoverne il consumo in tutti i casi in cui tale consumo risulti appropriato.
- 11.1.10 Gli Stati dovrebbero cooperare per facilitare la produzione dei prodotti di valore aggiunto da parte dei Paesi in Via di Sviluppo.
- 11.1.11 Gli Stati dovrebbero garantire, attraverso il miglioramento dell'identificazione dell'origine del pesce e dei prodotti della pesca, che il commercio nazionale ed internazionale del pesce e dei prodotti della pesca sia in accordo con pratiche opportune di gestione e conservazione.
- 11.1.12 Gli Stati dovrebbero garantire che gli effetti ambientali delle attività del dopo-cattura vengano tenuti in considerazione nello sviluppo delle relative norme di legge, regolamentazioni e politiche senza creare distorsioni di mercato.
- 11.2 Commercio internazionale responsabile**
- 11.2.1 I provvedimenti di questo Codice dovrebbero essere interpretati ed applicati in accordo con i principi, i diritti e gli obblighi stabiliti nell'Accordo dell'Organizzazione Mondiale del Commercio (World Trade Organization - WTO).
- 11.2.2 Il commercio internazionale del pesce e dei prodotti della pesca non dovrebbe compromettere lo sviluppo sostenibile della pesca e l'uso responsabile delle risorse acquatiche viventi.
- 11.2.3 Gli Stati dovrebbero assicurare che le misure riguardanti il commercio internazionale del pesce e dei prodotti della pesca siano trasparenti, basate, quanto possibile, sull'evidenza scientifica, ed in accordo con le regole concordate a livello internazionale.
- 11.2.4 Le misure relative al commercio del pesce adottate dagli Stati per proteggere la vita o la salute umana o animale, gli interessi dei consumatori o l'ambiente, non dovrebbero essere discriminatorie e dovrebbero essere in accordo con le regole del commercio concordate a livello internazionale, in particolare i principi, i diritti e gli obblighi stabiliti dall'Accordo sull'Applicazione delle Misure Sanitarie e Fitosanitarie⁽⁹⁾ e dall'Accordo sulle Barriere Tecniche al Commercio⁽¹⁰⁾ del WTO.

⁽⁹⁾ Agreement on the Application of Sanitary and Phytosanitary Measures.

⁽¹⁰⁾ Agreement on Technical Barriers to Trade.



- 11.2.5 Gli Stati dovrebbero liberalizzare ulteriormente il commercio del pesce e dei prodotti della pesca, eliminando le barriere e le distorsioni al commercio quali le tasse doganali, le quote e le barriere non tariffarie, in conformità ai principi, diritti e doveri stabiliti dall'Accordo del WTO.
- 11.2.6 Gli Stati non dovrebbero creare, direttamente o indirettamente, ostacoli inutili o barriere elusive al commercio, tali da limitare la libertà di scelta del fornitore da parte del consumatore, o da ridurre l'accesso al mercato.
- 11.2.7 Gli Stati non dovrebbero condizionare la possibilità dei mercati ad accedere alle risorse. Questo principio non preclude la possibilità di accordi di pesca tra Stati che includano provvedimenti relativi all'accesso alle risorse, al commercio ed all'accesso ai mercati, al trasferimento di tecnologie, alla ricerca scientifica e ad altri elementi relativi.
- 11.2.8 Gli Stati non dovrebbero vincolare l'accesso ai mercati all'acquisto di tecnologie specifiche o alla vendita di altri prodotti.
- 11.2.9 Gli Stati dovrebbero cooperare come stabilito dai relativi accordi internazionali che regolano il commercio delle specie in via d'estinzione.
- 11.2.10 Gli Stati dovrebbero sviluppare accordi internazionali per il commercio di esemplari vivi laddove esista il rischio di danno ambientale negli Stati esportatori o importatori.
- 11.2.11 Gli Stati dovrebbero cooperare per promuovere l'adesione e l'effettiva applicazione dei relativi standards internazionali per il commercio dei pesci e dei prodotti della pesca e per la conservazione delle risorse acquatiche viventi.
- 11.2.12 Gli Stati non dovrebbero mettere a rischio le misure di conservazione delle risorse acquatiche viventi al fine di guadagnare vantaggi commerciali o di investimento.
- 11.2.13 Gli Stati dovrebbero cooperare per sviluppare regole e standard accettabili a livello internazionale per il commercio dei pesci e dei prodotti della pesca in accordo con i principi, i diritti e gli obblighi stabiliti nell'accordo del WTO.
- 11.2.14 Gli Stati dovrebbero cooperare vicendevolmente e partecipare attivamente nei relativi forum regionali e multilaterali, come il WTO, al fine di garantire un commercio equo e non discriminatorio dei pesci e dei prodotti della pesca, così come la generale adesione alle misure di conservazione concordate a livello multilaterale.
- 11.2.15 Gli Stati, le agenzie di aiuto, le banche per lo sviluppo multilaterale e le altre rilevanti organizzazioni internazionali dovrebbero assicurare che le loro politiche e pratiche, relative alla promozione del commercio internazionale del pesce e della produzione per l'esportazione, non generino degrado o impatti negativi sui diritti e sulle necessità nutrizionali delle popolazioni per la cui salute e benessere, il pesce risulta critico e per coloro per i quali risorse di cibo comparabili non siano subito disponibili o accessibili.

11.3 Leggi e regolamentazioni relative al commercio del pesce

- 11.3.1 Leggi, regolamentazioni e procedure amministrative applicabili al commercio internazionale del pesce e dei prodotti della pesca dovrebbero essere trasparenti, di facile comprensione e, laddove il caso, basate sull'evidenza scientifica.
- 11.3.2 Gli Stati, in conformità con le proprie leggi nazionali, dovrebbero facilitare un'adeguata consultazione

e partecipazione dell'industria, come dei gruppi ambientalisti e dei consumatori, allo sviluppo e all'applicazione delle leggi e delle regolamentazioni relative al commercio del pesce e dei prodotti della pesca.

- 11.3.3 Gli Stati dovrebbero semplificare le proprie leggi, regolamentazioni e procedure amministrative applicabili al commercio del pesce e dei prodotti della pesca senza mettere a rischio la loro efficacia.
- 11.3.4 Qualora uno Stato introduca modifiche nei requisiti legali riguardanti il commercio del pesce e dei prodotti della pesca con altri Stati, dovrebbero essere forniti tempo ed informazioni sufficienti per permettere agli Stati ed ai produttori coinvolti di introdurre nelle loro procedure, come appropriato, le necessarie modifiche. Sarebbe auspicabile, a questo scopo, una consultazione con gli Stati coinvolti in tempo utile per l'applicazione delle modifiche. Dovrebbe essere data giusta considerazione alla richiesta di deroga temporanea da tali obblighi da parte dei Paesi in Via di Sviluppo.
- 11.3.5 Gli Stati dovrebbero periodicamente revisionare le leggi e le regolamentazioni applicabili al commercio internazionale del pesce e dei prodotti della pesca al fine di determinare se le condizioni che erano alla base della loro introduzione sussistano ancora.
- 11.3.6 Gli Stati dovrebbero armonizzare il più possibile gli standard applicabili al commercio internazionale del pesce e dei prodotti della pesca in accordo con i relativi provvedimenti riconosciuti a livello internazionale.
- 11.3.7 Gli Stati dovrebbero raccogliere, diffondere e scambiare tempestivamente accurate e pertinenti informazioni statistiche sul commercio internazionale del pesce e dei prodotti della pesca, attraverso le relative istituzioni nazionali ed organizzazioni internazionali.
- 11.3.8 Gli Stati dovrebbero prontamente informare gli Stati interessati, il WTO e le altre appropriate organizzazioni internazionali, sullo sviluppo e sulle modifiche delle leggi, delle regolamentazioni e delle procedure amministrative applicabili al commercio internazionale del pesce e dei prodotti della pesca.

ARTICOLO 12 - RICERCA APPLICATA ALLA PESCA

- 12.1 Gli Stati dovrebbero riconoscere che la pesca responsabile richiede la disponibilità di solide basi scientifiche per assistere gli amministratori della pesca e le altre parti interessate nel processo decisionale. Gli Stati, quindi, dovrebbero assicurare che venga condotta un'adeguata ricerca riguardo a tutti gli aspetti della pesca inclusa la biologia, l'ecologia, la tecnologia e le scienze ambientali, le scienze economiche, le scienze sociali, l'acquacoltura e la scienza della nutrizione. Gli Stati dovrebbero garantire la disponibilità di strutture di ricerca e fornire un'adeguata formazione e una struttura professionale ed istituzionale per condurre la ricerca, tenendo conto delle speciali esigenze dei Paesi in Via di Sviluppo.
- 12.2 Gli Stati dovrebbero creare una struttura istituzionale adeguata per determinare la ricerca applicata richiesta e il suo uso adeguato.
- 12.3 Gli Stati dovrebbero garantire che i dati derivanti dalla ricerca vengano analizzati, e che i risultati di tali analisi vengano pubblicati, rispettando la loro segretezza dove appropriato, e diffusi in maniera comprensibile e tempestiva al fine di rendere disponibile la migliore evidenza scientifica come contributo alla conservazione, gestione e sviluppo della pesca. In mancanza di adeguate informazioni scientifiche, una ricerca adeguata dovrebbe essere iniziata il più presto possibile.
- 12.4 Gli Stati dovrebbero raccogliere dati affidabili ed accurati, necessari per valutare lo stato dell'ecosistema





e delle risorse alieutiche, inclusi i dati sulla pesca accidentale, sugli scarichi e sugli sprechi. Laddove opportuno, questi dati dovrebbero essere forniti agli Stati e alle organizzazioni della pesca subregionali, regionali e globali, nei tempi dovuti e con il dovuto livello di aggregazione.

- 12.5 Gli Stati dovrebbero essere in grado di monitorare e valutare lo stato degli stock sotto la loro giurisdizione, incluso l'impatto dei cambiamenti dell'ecosistema derivanti dalla pressione di pesca, dall'inquinamento o dalle alterazioni dell'habitat. Dovrebbero inoltre dotarsi della capacità di ricerca necessaria per valutare gli effetti dei cambiamenti climatici o ambientali sugli stock ittici e sugli ecosistemi acquatici.
- 12.6 Gli Stati dovrebbero sostenere e rafforzare le capacità di ricerca nazionale, per soddisfare gli standard scientifici riconosciuti.
- 12.7 Gli Stati, attraverso un'appropriata collaborazione con le rilevanti organizzazioni internazionali, dovrebbero incoraggiare la ricerca per assicurare l'utilizzazione ottimale delle risorse alieutiche e stimolare la ricerca necessaria per supportare le politiche nazionali relative al pesce come alimento.
- 12.8 Gli Stati dovrebbero condurre la ricerca, ed effettuare monitoraggi, sulle fonti alimentari destinate all'uomo, derivanti dalle risorse acquatiche e dell'ambiente dal quale vengono prelevate, e assicurare che non ci sia impatto negativo per la salute dei consumatori. I risultati di tali ricerche dovrebbero essere resi disponibili al pubblico.
- 12.9 Gli Stati dovrebbero garantire che gli aspetti economici, sociali, di mercato ed istituzionali della pesca vengano adeguatamente studiati e che vengano prodotti dati comparabili per il successivo monitoraggio, analisi e formulazione politica.
- 12.10 Gli Stati dovrebbero condurre studi sulla selettività delle attrezzature da pesca, sul loro impatto ambientale sulle specie bersaglio e sul comportamento delle specie bersaglio e non-bersaglio in relazione a tali attrezzature da pesca, al fine di aiutare le decisioni di gestione, con riferimento alla minimizzazione delle catture non utilizzate, al fine anche di salvaguardare la biodiversità dell'ecosistema e dell'habitat acquatico.
- 12.11 Gli Stati dovrebbero garantire che, prima dell'introduzione commerciale di nuovi tipi di attrezzature, venga condotta una valutazione scientifica del loro impatto sulla pesca e sull'ecosistema nel quale verranno usate. Gli effetti di tale introduzione di attrezzature dovrebbe essere monitorato.
- 12.12 Gli Stati dovrebbero studiare e documentare la conoscenza e le tecnologie tradizionali della pesca, in particolare quelle applicate alla pesca su piccola scala, al fine di valutare la loro applicazione alla conservazione, gestione e sviluppo della pesca sostenibile.
- 12.13 Gli Stati dovrebbero promuovere l'uso dei risultati delle ricerche come base per stabilire gli obiettivi, i punti di riferimento e i criteri di esecuzione, così come per garantire adeguati collegamenti tra ricerca applicata e gestione della pesca.
- 12.14 Gli Stati che conducono attività di ricerca scientifica in acque sotto la giurisdizione di un altro Stato dovrebbero garantire che i loro battelli rispettino le leggi ed i regolamenti di tale Stato e la legge internazionale.
- 12.15 Gli Stati dovrebbero promuovere l'adozione di linee guida uniformi relative alla ricerca alieutica condotta in mare aperto.
- 12.16 Gli Stati dovrebbero, laddove opportuno, supportare la creazione di meccanismi, inclusa tra l'altro, l'adozione di linee guida uniformi, per facilitare la ricerca a livello subregionale o regionale e dovrebbe-

ro incoraggiare lo scambio dei risultati di tali ricerche con altre regioni.

- 12.17 Gli Stati, sia direttamente sia con il supporto delle più importanti organizzazioni internazionali, dovrebbero sviluppare programmi di ricerca e di collaborazione tecnica per migliorare la comprensione della biologia, dell'ambiente e dello stato degli stock acquatici transnazionali.
- 12.18 Gli Stati e le rilevanti organizzazioni internazionali dovrebbero promuovere e migliorare la capacità di ricerca dei Paesi in Via di Sviluppo, per ciò che riguarda, tra l'altro, la raccolta e l'analisi dei dati, l'informazione, la scienza e la tecnologia, lo sviluppo delle risorse umane e la fornitura di strutture di ricerca, al fine di permettere loro di partecipare attivamente alla conservazione, gestione e uso sostenibile delle risorse acquatiche viventi.
- 12.19 Le organizzazioni internazionali competenti dovrebbero, laddove opportuno, assicurare il supporto finanziario e tecnico agli Stati che lo richiedano e quando questi siano impegnati in indagini di ricerca atte alla valutazione di stock mai sfruttati precedentemente, o sfruttati in misura minima.
- 12.20 Le rilevanti organizzazioni internazionali tecniche e finanziarie dovrebbero, su richiesta, appoggiare gli Stati nei loro sforzi di ricerca, ponendo particolare attenzione ai Paesi in Via di Sviluppo ed in particolare a quelli fra loro meno sviluppati, ed ai Paesi in Via di Sviluppo delle piccole isole.

Glossario

Abiotico: in ecologia, di componente ambientale non vivente.

Acidi grassi essenziali: composti necessari per il normale accrescimento e il funzionamento dell'organismo che l'uomo non è in grado di sintetizzare e che deve assumere con la dieta.

Acidi grassi: componenti fondamentali della maggior parte dei lipidi, distinti in saturi ed insaturi.

Acido lattico: prodotto terminale delle trasformazioni biochimiche del glucosio, quando avvengono in assenza di ossigeno.

Acqua fluente: si dice di impianti in cui l'acqua di alimentazione passa una sola volta attraverso le strutture di allevamento per essere poi restituita ai corpi idrici superficiali.

ADI: Acceptable Daily Intake (dose giornaliera ammissibile).

Aldosterone: mineralcorticoide secreto dalla corticale del surrene. Lo steroide più importante che controlla l'equilibrio degli elettroliti; agisce a livello dei tubuli renali aumentando il riassorbimento del sodio.

Algicida: sostanza chimica che uccide le alghe, ad esempio il solfato di rame.

Alieutico: relativo alla pesca ed alle attività ad essa connesse.

Allele: forma alternativa di un gene presente sullo stesso *locus* di cromosomi omologhi.

Alloctono: di organismo, popolazione o specie non originari dell'area geografica in cui vivono.

Allozima: variante di un enzima codificato da variazioni alleliche di un singolo *locus* genico.

Altezza d'onda (H): distanza, misurata verticalmente, tra il cavo e la cresta dell'onda.

Aminoacido: molecola organica costituente delle proteine. Gli "aminoacidi essenziali"

sono quelli che l'organismo non è in grado di sintetizzare e che deve assumere con l'alimentazione.

Anadromo: di specie ittica che vive nel mare e che risale i fiumi per la riproduzione.

Anafase: fase della divisione cellulare in cui i cromatidi fratelli si separano e migrano ai poli opposti in modo da ripartire equamente il corredo cromosomico nelle due cellule che si formeranno.

Analisi Costi-Benefici: metodo di valutazione della convenienza economica; questa comprende dalla semplice analisi finanziaria (analisi degli effetti interni all'azienda) all'analisi economica, che comprende anche gli effetti esterni (esternalità) di un determinato intervento.

Androgenesi: processo che porta allo sviluppo di un embrione che ha ereditato esclusivamente il genoma paterno, in seguito alla degenerazione del nucleo dell'uovo che lo ospita.

Anossico: di ambiente privo di ossigeno.

Anticorpo: proteina che, prodotta dall'organismo per reazione all'introduzione di una sostanza ad esso estranea detta antigene, si combina con questa per neutralizzarne gli eventuali effetti patogeni.

Antifouling: sostanza chimica che impedisce o rallenta la colonizzazione di un qualunque substrato sommerso da parte di organismi incrostanti.

Antigene: sostanza estranea all'organismo in grado di stimolare i prodotti della risposta immunitaria (per es. anticorpi o cellule immunitarie).

Aploide: di organismo, taxon, cellula (es. i gameti) o nucleo contenente un corredo singolo di cromosomi, indicato con *n*, che ne costituisce il patrimonio ereditario.

ASP: Amnesic Shellfish Poisoning tossina ad effetto neuroeccitatorio e neurotossico.

Assicurazione della qualità o garanzia della qualità: insieme delle azioni pianificate e sistematiche necessarie a dare adeguata sicurezza che un prodotto o un servizio soddisfi determinati requisiti di qualità.

Attestazione di specificità (As): vedi Specialità tradizionale garantita.

Audit del sistema di gestione ambientale: processo di verifica sistematico e documentato per conoscere e valutare con evidenza oggettiva se il sistema di gestione ambientale sia conforme ai criteri definiti dall'organizzazione stessa per l'audit del sistema di gestione ambientale e per comunicare i risultati di questo processo alla direzione.

Autoctono: di organismo, popolazione o specie originari dell'area geografica in cui vivono.

Avannotto: giovanile, stadio di sviluppo di un pesce successivo agli stadi larvale e post-larvale, in cui l'animale ha le caratteristiche morfologiche tipiche dell'adulto.

Benthos: l'insieme degli organismi vegetali od animali che vivono sul fondo di mari, laghi, fiumi, ecc.

Bilancio economico: strumento di analisi di impresa ove i ricavi sono comparati ai costi. Attraverso l'equazione generale del tornaconto [Produzione lorda vendibile – (Spese varie + Quote + Imposte + Salari + Stipendi + Interessi + Beneficio fondiario) = $\pm$ Tornaconto] vengono descritte le relazioni che intercorrono fra prodotto e fattori di produzione.

Biodiversità: variabilità degli organismi viventi espressa a livello genetico, di popolazione, di comunità ed ecosistemi.

Biofiltro: componente di un sistema di ricircolazione idrica che rimuove i composti disciolti dell'azoto e del carbonio per azione batterica.

Biomassa: peso complessivo di tutti gli organismi viventi presenti in un determinato momento, in uno spazio definito (area o volume).

Biorimediazione: ripristino di condizioni naturali ottimali in ambienti sottoposti a forti pressioni antropiche attraverso l'utilizzo di organismi, ad esempio attraverso la fitodepurazione.

Biotico: in ecologia, si riferisce alla componente ambientale vivente.

Biotopo: luogo con caratteristiche ambientali uniformi e ben definite, in cui vive una determinata comunità biotica o biocenosi.

Biotossina: sostanza tossica prodotta da organismi viventi.

Bisso: insieme di sottili filamenti di materiale proteico prodotti da una ghiandola posta alla base del piede di alcuni Molluschi Bivalvi, che serve ad ancorare l'animale ad un substrato.

Bivalvi: Molluschi con la conchiglia composta da due porzioni dette valve che contengono la parte molle dell'animale.

BOD (Biochemical Oxygen Demand = Richiesta Biochimica di Ossigeno): è la misura della quantità di ossigeno consumata per azione batterica in un campione di acqua contenente sostanza organica biodegradabile. È uno dei parametri più utilizzati per valutare l'effetto deossigenante di sostanze inquinanti nelle acque superficiali.

Breve e lungo periodo: in economia, ci si riferisce alle caratteristiche di "fissità" e "variabilità" dei fattori di produzione. L'impresa opera in una situazione di breve periodo quando uno o più fattori produttivi sono disponibili in quantità fissa e non modificabile almeno fino al completamento del ciclo produttivo in corso (fattori fissi che determinano costi fissi); l'imprenditore può far variare la quantità di prodotto modificando la quantità di fattori variabili (che determinano costi variabili) impiegati congiuntamente ai fattori fissi. La situazione di lungo periodo non distingue più tra fattori fissi e variabili, in quanto anche

i primi possono essere oggetto di variazioni.

Calza: rete tubolare in polipropilene dove vengono inseriti i mitili, in allevamento.

Capacità portante massima: quantità di biomassa che può essere sostenuta in determinate condizioni ambientali.

Carboidrato: composto formato da carbonio, idrogeno e ossigeno, in genere secondo la formula $C_n(H_2O)_n$, come gli zuccheri, l'amido, il glicogeno, la cellulosa.

Cariocinetico: relativo ai processi di divisione del nucleo delle cellule.

Cariotipo: insieme delle caratteristiche del corredo cromosomico di un dato individuo o specie rappresentate graficamente per mezzo di tecniche standardizzate (cariogramma), generalmente ottenute utilizzando immagini di cromosomi in metafase mitotica, accoppiando gli omologhi.

Catabolismo: fase del metabolismo nel corso della quale molecole complesse vengono scisse in molecole semplici per ottenere energia.

Catabolita: prodotto finale del catabolismo che, di norma, è destinato ad essere escreto dall'organismo che lo ha prodotto.

Catadromo: di specie ittica che vive gran parte della propria vita nelle acque interne ma che ritorna al mare per riprodursi.

Catecolamine: gruppo di sostanze correlate fra loro, le quali esercitano azione simpatico mimetica sul sistema nervoso (es. adrenalina, noradrenalina, dopamina).

Catena alimentare (o catena trofica): rappresentazione schematica del flusso di energia dai produttori primari attraverso i vari livelli di consumatori. Ad esempio, nelle catene alimentari di pascolo è utilizzata la seguente classificazione in base alla funzione dei diversi organismi: i produttori (le piante verdi), occupano il primo livello trofico; i consumatori primari (erbivori), occupano il

secondo livello trofico; i carnivori (consumatori secondari), il terzo livello trofico; i carnivori secondari (consumatori terziari), il quarto livello.

Catepsina D: proteasi lisosomale presente nei granulociti.

Cavo dell'onda: punto più basso del profilo di un'onda.

CDM: Centro Depurazione Molluschi.

Cellule citotossiche non specifiche: cellule capaci di svolgere attività citotossica naturale (o spontanea) verso cellule bersaglio (es. cellule tumorali) in assenza di stimolo antigenico.

Cellule granulari eosinofile: cellule localizzate nei tessuti (numerosi nel connettivo e intorno ai vasi sanguigni) responsabili presumibilmente di fenomeni allergici o reazioni di ipersensibilità immediata.

Cerchio della qualità/spirale della qualità: modello concettuale per indicare le attività che, interagendo fra loro, influenzano la qualità di un prodotto o di un servizio nelle varie fasi, che vanno dall'identificazione delle esigenze da soddisfare alla verifica del loro soddisfacimento.

Certificazione: riconoscimento da parte di organismi terzi che i processi ed i prodotti siano conformi ad una predeterminata disciplina di produzione ed a determinati standard qualitativi.

Chiavica: nella vallicoltura del Nord Adriatico indica una chiusa per la regolazione dei flussi idrici tra una valle e la laguna aperta.

Ciclizzazione del carbonio: processo di riciclo della sostanza organica e mineralizzazione, prevalentemente per ossidazione microbica. Ad esempio, in un ambiente acquatico, un atomo di carbonio inorganico, presente nell'anidride carbonica, è organicato mediante la fotosintesi attuata dai produttori (fitoplancton, macroalghe e piante acquatiche) e mineraliz-

zato di nuovo ad anidride carbonica, attraverso la respirazione dei consumatori (erbivori o carnivori o decompositori).

CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*): è una convenzione internazionale fra governi, che ha lo scopo di assicurare che il commercio internazionale di animali e piante selvatici non minacci la loro sopravvivenza.

Citochine: sostanze solubili secrete dalle cellule aventi una varietà di effetti su altre cellule.

Clonazione: processo naturale od artificiale che porta alla formazione di un organismo con patrimonio genetico di un solo genitore.

Coda eterocerca: coda che si presenta asimmetrica, con il lobo superiore più esteso; è propria degli storioni e degli squali.

Coda omocerca: coda solo esternamente simmetrica, propria dei Teleostei.

Colesterolo: sostanza complessa di natura lipidica di cui l'organismo ha bisogno per molti processi vitali.

Collo di bottiglia: in dinamica di popolazione, espressione riferita alla drastica riduzione temporanea delle dimensioni di una popolazione, che può comportare una diminuzione della variabilità genetica.

Complemento: complesso di proteine plasmatiche, designate C1, C2, C3, C9, coinvolto nella mediazione delle reazioni immunitarie.

Complesso maggiore di istocompatibilità

MHC: gruppo di geni che codificano prodotti o strutture coinvolte nella risposta immunitaria (es. MHC I nel rigetto trapianti, MHC II cooperazione tra linfociti e monociti o sintesi componenti complemento).

Comunità biotica o Biocenosi: in ecologia, insieme delle popolazioni di organismi viventi che occupano una data area, entro la quale interagiscono.

Condroitti o pesci cartilaginei: pesci che

presentano uno scheletro assile esclusivamente cartilagineo; mentre il tessuto osseo è limitato alla dentina presente nelle scaglie placoidi e nei denti. Comprendono le chimere, gli squali, le razze, le torpedini ed affini.

Condrostei: pesci appartenenti alla classe *Osteichthyes* (Pesci ossei), sottoclasse degli *Actinopterygii*. Si tratta di un gruppo di pesci (storioni e spatole) con caratteri primitivi, come notocorda persistente nell'adulto, scheletro interno prevalentemente cartilagineo, coda squaliforme.

Consorzio di tutela: associazione di produttori e/o trasformatori di un determinato prodotto di qualità, aventi come scopo la tutela, la promozione e la valorizzazione dello stesso.

Contingent Valuation Method: vd. Utilità sociale.

Controllo e collaudo: attività di misura, esame, prova, verifica mediante calibri, per una o più caratteristiche di un prodotto o servizio, a fronte di requisiti specificati, al fine di accertarne la relativa conformità.

Corticale del surrene: strato esterno della ghiandola surrenale le cui cellule sono stimulate dall'ACTH (adrenocorticotropo) e rilasciano l'ormone CRH (corticotropo).

Corticosteroidi: ormoni prodotti dalla corticale del surrene.

Cortisolo: ormone steroideo secreto dalla corteccia surrenale, regola il metabolismo di proteine, carboidrati e lipidi; limita la reazione infiammatoria. La sua concentrazione nel sangue è utilizzata come indicatore di stress.

Costo di transazione: costo che, in un'economia di mercato caratterizzata dal decentramento delle decisioni e da una ripartizione della proprietà, deve essere sostenuto per il trasferimento dei diritti di proprietà sui beni.

Costi fissi e costi variabili: vd. Breve e lungo periodo.

Cresta dell'onda: punto più alto del profilo dell'onda.

Cromatidio: una delle due copie prodotte nella duplicazione di un cromosoma durante la divisione cellulare. I due cromatidi che originano dallo stesso cromosoma sono detti fratelli.

Cromosoma: struttura nucleare, lungo la quale sono localizzati i geni, formati da DNA, disposti in ordine lineare in specifici loci.

Cromosomi omologhi: coppia di cromosomi in un organismo diploide che hanno geni del medesimo tipo e nello stesso ordine (alleli).

Crossing-over: processo di scambio di materiale genetico (ricombinazione) tra i cromosomi omologhi durante la fase iniziale della divisione meiotica (meiosi).

Culture-based fisheries: attività di pesca supportate dall'acquacoltura; ad esempio, la pesca in una laguna sostenuta per mezzo di ripopolamenti di giovanili prodotti in avannotteria.

Cure parentali: attività e modalità di protezione e difesa della prole da parte dei genitori.

Demand feeder (alimentatori a richiesta): dispositivo che dispensa piccole razioni di alimento in seguito ad attivazione da parte degli animali stessi.

Denominazione di Origine Protetta (DOP): riconoscimento assegnato ai prodotti agricoli ed alimentari, le cui fasi del processo produttivo vengono realizzate in un'area geografica delimitata, in conformità ad un disciplinare di produzione.

Denominazione Divenuta Generica (DDG): nome di un prodotto agricolo ed alimentare che, pur collegato al nome del luogo o della regione di origine, è divenuto di uso corrente.

Densità (d): rapporto tra la massa ed il volume di un corpo (densità assoluta); misurata generalmente in kg/dm³ o in g/cm³.

Depurazione: nei Centri Depurazione

Molluschi, processo di decontaminazione batterica eseguito sugli animali attraverso il loro mantenimento in acqua di mare sanificata.

Deriva genetica: variazione delle frequenze alleliche in una popolazione, tanto più evidente quanto questa è ridotta.

Diffusione: processo per cui le particelle, non cariche elettricamente, di una sostanza vengono trasportate secondo un gradiente di concentrazione o una differenza di potenziale chimico.

Dimensione effettiva della popolazione: in genetica di popolazione, numero di individui di una popolazione che realmente contribuiscono alla variabilità genetica della generazione successiva.

Diploide: di nucleo, cellula o organismo le cui cellule contengono un corredo doppio di cromosomi, indicato con 2n, e pertanto contengono ogni gene in duplice copia.

Disciplinare di produzione: insieme di indicazioni e/o prassi operative che un produttore deve rispettare per ottenere una determinata certificazione dei processi produttivi e/o degli stessi prodotti.

Distretto produttivo: area che presenta particolari caratteristiche spaziali, economiche e sociali (area sistema), distinta da: a) un ambito territoriale abbastanza ristretto, variabile e ben connesso da vie di comunicazione; b) una popolazione di famiglie che vivono e lavorano in tale ambito; c) una popolazione di gruppi di imprese piccole o medio-piccole (imprese distrettuali) specializzate in qualche fase del processo produttivo caratterizzante il distretto; d) una rete di relazioni commerciali con l'esterno per la vendita dei prodotti tipici del distretto; e) una specifica cultura (valore del lavoro, della famiglia, del risparmio, ecc.) e rete istituzionale (usi e costumi, associazionismo, ecc.) risultanti da un processo storico di

adattamento reciproco.

Drum filter: filtro a tamburo - dispositivo per la filtrazione meccanica delle acque, costituito da una struttura che ruota esponendo alla filtrazione una parte della sua superficie che viene continuamente ripristinata con un sistema di controlavaggio a pressione.

Economia di scala: con tale termine si indica la diminuzione del costo medio di produzione all'aumentare delle dimensioni dell'impianto, dati i costi medi dei macchinari, del lavoro e degli input, e considerata l'utilizzazione di ciascun impianto alla sua capacità ottimale.

Ecosistema o sistema ecologico: unità che include tutti gli organismi che vivono insieme (comunità biotica) in una data area, interagenti con l'ambiente fisico, in modo tale che un flusso d'energia porta ad una ben definita struttura biotica e ad una ciclizzazione dei materiali tra viventi all'interno del sistema.

Edafico: relativo alle caratteristiche del suolo o del fondale, che condizionano lo sviluppo dei popolamenti vegetali ed animali.

Effetto del fondatore: riduzione della variabilità genetica che si può verificare in una popolazione originata da un numero limitato di individui.

Ematocrito: percentuale del volume totale di sangue occupata dalla frazione corpuscolata (globuli rossi, bianchi e piastrine).

Embriogenesi: insieme dei processi biologici che riguarda lo sviluppo dell'embrione.

Emoglobina: proteina contenente ferro, in grado di combinarsi reversibilmente con l'ossigeno molecolare. È contenuta nei globuli rossi dei Vertebrati e in alcuni Invertebrati, dove assolve la funzione di trasportare ossigeno.

Enzima: molecola di natura proteica che ha la proprietà di accelerare la velocità (catalizzare) delle reazioni chimiche che avvengono negli organismi viventi; ogni enzima è specifico per

una determinata reazione.

Eosinofilia: ridotto numero dei granulociti eosinofili circolanti.

Epibionte: di organismo che vive sulla superficie di un altro essere vivente senza beneficio o danno per l'ospite.

Equivalve: di conchiglia con valve fra loro simmetriche.

Ermafrodita proterandro: di organismo in grado di produrre cellule sessuali maschili in un periodo vitale precedente a quello in cui produce cellule sessuali femminili. L'inverso avviene negli ermafroditi proterogini.

Escreto azotato: nei pesci, si riferisce all'ammoniaca ed all'urea, che vengono emesse nell'ambiente dall'organismo.

Esternalità: in economia, si intendono le influenze che l'attività economica di un soggetto esercita sulla produzione, sul consumo o sul benessere di un altro soggetto, senza essere traducibili in termini monetari; possono essere positive (economie esterne) o negative (diseconomie esterne). Sono esternalità anche gli effetti, positivi o negativi, di una attività antropica che ricadono al di fuori del suo contesto: fra gli effetti negativi tipico è l'inquinamento.

Estimo: disciplina che studia la valutazione dei beni economici, fattori di produzione e relativi prodotti.

Eterosi: maggiore performance degli individui originati dall'incrocio di genitori appartenenti a razze o varietà diverse (che comporta un aumento dell'eterozigosi), rispetto a quelli di una stessa razza o varietà.

Eterotermo: di organismo incapace di mantenere una propria temperatura corporea interna e che assume quella del mezzo in cui vive.

Eterozigote: di organismo diploide che presenta due forme alternative di geni per lo stesso locus nei due cromosomi omologhi.

Eugenesi: processo che impedisce la trasmissione di caratteri genetici indesiderati (tare ereditarie).

Eurialino: di organismo acquatico in grado di tollerare ampie variazioni della salinità ambientale.

Fattore limitante: fattore di natura abiotica e/o biotica che può condizionare lo sviluppo di una o più popolazioni di organismi; ad esempio, l'azoto ed il fosforo sono i principali fattori limitanti le popolazioni fitoplanctoniche.

Fecht geografico (f): distanza di mare libero secondo una prefissata direzione da costa a costa. Il fetch efficace è invece la lunghezza calcolata tenendo conto degli apporti o delle dispersioni laterali di energia ed utilizzata per la previsione del moto ondoso.

Fenotipo: insieme delle caratteristiche morfologiche e funzionali di un organismo considerate come espressione del suo genotipo. Può essere influenzato dall'ambiente.

Filiera produttiva: sequenza delle lavorazioni che devono essere effettuate in successione per trasformare il prodotto primario in prodotto finito.

Fitodepurazione: tecnica di depurazione ecologica delle acque, che prevede l'utilizzo di vegetali acquatici (alghe e macrofite) e batteri ambientali, fatti sviluppare generalmente in zone umide artificiali, per rimuovere gli inquinanti attraverso la combinazione di processi fisici, chimici e biologici.

Fitoplancton: componente vegetale del plancton, rappresentata in gran parte da alghe unicellulari come le Diatomee e i Dinoflagellati.

Fosfolipide: lipide unito ad un gruppo fosforico; presente soprattutto nelle membrane cellulari.

Fouling: insieme di organismi incrostanti che si insediano e crescono su un qualunque substrato sommerso.

Freatica: di acqua che si origina dalla falda degli strati più superficiali del sottosuolo.

Gamete: cellula sessuale matura con corredo cromosomico aploide (n).

Gasteropodi: Molluschi muniti generalmente di una conchiglia avvolta a spirale, comprendenti chioccioline, lumache terrestri ed acquatiche.

Gene: unità ereditaria, corrispondente ad un determinato segmento di DNA, che occupa un locus cromosomico fisso e può assumere varie forme alleliche.

Genoma: l'intera informazione genetica presente in una cellula o in un organismo.

Genotipo: complesso dell'informazione genetica presente in un organismo che presiede all'espressione dei caratteri somatici (fenotipo).

Ginogenesi: processo che porta allo sviluppo di un embrione che ha ereditato esclusivamente il genoma materno, in seguito alla degenerazione del nucleo dello spermatozoo, dopo la fecondazione.

Glucocorticoidi: ormoni sintetizzati nella corticale del surrene aventi un ampio spettro di attività metaboliche (cortisone, cortisolo, corticosterone).

Habitat: complesso dei fattori abiotici (fisici, chimici, climatici, ecc.) dell'ambiente in cui vive una determinata specie, almeno per un periodo del proprio ciclo vitale.

HACCP: *Hazard Analysis Critical Control Point*, riferito ad un metodo standard, adottato a livello internazionale, per individuare e monitorare i punti critici di un processo produttivo alimentare allo scopo di prevenire i rischi igienico-sanitari.

HDPE: polietilene ad alta densità; materiale plastico di elevata elasticità e notevole galleggiamento, utilizzato per realizzare le strutture portanti di alcuni tipi di gabbie, sia galleggianti che ad assetto variabile.

Hedonic Price Method: vd. Utilità sociale.

Immunoglobuline: termine generale per indicare tutte le molecole anticorpali presenti nel plasma e in altri fluidi dell'organismo.

Immunoistochimica: tecnica che si basa sul riconoscimento di un antigene in una sezione istologica mediante un anticorpo specifico. La procedura si basa sull'utilizzo di un anticorpo primario che si lega ad un antigene, e di un anticorpo secondario al quale è coniugato un enzima che viene rivelato mediante substrati cromogeni (es. perossidasi, fosfatasi alcalina). Questa tecnica, oltre che per la ricerca, viene correntemente utilizzata per la diagnosi di malattie infettive.

Impatto ambientale: effetto di un intervento antropico che ha indotto modificazioni di singole componenti dell'ambiente o di un sistema ambientale nel suo complesso.

Incalzo: in molluschicoltura, operazione di confezionamento delle reste.

Indicazione Geografica Protetta (IGP): marchio che designa un prodotto agricolo o alimentare in riferimento ad una regione, ad un luogo determinato o, in casi eccezionali, ad un Paese, dove avviene almeno una fase della sua produzione.

Inincrocio: incrocio di individui fra loro correlati più strettamente della media delle coppie della popolazione.

Inequivalve: di conchiglia con valve fra loro non simmetriche.

Interleuchine: glicoproteine secrete da una varietà di leucociti aventi effetti su altri leucociti.

Ipercapnia: presenza di elevati valori di anidride carbonica.

Iperglicemia: eccessiva concentrazione plasmatica di glucosio.

JECFA: *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Comitato congiunto FAO/WHO di esperti sugli additivi alimentari.

Kilocalorie: unità di misura dell'energia termica espressa come quantità di calore.

Larviparo: di organismo che mantiene la prole nel corpo materno fino allo stadio di larva.

Lavoriero: impianto fisso per la cattura della specie ittiche eurialine, realizzato nelle lagune e nelle valli da pesca, nei canali di marea.

Leucociti: globuli bianchi del sangue che vengono suddivisi in granulociti neutrofili, eosinofili e basofili, monociti e linfociti.

Linfocita: piccola cellula mononucleata con poco citoplasma che si trova nel sangue, nei tessuti, nella linfa, negli organi linfoidi (linfonodi, milza, rene).

Linfocitopenia: ridotto numero dei linfociti circolanti.

Lipasi: qualsiasi enzima della classe delle idrolasi, sottoclasse esterasi, che catalizza l'idrolisi degli esteri degli acidi grassi, in particolare dei trigliceridi.

Lipidi: composti di carbonio, idrogeno ed ossigeno riuniti dalla comune proprietà di non essere solubili nell'acqua ma in solventi organici come alcool, etere, acetone.

Lisciviazione: perdita di sostanze minerali causata dal drenaggio dell'acqua che scorre attraverso il terreno.

Long-line Monoventia: in molluschicoltura, sistema lineare costituito da un singolo cavo di lunghezza variabile sostenuto alla profondità desiderata da appositi galleggianti, superficiali o sommersi, a cui vengono appese le reste o calze.

Long-line Triestino: in molluschicoltura, impianto costituito da una linea di barili cilindrici superficiali, tra loro collegati in successione da due o tre cavi (ventie), disposti parallelamente, a cui vengono appese le reste o calze.

Lunghezza d'onda (L): distanza tra le creste di due onde successive.

Lunghezza standard: in una specie ittica, lunghezza calcolata a partire dall'apice rostrale (punta del muso) al punto di inserzione dei raggi della pinna caudale.

Lunghezza totale: in una specie ittica, lunghezza calcolata a partire dall'apice rostrale (punta del muso) al margine estremo caudale.

Marketing: complesso delle attività di impresa indirizzate a studiare ed impostare i rapporti tra l'impresa stessa ed il mercato.

MCC: Manipolazione del Corredo Cromosomico.

Meioginogenote: di organismo diploide originato per ginogenesi associata al blocco di una delle divisioni meiotiche nell'ovocita.

Meiosi: processo di divisione cellulare che porta alla formazione di gameti aploidi a partire da una cellula diploide.

Melanomacrofagi: fagociti tissutali con citoplasma infarcito di melanina, ceroidi e lipofuscine. Spesso formano aggregati definiti centri melanomacrofagi (CMM).

Metafase: fase della divisione cellulare nella quale i cromosomi sono condensati massimamente e sono allineati in un'area particolare della cellula.

MHC molecola di classe I: molecola codificata dai geni del complesso maggiore di istocompatibilità (MHC) che partecipa alla presentazione dell'antigene alle cellule T citotossiche (CD8+).

MHC molecola di classe II: molecola codificata dai geni del complesso maggiore di istocompatibilità (MHC) che partecipa alla presentazione dell'antigene alle cellule T helper (CD4+).

Microsatelliti: sequenze di DNA altamente ripetitivo, con unità di ripetizione molto brevi (da 2 a 6 bp) che si susseguono in tandem.

Microvilli: microestroflessioni digitiformi del citoplasma periferico provviste di un citoscheletro interno di microfilamenti.

Miglio nautico: equivale a 1,853 km.

Mineralcorticoidi: ormoni steroidi sintetizzati e secreti dalla corticale del surrene, che agiscono sull'equilibrio elettrolitico operando il riassorbimento del Na^+ e del Cl^- a livello dei tubuli renali.

Mitoandrogonote: di organismo diploide originato per androgenesi associata al blocco della prima segmentazione. In questo modo il corredo genetico ritorna diploide, ma assolutamente omozigote e uguale a quello paterno.

Mitoginogenote: di organismo diploide originato per ginogenesi associata al blocco della prima segmentazione. In questo modo il corredo genetico ritorna diploide, ma assolutamente omozigote e uguale a quello materno.

Mitosi: divisione cellulare in cui le due cellule figlie hanno ognuna un corredo genetico che è identico a quello della cellula genitrice.

Monaco: manufatto per la regolazione idraulica, equipaggiato con una successione di griglie e panconi, che consente di trattenere gli animali nel bacino di allevamento e di scaricare le acque di fondo, pur mantenendo il battente d'acqua voluto.

Monocita: grande leucocita mononucleato del sangue con attività fagocitaria, che origina dal rene anteriore ed è il precursore dei macrofagi tissutali.

Montata: in biologia della pesca ed acquacoltura, fenomeno di migrazione di massa di stadi giovanili precoci di alcune specie ittiche eurialine, dal mare verso le acque interne.

MRL: limite massimo di residuo.

Mucosa: nei Vertebrati, indica il rivestimento epiteliale delle superfici delle cavità corporee comunicanti con l'esterno (tubo digerente, vie urogenitali, apparato respiratorio).

Neurocranio (o cranio cerebrale): porzione del cranio che protegge e supporta il cervello

ed i principali organi di senso cefalici.

NOAEL: No Observed Adverse Effect Level.

Nodo (kn): unità di misura usata per la velocità del vento, delle imbarcazioni e della corrente, ed equivalente ad 1 miglio nautico/ora (1,853 km/ora).

Notocorda: (o corda dorsale) struttura di sostegno allungata, flessibile, di forma cilindrica presente almeno nella fase embrionale in ogni vertebrato.

Novellame: stadi giovanili di specie acquatiche generalmente destinati all'allevamento.

NSP: Neurotoxic Shellfish Poisoning.

Nutriente: sostanza chimica necessaria agli organismi per le proprie funzioni vitali.

Obiettivo ambientale: il fine ultimo ambientale complessivo derivato dalla politica ambientale che un'organizzazione decide di perseguire e che è quantificato ove possibile.

OGM (Organismo Geneticamente Modificato): organismo (pianta, batterio o animale) il cui patrimonio genetico è stato modificato in laboratorio.

Omeostasi: capacità dell'organismo di regolare le condizioni interne per il mantenimento di uno stato stazionario.

Omozigote: presenza di alleli identici (o simili) per uno specifico *locus* genico nei due cromosomi omologhi di un organismo di diploide.

Onda significativa (H1/3): valore medio delle altezze possedute da un terzo delle onde più alte che compongono il treno d'onda.

Organizzazione Comune di Mercato (OCM): complesso delle norme, di origine prevalentemente comunitaria, che regolano i diversi comparti del sistema agricolo-alimentare.

Ormone: sostanza prodotta da ghiandole (endocrine), trasportata in circolo ad organi bersaglio, su cui agisce regolandone la funzione.

Osmoregolazione: il processo con cui un organismo mantiene una concentrazione di

elettroliti stabile.

Ovocita: cellula uovo che deve ancora terminare la meiosi. *O.* primario quando è ancora nella prima divisione meiotica; *O.* secondario se deve ancora completare la seconda divisione meiotica.

Ozono: gas incolore, forma allotropica dell'ossigeno, una volta e mezzo più denso, con formula molecolare O₃.

Packaging: attività di marketing che studia la confezione del prodotto nell'intento di renderlo attraente agli occhi del consumatore e funzionale al mantenimento della sua qualità e integrità durante il trasporto e le varie manipolazioni.

PCB: Policlorobifenili.

PCDD: Policlorodibenzodiossine.

PCDF: Policlorodibenzofurani.

PCP: Politica Comune della Pesca. Elaborazione Politica dell'Unione nel settore della pesca e dell'acquacoltura, finalizzata essenzialmente alla regolamentazione delle attività economiche, all'elaborazione di nuovi regolamenti, all'introduzione di nuovi strumenti di gestione e di sostegno alle imprese e alla tutela delle risorse naturali.

Pellet: particella di cibo di forma cilindrica, in cui sono combinati tutti i componenti nutrizionali per una determinata specie, prodotta attraverso una trafilatura, in grado di mantenere la forma in acqua per un certo tempo.

Pepsina: enzima prodotta dalla mucosa dello stomaco, catalizza la scissione delle proteine.

Periodo dell'onda (p): tempo che intercorre nel passaggio da un medesimo punto di due creste (o due cavi) dell'onda. Il periodo significativo (T) è il valore medio dei periodi delle onde.

Permeabile: che permette il passaggio, per esempio di una sostanza, attraverso una membrana.

Pesce novello: stadi di sviluppo precoce di specie ittiche.

Piano della qualità: documento che precisa le modalità operative, le risorse e le sequenze di attività che influenzano la qualità di un determinato prodotto, servizio, contratto o progetto.

Piede: organo carnoso di locomozione nei molluschi. Molto sviluppato nei bivalvi, a forma di falce, e nei gasteropodi, a forma di suola.

PIF: Posti Ispezione di Frontiera.

Ploidia: termine che si riferisce al numero di corredi cromosomici che una cellula contiene. Nell'uomo, una cellula aploide ha 23 cromosomi. Le cellule diploidi hanno 46 cromosomi, quelle triploidi 69, ecc. La ploidia è rappresentata da multipli di n : le cellule aploidi hanno n cromosomi, quelle diploidi ne hanno $2n$, quelle triploidi $3n$ e quelle tetraploidi $4n$.

Policoltura: allevamento nello stesso ambiente di varie specie, che utilizzano diversi livelli della catena trofica.

Poliploidia: condizione di avere tre o più set aploidi completi di cromosomi.

Poliploidizzazione: processo che porta alla poliploidia.

Politica ambientale: dichiarazione fatta da un'organizzazione delle sue intenzioni e dei suoi principi in relazione alla sua globale prestazione ambientale, che fornisce uno schema di riferimento per l'attività e per la definizione degli obiettivi e dei traguardi in campo ambientale.

Politica della qualità: obiettivi o indirizzi generali di un'organizzazione per quanto riguarda la qualità, espressi in modo formale dall'Alta Direzione.

Popolamento: in ecologia, lista di *taxa* (ad es. specie di pesci) rilevati in una determinata area.

Prestazione ambientale: risultati misurabili del sistema di gestione ambientale conseguenti al controllo esercitato dall'organizzazione sui propri aspetti ambientali, sulla base della sua politica ambientale, dei suoi obiettivi e dei suoi traguardi.

Prevenzione dell'inquinamento: uso di processi, prassi, materiali o prodotti per evitare, ridurre o tenere sotto controllo l'inquinamento, compresi il riciclaggio, il trattamento, i sistemi di processo, i sistemi di controllo, l'utilizzazione efficiente delle risorse e la sostituzione dei materiali.

Prodotti locali: categoria di prodotti tipici o tradizionali che si caratterizzano per l'esiguità della produzione, per la mancanza di ogni disciplinare o protocollo e per l'estrema variabilità delle tecniche di produzione.

Prodotti tradizionali: con il termine di prodotti tradizionali si intendono quei prodotti agroalimentari le cui metodiche di lavorazione, conservazione e stagionatura risultino consolidate nel tempo, omogenee per tutto il territorio interessato, secondo regole tradizionali, per un periodo non inferiore ai venticinque anni (D.M. 18 luglio 2000).

Produttività: produzione nel tempo o "velocità di produzione", in un determinato spazio (area o volume). Nello studio dei sistemi ecologici, il termine è utilizzato anche per indicare la produttività primaria (lorda o netta), la produttività netta della comunità o la produttività secondaria.

Produzione congiunta: con tale termine si indica un processo produttivo dal quale si ottengono più prodotti, detti appunto prodotti congiunti.

Profase: fase iniziale della mitosi o della meiosi nella quale i cromosomi sono visibili come filamenti progressivamente più condensati. La profase è seguita dalla metafase.

Profilo dell'onda: sezione trasversale dell'onda eseguita con un piano verticale.

Promozione: insieme di attività volte alla diffusione della conoscenza di un prodotto presso il consumatore finale, al fine di favorirne la commercializzazione e ampliarne la quota di mercato.

Pro nucleo: nucleo aploide dell'uovo e dello spermatozoo nella fase immediatamente successiva alla fecondazione, prima della loro fusione a formare un nucleo diploide.

Prostaglandine: acidi grassi ciclici con 20 atomi di carbonio prodotti nell'organismo a partire da acidi grassi insaturi. Agiscono sull'adenil-ciclastasi in diversi tessuti, sono contenute in quantità nei granuli dei mastociti e sono coinvolte in fenomeni anafilattici.

Proteine: costituenti essenziali del nostro organismo, sono grandi molecole formate dall'unione di molecole più piccole, gli aminoacidi. Con il processo della digestione le proteine sono scisse negli aminoacidi che le compongono con i quali l'organismo costruirà le sue specifiche proteine.

PSP: Paralytic Shellfish Poisoning: tossina ad azione neurotossica.

PTWI: Provisional Tolerable Weekly Intake (Ingestione settimanale tollerabile).

PTX: Pectenotossine

Qualità organolettica: insieme delle componenti sensoriali di un prodotto in grado di esprimere complessità, equilibrio, ecc.

Qualità: definizione con numerosi significati che mutano a seconda dei punti di osservazione. Per evitare l'insorgere di equivoci, riportiamo di seguito la spiegazione che ne dà la norma UNI EN ISO 8402 (in pratica il dizionario della serie ISO 9000). Questa è "l'insieme delle caratteristiche di un prodotto o di un servizio che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze espresse o implicite". Le

esigenze che la qualità deve soddisfare sono sia di carattere primario: salute, sicurezza, ecc., sia di carattere accessorio: comfort, prestazioni, durata, ecc.

Raceway: vasca di forma rettangolare ed allungata, generalmente in cemento; di largo impiego nella troficoltura ed in altre forme di piscicoltura intensiva (impianti a terra).

Reclutamento: in biologia della pesca, il termine è generalmente riferito all'ingresso di nuovi individui (nuova generazione) in una popolazione soggetta a pressione da pesca.

Reddito netto (RN): (vd. Bilancio economico) viene calcolato sottraendo alla Plv (Produzione lorda vendibile) i costi riguardanti i fattori che l'imprenditore (imprenditore concreto) deve acquistare sul mercato (costi espliciti); il RN varia pertanto in relazione alla figura imprenditoriale cioè ai fattori apportati dall'imprenditore.

Regolamento: insieme di norme stabilite a livello comunitario, vincolanti per ogni Stato membro, che regolano un settore specifico.

Resilienza: in ecologia, capacità di recupero di un sistema che è stato modificato da una perturbazione.

Responsabilità da prodotto: termine generico relativo all'obbligo di un produttore, o di altri, a risarcire danni alle persone o alle cose, o altri danni, causati da un prodotto o da un servizio difettoso, entro limiti di responsabilità conformi alle leggi vigenti.

Resta: struttura tubolare costituita dall'insieme dei mitili contenuti all'interno della calza.

Rete trofica: complesso delle relazioni alimentari tra organismi che occupano diversi livelli trofici. Il concetto di rete trofica implica una ricostruzione più articolata dei flussi di energia rispetto a quella di una catena alimentare (vedi); una rete trofica può essere considerata come un intreccio di più catene alimen-

tari all'interno di un medesimo ecosistema.

Retina: porzione a più strati del fondo oculare, sensibile agli stimoli luminosi.

Ricircolazione o ricircuitazione o ciclo chiuso: si dice di impianti in cui una parte più o meno consistente delle acque di scarico viene riutilizzata come acqua di alimentazione dopo una purificazione fisica, chimica e biologica.

Riesame del Sistema Qualità: valutazione formale, da parte dell'Alta Direzione, dello stato del Sistema Qualità e della sua adeguatezza, in relazione alla politica per la qualità e a eventuali nuovi obiettivi derivanti dal mutamento delle condizioni.

Riesame della progettazione: esame formale, documentato, esauriente e sistematico di quanto progettato, per valutare sia i requisiti considerati nella progettazione, sia l'idoneità della medesima a soddisfarli e a individuare i problemi e predisporre soluzione.

Rintracciabilità: capacità di ricostruire la storia e di seguire l'utilizzo o l'ubicazione di un oggetto o di un'attività (o di oggetti e attività analoghi), mediante identificazione documentata e predisposta.

RSU: Rifiuti Solidi Urbani.

Sacco vitellino: formazione membranosa, annessa all'embrione, contenente sostanze nutritive (tuorlo o deutoplasma) utilizzate dal medesimo durante il suo sviluppo.

Sali minerali: sostanze inorganiche (non contengono carbonio) presenti in tutti gli alimenti. Devono essere disponibili con regolarità perché tutti gli organismi li eliminano e li assumono in continuazione. Svolgono molte funzioni importanti nell'organismo, partecipando a processi vitali come ad esempio la formazione delle ossa e dei denti e alla regolazione dei liquidi corporei. Si dividono in macroelementi (calcio, fosforo, magnesio, sodio, potassio,

cloro) e microelementi (ferro, zinco, rame, manganese, iodio, cromo, selenio, cobalto, molibdeno).

Schiuditoio: in molluschicoltura, tipo di laboratorio attrezzato per la riproduzione controllata dei molluschi; in piscicoltura la struttura dove si schiudono le uova in incubazione.

Segmentazione: serie di divisioni mitotiche che trasformano lo zigote in una struttura multicellulare che porterà alla formazione dell'embrione.

Seme: in molluschicoltura, stadi giovanili di molluschi da destinare all'allevamento. In piscicoltura e nelle azioni di ripopolamento: stadi giovanili di specie ittiche da destinare all'ingrasso (o al preingrasso) e al ripopolamento.

SFOP (Strumento Finanziario di Orientamento della Pesca): fondo dell'Unione Europea che finanzia progetti di pesca e acquacoltura negli Stati membri.

Sifone: organo tubuliforme deputato all'aspirazione (sifone inalante) e all'espulsione (sifone esalante) dell'acqua nei bivalvi.

Sistema di gestione ambientale: parte del sistema di gestione generale che comprende la struttura organizzativa, le attività di pianificazione, le responsabilità, le prassi, le procedure, i processi le risorse per elaborare, mettere in atto, conseguire, riesaminare e mantenere attiva la politica ambientale di un'impresa.

Sistema neuroendocrino: tessuti endocrini costituiti da cellule nervose o aventi un'origine embrionale dal sistema nervoso.

Sistema qualità: struttura organizzativa, responsabilità, procedure, procedimenti e risorse messi in atto per la conduzione aziendale per la qualità.

Smontata: in biologia della pesca ed acquacoltura, descrivere la migrazione di massa di adulti e sub-adulti di alcune specie eurialine dalle acque interne (es. lagune costiere) verso il mare.

Sorveglianza della qualità/ambiente: verifica e controllo continuo dello stato di procedure, metodi, condizioni, processi, prodotti o servizi, esame di verbali e certificati a fronte di documenti di riferimento prestabiliti, in modo da garantire il soddisfacimento dei requisiti fissati per la qualità/ambiente.

Sostanza organica: negli ambienti acquatici, è l'insieme di sostanze umiche (composti acidi di colore marrone scuro, rappresentati da acidi umici, acidi fluvici e umine, tutti resistenti alla degradazione microbica) e non umiche (carboidrati, proteine, peptidi, amminoacidi, grassi, cere, resine, pigmenti, ecc.). Per la ridotta conoscenza delle proprie caratteristiche qualitative, questa viene generalmente misurata considerando soltanto i dati relativi al carbonio organico (es. Carbonio Organico Totale o TOC).

Sostenibile: di modello di sviluppo basato sulla conciliazione degli interessi economici e sociali con quelli di conservazione delle risorse naturali, sul lungo periodo.

Specialità Tradizionale Garantita (STG): riconoscimento, ai sensi del Reg. CE 2082/92, del carattere di specificità di un prodotto agroalimentare, inteso come elemento od insieme di elementi che, per le loro caratteristiche qualitative e di tradizionalità, distinguono nettamente un prodotto da altri simili. Ci si riferisce, quindi, a prodotti ottenuti secondo un metodo di produzione tipico tradizionale di una particolare zona geografica, al fine di tutelarne la specificità. Sono esclusi da questa disciplina i prodotti il cui carattere peculiare sia legato alla provenienza o origine geografica; questo aspetto distingue le STG dalle DOP e dalle IGP.

Specificità: documento che prescrive i requisiti ai quali il prodotto o servizio deve risultare conforme.

Splancnocranio: porzione del cranio la cui

funzione è quella di fornire l'attacco ed il supporto alla porzione più anteriore del canale alimentare. È localizzato ventralmente al neurocranio e la cavità della bocca e quella faringea ne fanno parte. È chiamato anche cranio viscerale, viscerocranio o branchiocranio.

Stripping: rimozione meccanica dei gas disciolti in acqua tramite agitazione, per aumentare la superficie di contatto fra l'aria e l'acqua.

Taxon (pl. Taxa): entità sistematica biologica di qualsiasi grado (ad es. specie, genere, famiglia, ecc.).

TCDD: 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-diossina.

TCGF (T cell growth factor): glicoproteina rilasciata dai linfociti T dopo stimolazione antigenica e che funziona come fattore di crescita inducendo la proliferazione dei linfociti T attivati.

Tecnica cromatografica: tecnica utilizzata per separare piccole molecole o per frazionare le proteine.

Teleostei: pesci appartenenti alla classe *Osteichthyes* (Pesci ossei), sottoclasse degli *Actinopterygii*. Sono i vertebrati più numerosi (oltre 30.000 specie).

Territorio: spazio fisico, alle cui caratteristiche sono legate, inscindibilmente, la qualità della materia prima e l'unicità del processo produttivo.

TE-TEQ: Equivalenti di Tossicità.

Tetraploide: cellula od organismo che ha quadruplicato il set aploide di base dei cromosomi, che viene pertanto indicato con 4 n.

Tipicità: insieme di caratteristiche uniche di immagine, tradizione, tecnologia e cultura, che sono propri di uno specifico territorio e che sono alla base delle tecniche di realizzazione di prodotti agricoli ed agro-industriali.

Titolo risultante (Tex): unità di misura commerciale delle reti per gabbie galleggianti,

costituita dalla massa in g di 1.000 m di filo.

Traguardo ambientale: dettagliata richiesta di prestazione possibilmente quantificata riferita a una parte o all'insieme di un'organizzazione, derivante dagli obiettivi ambientali e che bisogna fissare e realizzare per raggiungere questi obiettivi.

Travel Cost Method: vd. Utilità sociale.

Treno d'onda: insieme delle onde generate da una determinata forza del vento e calcolate secondo un metodo statistico. Il 33% delle onde più alte viene considerato per il calcolo dell'onda significativa.

Trigliceridi: costituiscono la maggior parte dei lipidi di deposito, rappresentano nel tessuto adiposo la più importante forma di riserva energetica.

Triploide: cellula od organismo che ha triplicato il set aploide di base dei cromosomi, che viene pertanto indicato con 3 n .

Tripsina: enzima proteolitico della classe delle endopteptidasi che catalizza, in soluzione neutra o debolmente alcalina, l'idrolisi delle molecole polipeptidiche a livello di specifici legami peptidici presenti tra il gruppo carbossilico di una lisina o di una arginina ed il gruppo amminico di un altro aminoacido.

Tutela: azione di salvaguardia sui prodotti di qualità esercitata dai Consorzi di tutela, contro qualsiasi forma di usurpazione del nome, imitazione del prodotto o altra forma di abuso.

Utilità sociale: rappresenta un aspetto economico, utilizzato nella stima di beni a forte valenza ambientale, secondo cui il valore del bene non è dato dal prezzo di mercato, ma dalla disponibilità a pagare della collettività che fruisce del bene stesso. La valutazione dell'u.s. può basarsi su metodologie indirette che calcolano il bene oggetto di stima deducendo il suo valore da quello di altri beni esistenti sul mercato (es. il criterio dell'*hedonic price* che

trova applicazione ogni volta che il prezzo di un bene viene influenzato dalla variazione di un'esternalità; il metodo del *travel cost* che sfrutta la relazione di complementarità fra consumo dell'esternalità ed il consumo di un bene oggetto di compravendita). Altre metodologie dirette non ricorrono a riferimenti intermedi, ma cercano invece di simulare l'esistenza di un mercato per le esternalità: si ha una valutazione ipotetica (metodo della *contingent valuation*) che risale alla funzione di domanda attraverso questionari in cui i consumatori sono portati a rilevare la disponibilità a pagare per la presenza di esternalità.

UVAC: Uffici Veterinari Adempimenti Comunitari.

Valle: zona lagunare confinata con arginature, strutturata con chiuse di regolazione idraulica, canalizzazioni interne e sistemi fissi di cattura (lavorieri) per l'allevamento estensivo di specie ittiche di pregio.

Vallicoltura: attività di allevamento di specie ittiche in valle.

Valore Aggiunto (V.A.): si intende la differenza tra il valore dei beni e/o servizi prodotti da un sistema produttivo (output) ed il valore dei beni e/o servizi che esso acquisisce dall'esterno (input).

Valorizzazione (di un prodotto o di una categoria di prodotti): azioni volte sia alla conoscenza degli elementi costitutivi del prodotto sia alla incorporazione di valore aggiunto conseguente a detta conoscenza.

Valva: una delle due parti che compone la conchiglia di un bivalve. Le valve sono fra loro articolate attraverso il legamento.

Ventia: cavo al quale vengono appese le calze o reste, sia nel sistema fisso, sia in quello a long-line.

Verifica ispettiva della qualità: esame sistematico e indipendente per determinare se le

attività svolte per la qualità e i risultati ottenuti sono in accordo con quanto pianificato, e se quanto predisposto viene attuato efficacemente e risulta idoneo al conseguimento degli obiettivi.

Vitamine: sostanze organiche, di varia natura chimica, necessarie agli animali ed all'uomo in piccole quantità poiché essi non sono in grado di costruirsele da soli o le sintetizzano in quantità insufficiente. La loro assenza nella dieta provoca malattie in quanto funzionano come regolatori di processi fondamentali per la vita. Esse sono classificate in vitamine liposolubili (solubili nei grassi) vit. E, A, D, K e idrosolubili

(solubili in acqua), vitamine del gruppo B, Niacina, vitamina C. Le liposolubili possono essere accumulate nell'organismo e quindi costituire una riserva. Le idrosolubili non possono essere accumulate nell'organismo e pertanto devono essere assunte quotidianamente con la dieta.

YTX: Yessotossine.

Zigote: cellula diploide originaria di un organismo il cui nucleo è formato dall'unione dei due pronuclei maschile e femminile in seguito alla fecondazione.

Profilo degli autori

Gianluigi Alessio, si è laureato in Scienze Biologiche presso l'Università di Parma, dove come ricercatore e docente si interessa di vallicoltura e maricoltura, biologia marina e protezione della fascia costiera, comunicazione chimica ed orientamento, distribuzione, biologia e dinamica di popolazione, riproduzione ed allevamento nei pesci, impiego dell'ittiofauna nella lotta biologica, recupero ambientale e biomanipolazione in ambiente eutrofizzati, aspetti ecologici e gestionali degli interventi sull'ittiofauna dulcicola.

Giuliana Allegrucci, docente di Zoologia presso l'Università di Roma Tor Vergata. Si occupa di Biologia Evolutiva attraverso lo studio dei sistemi gene-enzima, dei microsatelliti e di sequenze di particolari geni in popolazioni naturali di specie animali, con particolare riguardo agli organismi cavernicoli e alle specie ittiche di interesse per la pesca e l'acquacoltura.

Giordano Angle, è nato a Roma il 13 dicembre 1959. Dopo la laurea in Scienze Agrarie, si è dedicato alla consulenza ambientale, specializzandosi nel campo certificazione dei sistemi di gestione aziendale e di prodotto. Ha realizzato oltre 50 *audit* ambientali sia per conto di organizzazioni internazionali (UNIDO, BERS, Commissione Europea), sia per conto di organismi di certificazione nazionali e per il SINCERT.

Giovanni Arlati, laureato in Medicina Veterinaria, è impegnato da sempre nel settore dell'acquacoltura sulle specie innovative e sull'uso delle biotecnologie soprattutto per il controllo della riproduzione. Dal 1986 dirige il settore pesca e acquacoltura della regione Lombardia, dedicandosi in particolare alla ricerca applicata per l'incremento e il recupero faunistico di specie ittiche autoctone e di quelle nuove per l'allevamento.

Gianfranco Baldrati, è stato Responsabile del Reparto Problemi di Sterilizzazione industriale, del Servizio Analisi, del Reparto Conserve Ittiche, dei Progetti Speciali e Vice Direttore della Stazione Sperimentale per l'Industria delle Conserve Alimentari in Parma. È autore di numerose pubblicazioni scientifiche ed ha svolto attività didattica presso le Università di Bologna, Camerino, Padova, Udine e Cremona.

Rodolfo Ballestrazzi, Università degli Studi di Udine - Facoltà di Medicina Veterinaria Ricercatore confermato. Docente di Acquacoltura estensiva. Membro del *Scientific Advisory Board* della rivista *Aquaculture*. Argomenti di ricerca: nutrizione lipidica dei pesci, nutrizione dei riproduttori, vallicoltura, crostaceicoltura marina.

Paola Belvedere, associato della Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'Università di Padova, è docente di Biologia della riproduzione applicata all'acquacoltura (Polo di Chioggia) e di Acquacoltura ed Allevamento, miglioramento genetico e tecniche di riproduzione delle specie acquatiche nella Facoltà di Medicina Veterinaria. Settori di ricerca: studio della riproduzione e dell'eredità ormona-

le materna in pesci Teleostei; biomanipolazione genetica per il controllo della riproduzione in piscicoltura; steroidogenesi extraghiandolare in pesci Teleostei.

Paola Beraldo, laurea in Scienze della Produzione Animale (Università di Udine), Dottorato di Ricerca in Acquacoltura (Università di Firenze). Stage presso l'unità mista *INRA/IFREMER (Elevage larvaire)* a St-Pee-sur-Nivelle (Francia) e presso *Limnological Marine Research Centre (National Centre of Mariculture) di Eilat (Israele)*. Competenza scientifica sulla patologia degli stadi larvali delle specie ittiche marine.

Damiano Berton, laurea in Medicina Veterinaria (Università di Bologna). Specializzato in Allevamento, Igiene, Patologia delle specie acquatiche e Controllo dei prodotti derivati (Università di Udine). Competenza scientifica sulla patologia delle specie ittiche d'acqua dolce.

Clara Boglione, lavora presso il Laboratorio di Ecologia Sperimentale ed Acquacoltura dell'Università di Roma "Tor Vergata". Ha pubblicato circa 50 articoli su riviste internazionali sulla morfoecologia di larve e giovanili di specie ittiche interessanti per l'acquacoltura. In particolare, l'ecologia trofica larvale e il monitoraggio della qualità di giovanili prodotti in acquacoltura con l'utilizzo di descrittori scheletrici sono gli argomenti principali dei suoi studi.

Paolo Bronzi, laureato in Biologia, si è occupato di acquacoltura fin dai primi anni settanta con ricerche applicate sulla riproduzione di specie eurialine. Assunto dall'Enel, ha proseguito con ricerche sugli impieghi delle acque di scarico delle centrali termoelettriche in piscicoltura termica, marina e d'acqua dolce. Nell'ultimo decennio si è interessato alla fisiologia ed alle problematiche del recupero faunistico dello storione dell'Adriatico. Attualmente è dirigente presso CESI S.p.A., società di servizi per il sistema elettrico.

Alessandra Cannas, opera da oltre vent'anni nel settore della pesca e acquacoltura, nei campi della ricerca sulla fascia costiera e dell'assistenza tecnica agli operatori. Si occupa in modo particolare delle lagune costiere coordinando e attuando ricerche finalizzate all'individuazione di modelli produttivi sostenibili. Ha maturato esperienze sulla produzione di avannotti di diverse specie lagunari con l'uso di tecniche ecologiche. Nel campo della pesca marittima e dell'acquacoltura ha coordinato ricerche sulla gestione delle attività ittiche nella fascia costiera della Sardegna e sull'uso dei diversi attrezzi da parte della flotta peschereccia italiana. È membro del Consiglio d'Amministrazione del Cirspe e responsabile della sede regionale della Sardegna.

Irene Casini, diploma di Perito Chimico, è Tecnico presso l'Unità di Studi sulla Qualità Alimentare dei Prodotti Ittici dell'INRAN. Ha frequentato i laboratori e sostenuto gli esami del primo biennio del Corso di Laurea in Chimica presso l'Università La Sapienza, ha elevata esperienza nelle analisi chimiche di base in tecniche cromatografiche (HPLC), spettrofotometriche e fluorimetriche nonché del frazionamento delle proteine e cinetica dell'ossidazione lipidica.

Emilia Cataldi, primo ricercatore del Consiglio Nazionale delle Ricerche, opera presso il Laboratorio di Ecologia Sperimentale ed Acquacoltura del Dipartimento di Biologia della Università degli Studi di Roma "Tor Vergata". Dal 1985 è a tempo pieno impegnata in una serie di ricerche morfofisiologiche ed ecologiche su specie ittiche da acquacoltura, riguardanti soprattutto le specie eurialine, i loro meccanismi di adattamento ai cambiamenti di salinità, e la risposta a fattori stressanti.

Stefano Cataudella, è professore ordinario di Ecologia Applicata all'Università di Roma "Tor Vergata", nel Dipartimento di Biologia, presso il Laboratorio di Ecologia Sperimentale ed Acquacoltura (L.E.S.A.). Si occupa di biologia ed ecologia delle specie ittiche e di uso sostenibile delle risorse acquatiche viventi, ha svolto per quasi trent'anni missioni di supporto a progetti di sviluppo in tutto il mondo. È Presidente del Comitato Acquacoltura del CGPM e della Commissione per la Sostenibilità in pesca del MIPAF.

Eleonora Ciccotti, lavora presso il Dipartimento di Biologia dell'Università di Roma "Tor Vergata". I suoi interessi scientifici sono rivolti allo studio della biologia e dell'ecologia di pesci Teleostei, in particolare riguardo a tematiche con risvolti applicativi come la gestione e la conservazione delle risorse, e la tutela ambientale.

Lorenzo Colombo, ordinario di Endocrinologia Comparata presso la Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'Università di Padova. Svolge ricerche su: controllo ormonale della riproduzione e dell'accrescimento nei Teleostei; miglioramento produttivo del branzino mediante selezione e manipolazione cromosomica; messa a punto di saggi diagnostici biomolecolari per ittiopatogeni batterici e virali; vaccino a DNA contro il nodavirus dell'encefaloretinopatia del branzino.

Barbara Contessi, laurea in Scienze Biologiche (Università di Trieste). Specializzanda in Patologia Clinica (Università di Udine). Competenza scientifica sull'immunità aspecifica delle specie ittiche e indagini biomolecolari.

Licinio Corbari, biologo. Per oltre 25 anni direttore generale di una fra le prime aziende ittiche italiane. Autore di pubblicazioni scientifiche, vice presidente della Associazione Piscicoltori Italiani (API) e membro della *European Federation of Aquaculture Producers (FEAP)*.

Donatella Crosetti, si è laureata in Scienze Biologiche e ha svolto un dottorato di ricerca presso l'Università di Roma "La Sapienza". È attualmente ricercatrice presso l'ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare), settore Acquacoltura Sostenibile, dove ha condotto attività di ricerca su vari aspetti dell'itticoltura applicata. Negli ultimi anni si è dedicata principalmente a studi di caratterizzazione genetica di specie ittiche oggetto di allevamento.

Edo D'Agaro, Università degli Studi di Udine - Facoltà di Medicina Veterinaria, ricercatore confermato. Docente di Miglioramento Genetico degli animali in produzione zootecnica. Argomenti di

ricerca: nutrizione generale dei pesci, crostaceicoltura d'acqua dolce, genetica applicata all'acquacoltura.

Luisa Dalla Valle, dottore in ricerca in Endocrinologia Comparata; ricercatore presso la Facoltà di Scienze MM.FF. NN dell'Università di Padova. Settori di ricerca: studio molecolare e funzionale dell'espressione di enzimi steroidogenici in sede ghiandolare ed extraghiandolare nei vertebrati; caratterizzazione molecolare e messa a punto di saggi diagnostici per ittiopatogeni batterici e virali; vaccino a DNA contro il nodavirus dell'encefaloretinopatia del branzino.

Paolo De Marzi, esperto in Acquacoltura, dal 1993 lavora sui Grandi Volumi. Si occupa dell'applicazione di questa tecnica alla produzione di nuove specie. Attualmente svolge attività di progettazione, *start-up* e management di nuove avannotterie. È consulente su catene fitozooplankton, allevamento larvale e tecnologie impiantistiche per l'acquacoltura.

Gabriella Di Lena, laureata in Scienze Biologiche e specializzata in Scienza dell'Alimentazione (con indirizzo tecnologico) presso l'Università di Roma "La Sapienza", è ricercatore presso l'Unità di Studi sulla Qualità Alimentare dei Prodotti Ittici dell'INRAN. Ha svolto in precedenza attività di ricerca presso l'Ist. di Biochim. ed Ecofisiol. Vegetale del CNR e presso il Dip. di Biochim, dell'Università della Tuscia. Ha esperienza in tecniche biochimiche (cromatografia a scambio ionico, di affinità, ad esclusione, cromatofocusing), HPLC, cinetiche enzimatiche.

Oscar Di Santo, biologo laureatosi nel 1994, presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", con una tesi sperimentale sullo storione cobice. Nel 1999 docente per il corso di Maricoltura ed oceanografia costiera, patrocinato dal Comune di Civitavecchia, Ass. Ambiente. Dal 1996 socio della Panaque srl., società specializzata nell'allevamento e riproduzione di pesci ornamentali.

Francesco Donati, docente di Economia e Politica Agraria presso l'Università di Udine; insegna inoltre Economia delle Produzioni Ittiche presso la Scuola di Specializzazione della stessa Università. Svolge attività di ricerca nei seguenti campi: economia dell'acquacoltura; economia delle risorse naturali; gestione multifunzionale delle lagune e delle valli da pesca; qualità e strategie di mercato dei prodotti dell'acquicoltura. È autore di numerosi lavori scientifici nei settori sopra considerati ed ha tenuto numerose relazioni nell'ambito di Convegni Nazionali ed Internazionali.

Gianna Fabi, laureata in Scienze Biologiche; Responsabile del Reparto Maricoltura e Barriere Artificiali presso l'IRPEM-CNR di Ancona; membro di Comitati nazionali e Gruppi di Lavoro internazionali. Conduce attività di ricerca volta alla gestione delle risorse marine. In tale contesto ha approfondito gli aspetti ecologici e produttivi degli habitat artificiali, incluso lo sviluppo di forme di maricoltura associate e gli effetti indotti dalle piattaforme estrattive *off-shore*. Parallelamente conduce ricerche sulla piccola pesca con attrezzi da posta e sulla pesca a traino in termini di entità delle flottiglie, attrezzi utilizzati e composizione quali-quantitativa delle catture. Responsabile scientifico e/o

coordinatore di programmi di ricerca nazionali e internazionali e autrice di 52 pubblicazioni scientifiche.

Andrea Fabris, laureato in Medicina Veterinaria e specializzato in Alimentazione Animale. Borsista dal 1997 al 2000 presso l'IZS delle Venezie - Dip. Ittiopatologia partecipando a studi sullo sviluppo di vaccini e sulla farmacoresistenza; ha frequentato l'*Institute of Aquaculture - Stirling (UK)*. Coautore di alcune pubblicazioni scientifiche in ittiopatologia; attualmente è consulente veterinario per l'API (Associazione Piscicoltori Italiani).

Giovanni Fanigliulo, esperto di diritto del Centro Italiano Ricerche e Studi per la Pesca, svolge attività di consulenza legislativa e legale per la Federcoopesca. Laureato in Giurisprudenza presso l'Università di Bari, si è perfezionato in Diritto ed Economia del mare presso l'Università di Pescara. Rappresenta la Federcoopesca in seno a varie commissioni a livello nazionale e comunitario.

Alessandra Fianchini, ha collaborato a diversi progetti di ricerca inerenti l'inquinamento marino promossi dal Ministero dell'Ambiente e dall'Università di Roma "Tor Vergata", dove lavora come tecnico presso il Laboratorio di Ecologia Sperimentale e Acquacoltura. Attualmente partecipa a progetti di ricerca sulle comunità di invertebrati lagunari coordinati dalle Università di Bari e di Lecce.

Piero Franzoi, è professore associato di Ecologia presso il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università "Ca' Foscari" di Venezia. Ittiologo, si è occupato soprattutto dello studio dell'ecologia di specie ittiche lagunari e di problemi legati alla gestione sostenibile della pesca e dell'acquacoltura.

Flavio Gagliardi, biologo laureatosi nel 1995 presso l'Università degli Studi di Siena con una tesi sperimentale sulle anomalie scheletriche dell'orata. Dal 1997 al 1998 borsista presso il Laboratorio di Ecologia Sperimentale ed Acquacoltura, Università degli Studi di "Tor Vergata", nel 1999 borsista presso Ministero dell'Ambiente, Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare. Dal 2001 socio della Panaque srl.

Marco Galeotti, laurea in Medicina Veterinaria (Università di Bologna). Professore Straordinario di Patologia Generale Comparata e di Ittiopatologia. Preside della Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università degli Studi di Udine. Diplomato presso il *European College of Veterinary Pathologists* (Utrecht). Segretario Nazionale del *European Association of Fish Pathologists*.

Giuliana Giuliani, laureata in Scienze Biologiche, opera dal 1986 in strutture cooperative di assistenza tecnica alla pesca ed all'acquacoltura. Responsabile di ricerche nell'ambito dell'igiene e qualità dei prodotti ittici e di progetti nazionali sui fondali marini di aree marine protette e aree adriatiche soggette a strascico.

Maria Flavia Gravina, si occupa di Biologia Marina da circa 20 anni, avendo lavorato in qualità di Conservatore presso il Museo Civico di Zoologia di Roma e presso l'Università "La Sapienza"; attualmente è ricercatore all'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata" dove lavora presso il Laboratorio di Biologia Sperimentale e Acquacoltura, dedicandosi principalmente a studi sulle comunità di invertebrati degli ecosistemi salmastri.

Emilio Guandalini, laureato in Scienze Biologiche lavora dal 1981 presso l'Istituto Superiore di Sanità di Roma, nel laboratorio di Medicina Veterinaria. Si occupa, attraverso studi, ricerche e controlli, delle tematiche inerenti gli aspetti igienico-sanitari dei prodotti ittici, di pesca ed acquacoltura, destinati al consumo umano; delle normative nazionali e comunitarie che regolamentano il comparto; della sicurezza alimentare dei prodotti della filiera ittica.

Laura Gusmani, laurea in Scienze Biologiche (Università di Trieste). Esperienza scientifica sulla batteriologia e sulle indagini biomolecolari. Indagini sulla patogenesi delle malattie batteriche dei pesci marini (Università di Udine).

Domenico Lanari, la sezione Acquacoltura del DISPA (Università di Udine) si dedica ormai da più di 15 anni a ricerche nel settore della alimentazione e nutrizione degli organismi acquatici con particolare attenzione all'impiego di materie prime ed alla formulazione di diete in grado di ottimizzare le prestazioni e di ridurre al minimo il carico inquinante nelle acque reflue. I componenti della sezione svolgono poi un'intensa attività didattica nel corso di laurea in Produzione Animale nell'indirizzo Acquacoltura.

Angelo Libertini, nato a Novara nel 1957, è laureato in Scienze Biologiche e dottore di ricerca in Biologia Evoluzionistica. Dal 1988 è ricercatore del CNR, presso l'Istituto di Biologia del Mare di Venezia ed afferisce al reparto di Biologia Applicata. Dal 1980 si occupa di citogenetica di invertebrati e vertebrati marini, sia come ricerca di base, sia applicata all'acquacoltura e al monitoraggio ambientale.

Febo Lumare, dirigente di ricerca del Consiglio Nazionale delle Ricerche e responsabile dell'Unità di Ricerca di Gambericoltura presso l'Università di Lecce, autore di oltre 130 lavori scientifici, tecnici e divulgativi nel campo della gambericoltura, da anni collabora su detta tematica con enti pubblici e privati in molte aree del mondo.

Giovanna Marino, primo ricercatore all'ICRAM, Istituto Centrale per la Ricerca Applicata al Mare. Ha 15 anni di esperienza sull'acquacoltura di specie ittiche marine mediterranee. I principali interessi di ricerca riguardano aspetti di fisiologia della riproduzione di Teleostei selvatici ed allevati, e tecniche per il controllo del sesso, della gametogenesi e dell'ovulazione. Ha recentemente messo a punto una tecnica per la riproduzione controllata della cernia di scoglio, specie di grande interesse per l'acquacoltura e per il ripopolamento.

Maurizio Masci, laureato in Chimica presso l'Università di Roma "La Sapienza" è ricercatore presso l'Unità di Studi sulla Qualità Alimentare dei Prodotti Ittici dell'INRAN. Esperto di elettroforesi capillare, spettrofotometria, gascromatografia e GC-MS ha svolto in precedenza attività di ricerca presso il Dipartimento di Chimica dell'Università "La Sapienza" mettendo a punto nuovi metodi di controllo per i prodotti alimentari e presso il Laboratorio di Tossicologia Applicata dell'ISS per analisi di pesticidi organoclorurati e PCB negli alimenti.

Antonio Mazzola, ordinario di Ecologia, si è laureato in Scienze Biologiche presso l'Università degli Studi di Palermo. Lavora al Dipartimento di Biologia Animale dello stesso Ateneo dove si occupa di Ecologia applicata alle risorse marine.

Paolo Melotti, professore ordinario di Acquacoltura presso la Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Camerino. L'attività di ricerca ricade nei campi dell'acquacoltura relativamente a: tecniche di allevamento di nuove specie e tecniche di riproduzione e svezzamento larvale; riproduzione e tecnologie di allevamento di specie ittiche marine e di acqua dolce e di crostacei; alimentazione degli organismi acquatici.

GianCarlo Mezzani, laureato in Medicina Veterinaria è socio della Associazione Piscicoltori Italiani e presidente di alcune aziende ittiche. Attivo nella formazione professionale, è autore di numerosi articoli divulgativi sui problemi del settore.

Francesca Mugnai, biologa laureatasi nel 1995, presso l'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", con una tesi sperimentale sulle anomalie scheletriche della spigola. Coautrice di numerosi articoli scientifici internazionali inerenti le anomalie scheletriche dei Teleostei. Dal 1996 socia della Panaque srl., società specializzata nell'allevamento e riproduzione di pesci ornamentali.

Teresina Nevigato, laureata in Chimica presso l'Università di Roma "La Sapienza" è Tecnologo presso l'Unità di Studi sulla Qualità Alimentare dei Prodotti Ittici dell'INRAN. Esperta di gascromatografia, GC-ECD e GC-MS, ha svolto in precedenza attività di ricerca presso l'Università "La Sapienza" occupandosi di studio della composizione in acidi grassi di alimenti e presso il Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università della Tuscia per la messa a punto di nuovi metodi di determinazione ed estrazione di sostanze organiche clorurate nelle acque.

Elena Orban, responsabile dell'Unità di Studi sulla Qualità Alimentare dei Prodotti Ittici dell'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN). Docente di Elementi di Tecnologie Alimentari presso la Scuola di Specializzazione in Scienza dell'Alimentazione dell'Università di Roma "La Sapienza". È responsabile di progetti di ricerca, sulla qualità alimentare, conservabilità e alcuni aspetti della sicurezza d'uso di prodotti ittici. Collabora a campagne di educazione alimentare con il Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, fa parte del gruppo di lavoro Prodotti Ittici del Codex Alimentarius FAO/OMS e altre Commissioni sempre riguardanti i prodotti ittici.

Michele Pellizzato, si è laureato nel 1978 in Scienze Biologiche alla Facoltà di Scienze dell'Università di Padova. Dal 1978 al 1987 è stato ricercatore del Co.S.P.A.V. (Consorzio per lo Sviluppo della Pesca e dell'Acquicoltura del Veneto) nella sede operativa di Chioggia (Ve). Dal 1988 al 1992 è stato consulente del Centro Ittiologico Valli Venete presso lo stabilimento ittiogenico di Pellestrina (Ve), con incarichi relativi alle attività di riproduzione e produzione di specie marine di interesse economico. Dal 1991 al 1994 è stato responsabile tecnico dell'Azienda Speciale per lo sviluppo dell'Acquicoltura in Laguna di Marano (Ud). Oggi, accanto all'attività professionale di biologo, opera in Agri.Te.Co. Ambiente Progetto Territorio S.C.r.l. di Marghera (Ve). È autore di oltre 100 pubblicazioni di carattere tecnico-scientifico su temi di acquicoltura, pesca ed in campo ambientale.

Alessandro Piccioli, laureato in Biologia presso l'Università di Roma "La Sapienza". Dopo alcune esperienze di ricerca in biologia della pesca presso il Laboratorio Centrale di Idrobiologia e l'Università di Roma (Facoltà di Anatomia Comparata), dal 1987 lavora alla Direzione Generale Pesca della Commissione Europea, Bruxelles. Attualmente è consigliere tecnico nell'unità Acquicoltura, col grado di amministratore principale.

Giuseppe Prioli, laureato in Scienze Biologiche. È socio collaboratore della M.A.R.E. Soc. Coop. a r.l. per l'assistenza tecnica alla pesca ed all'acquicoltura. Dal 1997 è direttore del Consorzio Mitilicoltori dell'Emilia-Romagna. Capo progetto del programma Unimar Osservatorio sulla Molluschicoltura.

Massimo Rampacci, esperto in Acquicoltura e piccola pesca, presidente della cooperativa di servizi e ricerca A.G.E.I., ha partecipato a diversi progetti di sviluppo finanziati da organismi internazionali (FAO, M.A.E.). Collaboratore dell'A.G.C.I. Pesca per lo sviluppo dell'acquicoltura tra le cooperative di pescatori. Professore a contratto di Tecnologie di Allevamento presso il D.U. in Biologia - indirizzo Produzioni Marine, Facoltà di Scienze MM.FF.NN. dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II".

Filippo Riccardi, nel 1994 consegue la laurea in Scienze Naturali presso l'Università degli Studi Roma "La Sapienza", grazie ad una tesi sull'ecologia trofica delle anguille del bacino del fiume Tevere. Nel 1994 collabora con l'ICRAM per la messa a punto di tecniche di riproduzione controllata di *Epinephelus guaza*. Dal 1996 socio della Panaque srl., società specializzata nell'allevamento e riproduzione di pesci ornamentali.

Alessandra Roncarati, professore associato presso la Facoltà di Medicina Veterinaria dell'Università di Camerino e presso il Centro Universitario di Ricerca e Didattica in Acquicoltura e Maricoltura del medesimo Ateneo. L'attività di ricerca ricade nei campi dell'acquicoltura relativamente a: tecniche di allevamento di nuove specie e riproduzione e svezzamento larvale; riproduzione e tecnologie di allevamento di specie ittiche e crostacei.

Remigio Rossi, ordinario di Ecologia presso l'Università di Ferrara. Coordinatore Nazionale dei Gruppi di ricerca sui Molluschi nell'ambito del IV e V Piano Triennale del MiPAF. È autore di libri e di oltre 140 pubblicazioni scientifiche su riviste nazionali ed internazionali.

Giulia Ruol, laureata in Scienze Forestali a Padova, è ricercatrice a contratto presso il Dipartimento di Biologia ed Economia Agro-industriale dell'Università di Udine dove collabora a diverse ricerche nel settore dell'Economia della Pesca e dell'Acquacoltura; già Dottore di Ricerca in "Economia Ambientale, Montana e Forestale" presso l'Università di Trento dal 1997, è autrice di varie pubblicazioni in tema di Economia Ambientale e di Gestione delle risorse naturali.

Marco Saroglia, ordinario di Zooculture, ricopre gli insegnamenti di Ittiologia e di Acquacoltura presso la Facoltà di Scienze MFN dell'Università degli Studi dell'Insubria in Varese, svolgendo le proprie ricerche presso il Dipartimento di Biologia Strutturale e Funzionale dello stesso Ateneo. Laurea in Scienze Biologiche ottenuta presso l'Università di Torino nel 1973 e Specialità in Patologia Generale presso l'Università di Pavia nel 1982 Autore di oltre 170 pubblicazioni in buona parte comparse su riviste internazionali; ha collaborato con varie istituzioni nazionali ed internazionali, su problemi relativi allo sviluppo della ricerca e del settore produttivo dell'acquacoltura nel mondo.

Michele Scardi, professore associato presso il Dipartimento di Biologia dell'Università di Roma "Tor Vergata". In passato, è stato ricercatore presso la Stazione Zoologica di Napoli e professore associato presso l'Università di Bari. I suoi interessi nel campo della ricerca sono focalizzati sull'analisi statistica dei dati ecologici e sullo sviluppo di modelli matematici, con particolare riferimento all'applicazione di tecniche innovative mutate da altri settori disciplinari (es. reti neurali artificiali e test basati su permutazioni).

Andrea Severati, biologo. Laurea in Scienze Biologiche nel 1995, presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", con tesi sperimentale svolta presso il Laboratorio di Ecologia Sperimentale ed Acquacoltura dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata". Dal 1996 socio di Panaque srl, per conto di cui progetta nel 1999 gli impianti dell'acquario e gli stabulari di Le Navi, Cattolica. Dal 2000 curatore dell'acquario di Le Navi.

Fiorella Sinesio, laureata in Scienze Naturali e specializzata in Scienze dell'Alimentazione presso l'Università di Roma La Sapienza, è tecnologo dell'INRAN. È responsabile delle attività di ricerca in analisi sensoriale e rappresenta l'INRAN nell'ambito dell'*European Sensory Network (ESN)*.

Luciana Sola, docente di Citologia e Istologia all'Università di Roma "La Sapienza", si occupa di Biologia Evolutiva di pesci ossei, attraverso analisi di Citogenetica molecolare e dei polimorfismi dei sistemi gene-enzima e dei microsatelliti in popolazioni naturali di specie ittiche, rivolgendo particolare attenzione alle specie di pesci ossei di interesse per la pesca e l'acquacoltura.

Alessandra Spagnolo, laureata in Scienze Biologiche; ricercatore presso il Reparto Maricoltura e Barriere Artificiali dell'IRPEM-CNR di Ancona. Conduce attività di ricerca nel settore degli habitat artificiali con particolare riferimento allo studio delle comunità bentoniche ad essi associate, ai rapporti trofici tra queste e le specie ittiche e allo sviluppo di forme di maricoltura. Autrice di 20 pubblicazioni scientifiche.

Attilio Spanò, biologo, ha maturato una notevole esperienza nel settore del monitoraggio della qualità larvale ed anomalie scheletriche, opera attualmente nel settore dell'acquacoltura estensiva, applicando la tecnica dei grandi volumi nella produzione di avannotti.

Lorenzo Tancioni, lavora presso il Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Roma "Tor Vergata", dove presta servizio per la Cattedra di Ecologia Applicata e Biologia della Pesca ed Acquacoltura. Il suo lavoro scientifico riguarda studi sull'ecologia dei pesci e su ecosistemi acquatici continentali (fiumi e lagune costiere), tecniche di fito-rimedio per la minizzazione degli impatti di reflui da acquacoltura e indicatori ed indici biotici fluviali.

Emilio Tibaldi, Università degli Studi di Udine - Facoltà di Medicina Veterinaria professore straordinario di Acquacoltura.

Argomenti di ricerca. Nutrizione delle specie ittiche, con particolare riguardo al metabolismo aminoacidico. Ha studiato estesamente l'impiego di ingredienti proteici, di origine vegetale, nella mangimistica per pesci. Le principali specie ittiche studiate: trota iridea, branzino, orata, dentice, sogliola, vari ibridi interspecifici.

Antonio Trincanato, laureato in Giurisprudenza, da oltre 20 anni è nel settore delle organizzazioni professionali di categorie agricole (Confagricoltura). Dal 1998 è distaccato presso l'API (Associazione Piscicoltori Italiani) in qualità di direttore e in tale veste è membro di commissioni e gruppi di lavoro regionali, nazionali e comunitari. Giornalista pubblicista coautore di alcune pubblicazioni sull'acquacoltura, ha collaborato con numerose testate giornalistiche occupandosi di economia.

Pasquale Trotta, è vicedirettore presso l'ISEC-CNR di Lesina, e responsabile della linea di ricerca "Catene trofiche acquatiche". Ha in gestione una fitoteca specializzata di micro e macroalghe di interesse scientifico ed economico. Ha effettuato studi sull'allevamento larvale di pesci, crostacei e molluschi, e sulla coltivazione massiva di macroalghe. Cura progetti di ricerca di interesse locale e nazionale, e ha partecipato a progetti formativi in ambito europeo.

Edoardo Turolla, laureato in Biologia presso l'Università di Ferrara nel 1996, ha mantenuto rapporti di collaborazione nell'ambito della ricerca applicata alla molluschicoltura favorendo la nascita e lo sviluppo del C.Ri.M. (Centro Ricerche sui Molluschi) come distaccamento del Dipartimento di Biologia dello stesso Ateneo. Fin da ragazzo è attivo come pescatore e molluschicoltore nell'area del Delta del Po. Oltre all'attività di ricerca svolge attualmente consulenze per la gestione di

impianti di molluschicoltura e formazione professionale nell'ambito della pesca e della molluschi-coltura. È docente a contratto di Tecniche di molluschicoltura presso l'Università di Ferrara.

Roberto Ugolini, biologo, laureato all'Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Esperienza professionale di oltre 15 anni nel settore dell'acquacoltura, è ricercatore presso il CIRSPE, centro studi della Federazione Nazionale Cooperative della Pesca (Federcoopesca/Confcooperative). Ha partecipato a progetti internazionali e a programmi di ricerca, con il ruolo di capo progetto e responsabile scientifico. È membro effettivo della Sezione Specializzata Acquacoltura del Comitato Consultivo della Pesca, con nomina della Commissione Europea.

Silvia Vianello, laureata in Scienze Biologiche ed in possesso del titolo di dottore di ricerca in Endocrinologia Comparata, svolge attualmente la sua attività quale assegnista di ricerca. Si occupa di steroidogenesi extraghiandolare, controllo trascrizionale dei geni dell'ormone della crescita e della somatolattina di pesci teleostei, effetti epigenetici sull'accrescimento corporeo dei pesci, sviluppo muscolare in pesci teleostei, biotecnologie applicate all'acquacoltura.

Donatella Volpatti, laurea in Scienze della Produzione Animale (Università di Udine), Dottorato di Ricerca in Discipline Anatomoistopatologiche Veterinarie (Università di Bologna), stage presso l'Istituto di Acquacoltura dell'Università di Stirling (U.K.). Competenza scientifica nella immunologia e immunopatologia delle specie ittiche.

Unimar ed Uniprom ringraziano

AGCI Pesca
Federcoopescas
Federpesca
Lega Pesca
API
UNCI

per l'incoraggiamento ricevuto
a pubblicare questo libro.

Un ringraziamento va
ai Consorzi della Ricerca Cooperativa in Pesca,
CIRSPE, ICR-MARE e Consorzio Mediterraneo,
che hanno messo a disposizione
competenze e materiali.

Un particolare ringraziamento è rivolto al
Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.

Citazione bibliografica:
AA.VV. - Acquacoltura Responsabile
A cura di S. Cataudella e P. Bronzi,
Unimar-Uniprom 2001, Roma