

Capitolo 18

# La ricerca in acquacoltura





## 18.1 La ricerca in acquacoltura

Conte P., Bertelletti M.

La ricerca scientifica nel settore dell'acquacoltura ha sempre rappresentato una solida base per lo sviluppo sostenibile del settore.

La l. 41/1982 (abrogata con l'entrata in vigore del d.lgs. 154/2004) prevedeva espressamente lo sviluppo della ricerca scientifica e tecnologica applicata alla pesca marittima e all'acquacoltura nelle acque marine e salmastre, quale funzionale alla realizzazione degli obiettivi della legge stessa. Gli interventi erano articolati in Piani triennali della pesca e dell'acquacoltura. L'art. 7 della l. 41/1982 prevedeva che, accanto a studi riguardanti la valutazione delle risorse biologiche, dovesse essere garantita priorità a quelli riguardanti l'acquacoltura in acque marine e salmastre. I Piani triennali, sin dai primi tempi di applicazione della l. 41/1982, hanno previsto una consistente attività di ricerca, comprendente anche quella finalizzata allo sviluppo dell'acquacoltura. Il Piano triennale (entrato in vigore con d. m. 4 agosto 1988) ha costituito una svolta in tal senso, in quanto per la prima volta si evidenziava la necessità di sviluppare la ricerca in acquacoltura. Infatti, definendo il settore dell'acquacoltura "giovane", si ammetteva che esso non fosse "partito disponendo di basi conoscitive avanzate, non essendosi sino a quel momento evoluto un corpo unitario di ricerca multidisciplinare composto di diverse componenti". Descrivendo lo scenario dell'acquacoltura nazionale, il piano stesso definiva la ricerca "un fattore chiave", ma evidenziava come "la mancanza di centri di ricerca pubblici dove svolgere ricerca applicata" sia stato fino ad allora "certamente un fattore di ritardo".

Di pari passo con il mantenimento di un elevato grado di priorità e a testimonianza della determinazione nella programmazione settoriale di procedere in tal senso, a partire dal secondo, e nei successivi Piani triennali, la ricerca in acquacoltura ha registrato un notevole sviluppo testimoniato dalla crescita in termini assoluti e relativi del numero di progetti attivati (tabella 18.1) e dall'ammontare del totale finanziato, con un massimo nel corso del quarto piano, da considerarsi di particolare impulso in tal senso.

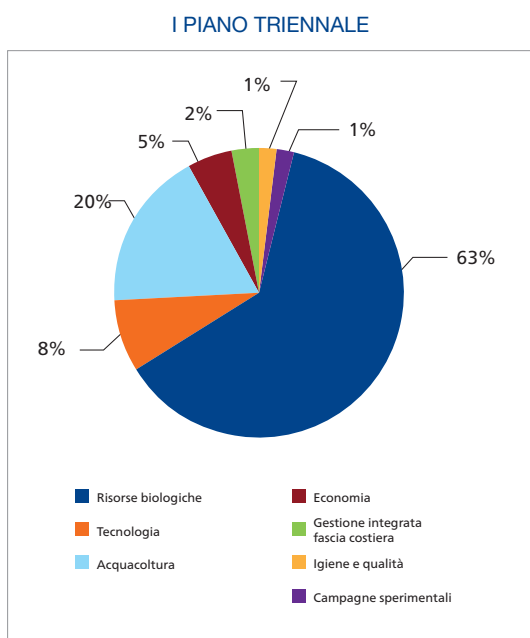
**Tabella 18.1 - Numero dei progetti e finanziamenti per Piano triennale. Fonte: Banca dati ricerche MiPAAF, D.G. Pesca marittima e acquacoltura.**

Piano triennale	N° progetti acquacoltura	Finanziamento totale (€)	Finanziamento medio (per progetto - €)	% sul n° totale dei progetti finanziati
I (1984-86)	25	1.139.820,45	45.592	31
II (1988-90)	35	2.688.158,11	76.804	34
III (1991-93)	50	5.685.673,94	113.713	43
IV (1994-96)	162	12.618.591,32	77.892	57
V (1997-99)	103	8.672.860,00	84.202	55
VI (2000-02)	103	8.670.165,25	84.176	48

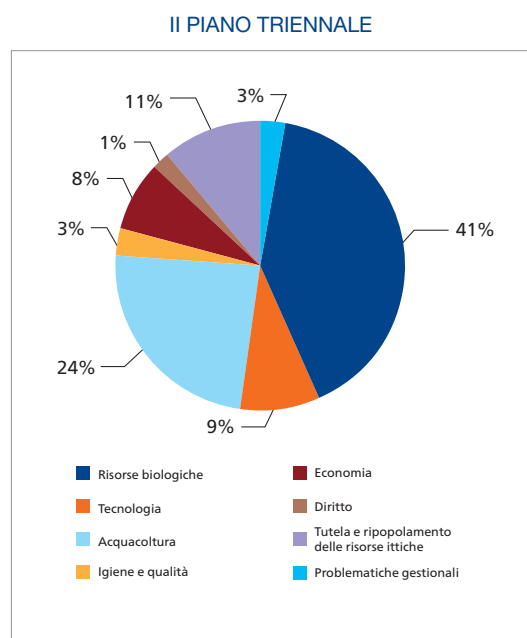
Ad alcuni anni di distanza dalle enunciazioni del secondo piano, è da evidenziare che nel V Piano triennale (1997-1999), si ammetteva per la prima volta che "la ricerca in acquacoltura è stata fortemente diversificata" e che "è stato costruito un sistema di ricerca coerente con i bisogni della nostra acquacoltura, che attualmente risulta infatti essere la più diversificata nel contesto europeo" evidenziando che "in tal senso si è inteso realizzare un'azione di ricerca diffusa fortemente coordinata". Nel testo del VI Piano triennale (2000-2002) era riportato che "la ricerca in

acquacoltura ha trovato nel Piano nazionale un sistema di supporto e coordinamento che ha generato una vera rete nazionale di ricerca con coinvolgimento di tutte le componenti disciplinari, delle istituzioni pubbliche e dei privati”.

Come si evince dalle figure da 18.1 a 18.6, si assiste anche ad un incremento, relativamente al totale finanziato dai Piani triennali, dei finanziamenti erogati per la ricerca in acquacoltura. Occorre solo far rilevare che l’attuazione a livello amministrativo dei Piani triennali è posticipata in media di un anno rispetto all’annualità nominale di riferimento degli stessi. Inoltre, a partire dal 2002 molti degli interventi già finanziati per la tematica risorse biologiche sono stati inseriti nel programma nazionale di raccolta dei dati alieutici, in base al reg. (CE) 1543/2001, poi sostituito dal reg. (CE) 199/2008, e pertanto non finanziati più nei Piani triennali.



**Figura 18.1 - Distribuzione delle risorse finanziarie per la ricerca scientifica per tematiche (contributi erogati) – I Piano triennale della pesca e dell’acquacoltura nelle acque marine e salmastre (1984-1986). Fonte: Banca dati ricerche MiPAAF, D.G. Pesca marittima e acquacoltura.**



**Figura 18.2 - Distribuzione delle risorse finanziarie per la ricerca scientifica per tematiche (contributi erogati) – II Piano nazionale della pesca marittima e dell’acquacoltura (1988-1990). Fonte: Banca dati ricerche MiPAAF, D.G. Pesca marittima e acquacoltura.**

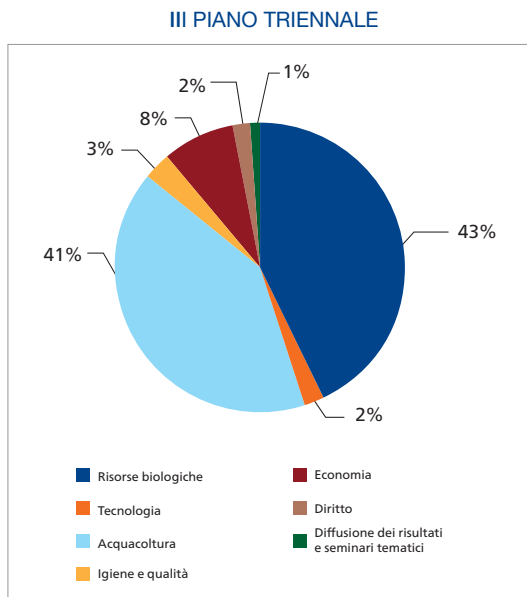


Figura 18.3 - Distribuzione delle risorse finanziarie per la ricerca scientifica per tematiche (contributi erogati) – III Piano nazionale della pesca marittima e dell’acquacoltura (1991-1993). Fonte: Banca dati ricerche MiPAAF, D.G. Pesca marittima e acquacoltura.

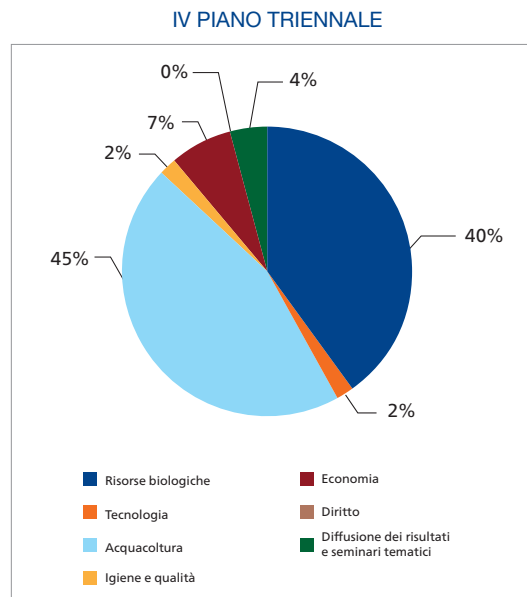


Figura 18.4 - Distribuzione delle risorse finanziarie per la ricerca scientifica per tematiche (contributi erogati) – IV Piano triennale della pesca marittima e dell’acquacoltura (1994-1996). Fonte: Banca dati ricerche MiPAAF, D.G. Pesca marittima e acquacoltura.

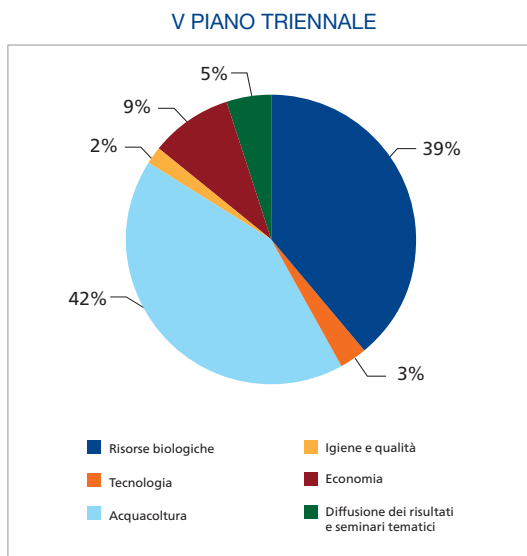


Figura 18.5 - Distribuzione delle risorse finanziarie per la ricerca scientifica per tematiche (contributi erogati) – V Piano triennale della pesca e dell’acquacoltura (1997-1999). Fonte: Banca dati ricerche MiPAAF, D.G. Pesca marittima e acquacoltura.

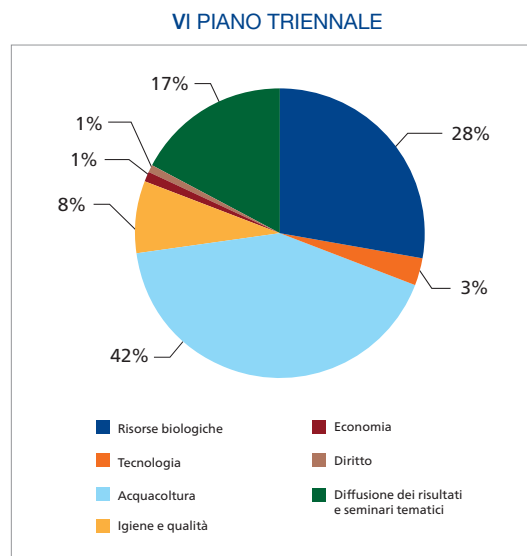


Figura 18.6 - Distribuzione delle risorse finanziarie per la ricerca scientifica per tematiche (contributi erogati) – VI Piano nazionale della pesca e dell’acquacoltura (2000-2002). Fonte: Banca dati ricerche MiPAAF, D.G. Pesca marittima e acquacoltura.

Nel caso dello sviluppo della ricerca in acquacoltura, come si vede, sono registrabili effetti estremamente positivi della programmazione settoriale. In questo ambito diversi gruppi di ricerca messi in rete sono stati costituiti ed essi, tuttora, rappresentano un riferimento per le esigenze conoscitive nelle singole materie oggetto di approfondimento. I risultati, oltre che ad essere utilizzati per la definizione delle politiche e degli indirizzi per lo sviluppo del settore, hanno sostenuto la crescita del comparto. Inoltre, una corretta opera di trasferimento delle conoscenze scientifiche ha contribuito ad aggiornare gli operatori e a renderli consapevoli delle scelte politiche gestionali e normative.

Nel corso dell'attuazione di Piani triennali l'invito, più volte esplicitato nei Piani triennali e negli atti dell'Amministrazione centrale ad un livello maggiore di coordinamento e ad un approccio multidisciplinare, basato fra l'altro su precisa espressione del Comitato di coordinamento della ricerca scientifica e tecnologica applicata alla pesca e all'acquacoltura (art. 6 della l. 41/1982), è stato accolto in maniera costruttiva dalle unità operative coinvolte. Le stesse hanno favorito la costituzione di reti di istituti di ricerca, pubblici e privati, strettamente coordinati fra di loro. I risultati delle ricerche, come emergeva anche in sede di approvazione delle relazioni finali del suddetto Comitato, evidenziavano che questo tipo di organizzazione preveniva sovrapposizioni, ripetizioni o lacune nelle attività di ricerca, con un utilizzo più razionale dei fondi destinati.

I gruppi coordinati di ricerca, attivati sin dal IV Piano triennale, hanno operato sulla maricoltura *off-shore*, la molluschicoltura, la patologia delle specie allevate, la nutrizione animale, la nutrizione e qualità dei prodotti, le tecnologie in acquacoltura, l'allevamento dei crostacei. Gruppi coordinati sono stati costituiti anche per affrontare tematiche evidenziate nel Codice di condotta per la pesca responsabile (art. 9), quali la qualità dell'ambiente di allevamento e il benessere animale, i rapporti fra acquacoltura e ambiente e la genetica.

A partire dal quinto Piano triennale, ancor oggi operante, si è costituito un gruppo strettamente coordinato di diverse unità di ricerca sull'allevamento del tonno rosso (*c.d. Tuna farming*) tematica tutt'ora di grande attualità. Le ricerche sull'allevamento del tonno rosso, visti i risultati estremamente positivi delle prime fasi di sperimentazione avviate nel corso del quinto e sesto Piano triennale, sono proseguite. Il lavoro, svolto anche nell'ambito delle attività promosse dall'ICCAT, ha consentito un ampliamento delle conoscenze sulla biologia riproduttiva e sullo sviluppo di un'acquacoltura responsabile e sostenibile di questa specie. Sono stati sviluppati dei protocolli sperimentali trasferibili al sistema produttivo, con un'attenzione rivolta anche alla qualità alimentare e alla sicurezza d'uso. Particolare rilevanza ha successivamente assunto la ricerca nel settore di potenziali nuove specie autoctone da utilizzare in acquacoltura, nell'ambito del VI Piano triennale. Il programma è stato concepito e attuato per aumentare la base produttiva dell'acquacoltura italiana, definendo modalità responsabili di intervento. Infatti, sono state acquisite nuove conoscenze relative alla produzione di tali nuove specie, non trascurando gli impatti sulla biodiversità alle differenti scale. Esso ha visto la partecipazione di 11 gruppi di ricerca e sperimentato l'utilizzo in allevamento di specie nuove quali ad esempio il tonno rosso e il pagro.

Sul versante di un altro risvolto applicativo dell'attività di acquacoltura, la ricerca sul ripopolamento attivo di lagune, stagni costieri con l'utilizzo di giovanili certificati, sempre nell'ambito del VI Piano triennale, ha interessato un folto gruppo coordinato di unità operative (13). L'attenzione dei ricercatori impegnati è stata focalizzata sullo studio e la prevenzione degli effetti negativi dei ripopolamenti, utilizzando una tecnologia di produzione ecologica dei giovanili in grandi volumi, e mirando ad una certificazione del materiale da ripopolamento su base genetica, morfologica e comportamentale. Tutto ciò ha permesso, come risultato applicativo, azioni di ripopolamento responsabile per l'incremento e la valorizzazione delle produzioni ittiche. Il d.lgs. 154/2004,

concernente “Modernizzazione del settore pesca e acquacoltura a norma dell’articolo 1, comma 2 della l. 38/2003”, che ha abrogato la l. 41/1982, ha tenuto conto del riparto delle competenze fra Stato e Regioni di cui alla riforma del titolo V della Costituzione.

Tale riforma ha sancito la potestà legislativa e quindi anche regolamentare delle Regioni in materia di acquacoltura, non essendo tale materia ricompresa nell’elenco di cui all’art. 3 della suddetta legge, materie di competenza esclusiva dello Stato, né fra quelle a legislazione concorrente, per le quali la determinazione dei principi fondamentali è riservata allo Stato. Lo stesso decreto legislativo ha introdotto il criterio della sostenibilità quale base per l’integrazione tra le misure di tutela delle risorse acquatiche e dell’ambiente e la salvaguardia delle attività economiche. Ha previsto, inoltre, che gli interventi di competenza nazionale (indirizzo e politiche) fossero articolati nel programma nazionale della pesca e dell’acquacoltura. Fra gli obiettivi della programmazione settoriale la norma prevede “lo sviluppo della ricerca scientifica applicata alla pesca e all’acquacoltura”, finalizzata a “sostenere il conseguimento degli obiettivi previsti dal Programma nazionale”, con particolare riferimento al perseguimento della “durabilità delle risorse ittiche per le generazioni presenti e future, e tutela della biodiversità”, dello “sviluppo sostenibile della pesca, dell’acquacoltura e delle attività connesse” e della “tutela del consumatore in termini di rintracciabilità dei prodotti ittici, valorizzazione della qualità della produzione nazionale e della trasparenza informativa”. Su queste basi, il “Programma nazionale della pesca e dell’acquacoltura per l’anno 2005”, i cui obiettivi sono stati confermati a tutto il 2006, e il “Primo programma triennale della pesca e dell’acquacoltura 2007-2009” prevedono un riorientamento della ricerca in acquacoltura finanziata a livello centrale a supporto del potere di indirizzo e di coordinamento delle politiche legate all’acquacoltura. Per quanto sopra nell’applicazione del primo programma triennale della pesca e dell’acquacoltura, prorogato fino a tutto il 2011 con l. 10/2011 (conversione del decreto “mille proroghe”), è stata fornita particolare attenzione a tematiche di interesse nazionale, finalizzate alla formulazioni di indirizzi. È stato individuato il tema dell’acquacoltura biologica e costituito un nuovo gruppo di unità di ricerca strettamente coordinate, sulla base dell’entrata in vigore del reg. (CE) 834/2007 e successive modifiche, tenendo conto della necessità che la ricerca debba supportare gli indirizzi a livello nazionale in materia di produzioni biologiche. Il programma di ricerca “Azione Concertata per l’identificazione di contributi scientifici per lo sviluppo dell’acquacoltura biologica in Italia” è un progetto coordinato, in cui risultano coinvolti 11 Istituti di ricerca nazionali. L’obiettivo generale perseguito consiste nella creazione di un *network* di competenze, sul modello delle azioni concertate europee, in grado di sintetizzare le conoscenze disponibili e sviluppare analisi scientifiche adeguate a supportare lo sviluppo del settore e la validazione di protocolli di allevamento che agiscano nell’ambito delle quattro dimensioni riconosciute fondamentali per assicurare la sostenibilità in acquacoltura: ambiente e biodiversità, benessere animale, sicurezza e qualità alimentare, responsabilità sociale.

Per definire i futuri orientamenti in materia di ricerca, la Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio n. 162 dell’8 aprile 2009 che titola “Costruire un futuro sostenibile per l’acquacoltura – un nuovo impulso alla strategia per lo sviluppo sostenibile dell’acquacoltura europea” invita gli Stati membri a garantire livelli avanzati di ricerca e tecnologia per la produzione di alimenti e attrezzature, a mantenere un forte vantaggio competitivo nella ricerca, ad aumentare gli investimenti nel settore della ricerca legata all’acquacoltura e a sostenere l’eccellenza nel campo della ricerca. Si vede che alcuni dei temi chiave e delle priorità indicati dalla Commissione europea erano già stati presi in considerazione dall’Amministrazione centrale italiana nel corso dell’attuazione dei Piani triennali e del primo programma nazionale triennale della pesca e

dell'acquacoltura. Le previsioni contenute nella comunicazione portano pertanto ad incoraggiare e sostenere lo sviluppo ulteriore della ricerca sull'acquacoltura, in modo che quest'ultima possa liberare responsabilmente il potenziale di sviluppo e rispondere alla crescente richiesta dei consumi dei prodotti ittici, così da consentire una riduzione al sovrasfruttamento degli stock selvatici. Anche nel documento relativo alla riforma della politica comune della pesca (Comunicazione della Commissione europea n. 417 del 2011), si fa espressamente riferimento alla necessità di promuovere "un'acquacoltura sostenibile, competitiva e diversificata, sostenuta dai risultati più avanzati nel campo della ricerca e della tecnologia", attraverso la predisposizione da parte degli Stati membri di "piani strategici nazionali". Tutto ciò dimostra anche per il futuro la necessità di sostenere un'adeguata ricerca a supporto dello sviluppo sostenibile dell'acquacoltura.

### Fonti normative

- Legge 17 febbraio 1982, n. 41, "Piano per la razionalizzazione e lo sviluppo della pesca marittima".
- Decreto del Ministero marina mercantile, 14 agosto 1985, "Piano nazionale della pesca marittima e dell'acquacoltura nelle acque marine e salmastre 1984-1986".
- Decreto del Ministero della marina mercantile, 4 agosto 1988, "Approvazione del II Piano nazionale della pesca marittima e dell'acquacoltura nelle acque marine e salmastre".
- Decreto del Ministero della marina mercantile, 15 gennaio 1991, "Adozione del III Piano nazionale della pesca e dell'acquacoltura nelle acque marine e salmastre 1991-1993".
- Decreto del Ministero delle politiche risorse agricole, alimentari e forestali, 21 dicembre 1993, "Adozione del IV Piano triennale della pesca marittima e dell'acquacoltura nelle acque marine e salmastre 1994-1996".
- FAO (1995) - *Codice di Condotta per la Pesca Responsabile*. Roma: 41 pp.
- Decreto del Ministero delle politiche agricole e forestali, 24 marzo 1997, "Adozione del V Piano triennale della pesca e dell'acquacoltura 1997-1999".
- Decreto del Ministero delle politiche agricole e forestali, 25 maggio 2000, "Adozione del VI Piano nazionale della pesca e dell'acquacoltura 2000-2002".
- Legge Cost. n. 3 del 18 ottobre 2001, "Modifiche al titolo V della parte seconda della Costituzione" pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 248 del 24 ottobre 2001.
- D. Lgs. 26 maggio 2004, n. 154, "Modernizzazione del settore pesca e acquacoltura, a norma dell'articolo 1, comma 2 della legge 7 marzo 2003, n. 38".
- Decreto del Ministero delle risorse agricole, alimentari e forestali, 27 luglio 2005 "Programma nazionale della pesca e dell'acquacoltura per l'anno 2005".
- Reg. (CE) 834/2007 del Consiglio del 28 Giugno 2007, sulla produzione con metodo biologico e sull'etichettatura dei prodotti biologici che abroga il regolamento (CEE) n. 2092/91.
- Decreto del Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali, 3 agosto 2007, "Primo programma nazionale triennale della pesca e dell'acquacoltura 2007-2009".
- Reg. (CE) 967/2008 del Consiglio del 29 settembre 2008, recante modifica al Reg. (CE) n. 834/2007 n. 10 del 26 febbraio 2011, di conversione del Decreto-legge 29 dicembre 2010, n. 225.
- COM (2009) 162 definitivo dell'8/4/2011, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo e al Consiglio "Costruire un futuro sostenibile per l'acquacoltura. Un nuovo impulso alla strategia per lo sviluppo sostenibile dell'acquacoltura europea".
- COM (2011) 417 del 13/7/2011, Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato economico sociale europeo e al Comitato delle Regioni su "Riforma della Politica Comune della Pesca".

## 18.2 Alcune innovazioni

*Cataudella S.*

Recentemente il Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali ha pubblicato "La ricerca scientifica a supporto della pesca e dell'acquacoltura" (Unimar, 2011). Tale attività è stata svolta



nell'ambito della divulgazione dei risultati delle ricerche del V e del VI Piano Triennale.

In questa pubblicazione è possibile leggere una sintesi dei vari programmi di ricerca, articolati per argomento (miglioramento della selettività degli attrezzi da pesca, allevamento di nuove specie in acquacoltura, ripopolamento in ambienti naturali, patologie-profilassi e benessere animale in acquacoltura, qualità alimentare dei prodotti ittici, sostenibilità economica ed ecologica della pesca e dell'acquacoltura).

Per ogni argomento una serie di specialisti ha predisposto una sintesi che può risultare molto utile a chi voglia valutare le attività di ricerca svolte, utilizzandone i risultati e le raccomandazioni.

Di seguito sono riportate alcune attività innovative della ricerca ministeriale in acquacoltura, che possono essere trasversalmente utilizzate in ricerche di primario interesse per la pesca.

Quelle riportate rappresentano soltanto alcune delle innovazioni, pertanto per un'informazione più completa si rimanda alla lettura della pubblicazione sopra citata.

## Bibliografia

- Consorzio Unimar (2011) - *La ricerca scientifica a supporto della pesca e dell'acquacoltura*, Roma: 695 pp.

### 18.2.1 Studi sulla forma

*Costa C., Pulcini D., Cataudella S.*

Gli studi sulla forma dei pesci rappresentano sia una base utile per le indagini ecologiche ed evolutive (Pulcini *et al.*, 2008), sia un potente ed economico strumento applicativo a sostegno delle pratiche di selezione e classificazione fino ad oggi eseguite empiricamente dagli allevatori.

In Italia, le prime applicazioni moderne dello studio della forma su specie ittiche allevate hanno riguardato lo studio delle popolazioni di carpa comune (Corti *et al.*, 1988) e di spigola in differenti condizioni di allevamento (Loy *et al.*, 1993; Loy *et al.*, 1996). Tutte le forme biologiche consistono in un gran numero di aspetti comuni che includono la taglia, la configurazione, il colore, la disposizione, ecc. La descrizione e l'analisi della forma sono stati da sempre gli strumenti più immediati per lo studio degli organismi viventi e per la loro classificazione.

Da qui nascono due esigenze:

- rappresentare la forma e le sue variazioni graficamente e geometricamente;
- misurare la forma, analizzandola in modo quantitativo.

La metodologia analitica per misurare quantitativamente la forma di un oggetto, di un organismo o di parte di esso, può seguire tre approcci (Costa *et al.*, 2011) (figura 18.7):

- morfometria tradizionale (basata su misure e rapporti tra esse);
- morfometria geometrica (basata sulla relazione geometrica tra punti di omologia biologica o strutturale – detti *landmarks* – scelti come rappresentativi della geometria della struttura studiata);
- analisi dei profili (basata su algoritmi che sintetizzano il profilo esterno dell'oggetto).

Lo studio della forma si presta a molteplici applicazioni, con l'evidente vantaggio di rendere più precise e accurate le operazioni di selezione eseguite dall'uomo sulla base della sola esperienza. Inoltre, le informazioni necessarie per condurre studi sulla forma sono rilevabili *in vivo*, senza che si renda necessario il sacrificio degli individui, con una particolare attenzione al benessere animale. Per quanto riguarda l'acquacoltura, l'importanza dell'applicazione di queste tecniche nella biologia dei pesci e di altri organismi acquatici risiede nel legame che esiste tra crescita, forma, funzioni, *performance* e condizioni di allevamento.

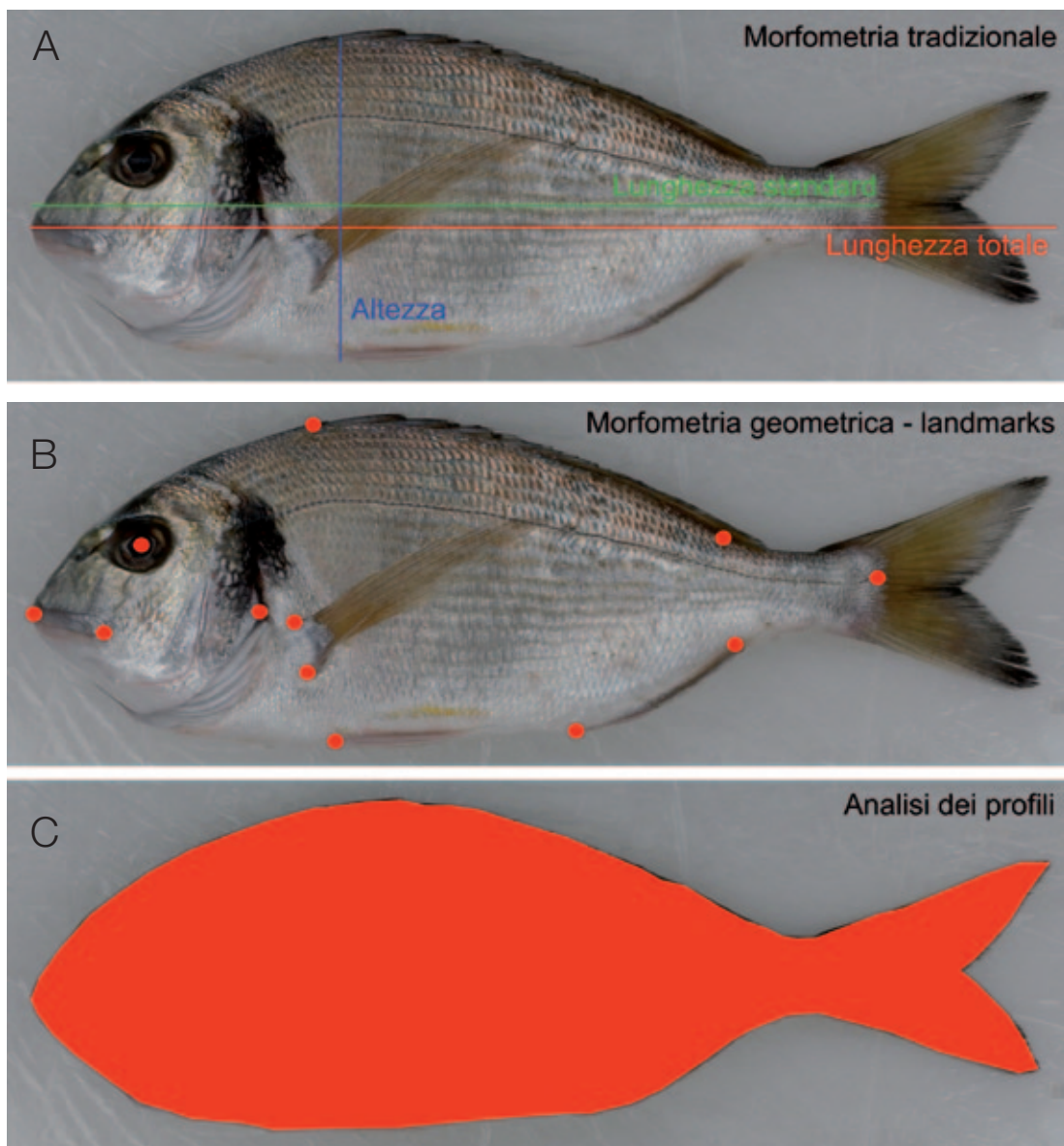
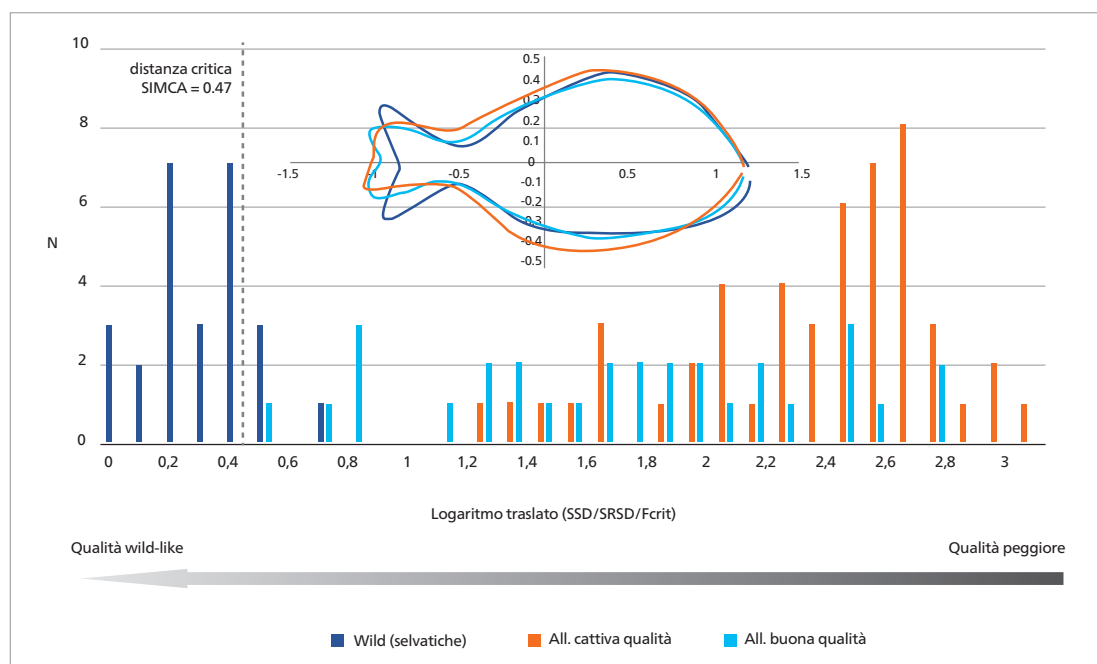


Figura 18.7 - Esempio di misurazioni morfometriche su un individuo di orata (*Sparus aurata*). (A) Biometrie classiche (lunghezze, altezza); (B) punti di omologia (*landmarks*, in rosso) selezionati sul corpo del pesce; (C) profilo del corpo (in rosso).

Queste ultime possono influire sulla morfologia degli individui o sulla forma di particolari strutture in tutti gli stadi di crescita, data la plasticità della forma e la risposta eco-fenotipica che caratterizza le specie ittiche. La relazione tra forma e crescita studiata attraverso la morfometria geometrica permette di identificare, a seconda della specie considerata, le modalità di cambiamento morfologico (traiettorie di crescita), ossia di rispondere a domande quali con quale velocità la forma di una larva si modifica all'aumentare delle sue dimensioni, e se esiste un rapporto tra questa

modalità e l'ecologia dello stadio considerato, se le condizioni di cattività modificano o meno le modalità nel cambiamento di forma degli stock selvatici di origine e se questa modalità dipende dal tipo di allevamento. Le condizioni di allevamento larvale risultano di fondamentale importanza per l'insorgenza di particolari anomalie morfologiche e di conseguenza possono determinare una drastica riduzione della *performance* degli esemplari e incidere sul successo economico di attività che hanno la qualità come obiettivo.

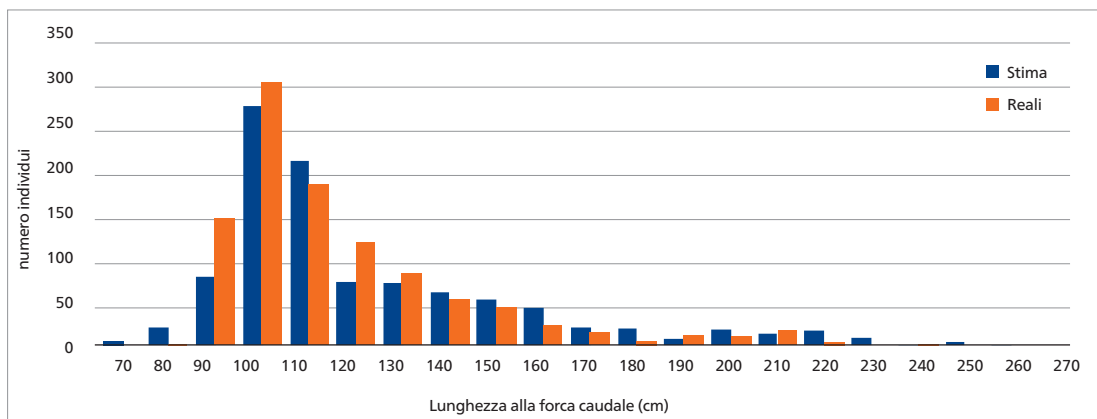
Una delle applicazioni più interessanti dello studio della forma in acquacoltura riguarda il suo utilizzo come strumento nelle indagini sul monitoraggio della qualità larvale e del prodotto a fine allevamento (Boglione e Costa, 2011). Attraverso diversi studi di morfometria geometrica e analisi dei profili è stato possibile discriminare morfologicamente lotti di larve provenienti da diversi sistemi di allevamento e visualizzarne le differenze nella forma esterna. È stato inoltre possibile costruire alcuni modelli statistici in grado di quantificare la qualità della forma rispetto a un riferimento selvatico (figura 18.8). L'integrazione opto-elettronica a livello industriale di tali modelli nelle linee automatizzate di selezione del prodotto potrà consentire un incremento della qualità delle produzioni.



**Figura 18.8 - Esempio di modello (SIMCA - *Soft Independent Modelling Class Analogy*) basato sul profilo esterno di orate selvatiche e allevate di differente qualità. Al centro è possibile osservare le configurazioni medie di ciascuno dei tre lotti. N = numero di individui (fonte: Progetto MiPAAF "Sistemi innovativi per la tracciabilità della filiera ittica").**

Un altro capitolo importante riguarda l'utilizzo della forma per l'identificazione delle specie. Recenti studi hanno dimostrato, ad esempio, come sia possibile identificare e discriminare in modo strumentale con un'altissima efficienza (99%) la vongola verace da quella filippina (Costa *et al.*, 2008) mediante l'utilizzo dell'analisi dei profili e in particolare con l'analisi ellittica di Fourier. La forma può essere utilizzata anche per risalire alla taglia dei pesci. Le attuali macchine in linea per la selezione e l'incassamento dei prodotti d'acquacoltura prevedono l'utilizzo di vagli

meccanici o di sistemi ottici che utilizzano la lunghezza massima dei pesci per la stima del peso (logaritmo della lunghezza massima). Un recente studio finanziato dalla Comunità europea ha dimostrato come l'utilizzo di parametri complessi per la descrizione della forma (analisi ellittica di Fourier) possa stimare il peso in maniera ancor più accurata rispetto al metodo basato sulla morfometria tradizionale. Una serie di progetti finanziati negli scorsi anni dal Ministero italiano delle politiche agricole e forestali e condotti dall'Università di Roma "Tor Vergata" ha portato alla messa a punto di un sistema stereovisivo (doppio sensore ottico sincronizzato) per la conta e la misura di tonni rossi durante il trasferimento dalle reti da pesca alle gabbie di allevamento. Questo sistema, attraverso un modello basato su reti neurali artificiali, stima indirettamente le lunghezze dei pesci a partire dalle coppie di immagini acquisite (Costa *et al.*, 2009) (figura 18.9). Un'altra interessante applicazione ha riguardato la conta e la misura di tonni a partire da immagini aeree mediante un algoritmo di analisi d'immagine appositamente costruito (Progetto MiPAAF - Monitoraggio aereo delle concentrazioni di tonno rosso nel Mediterraneo centrale).



**Figura 18.9 - Numero e lunghezze dei tonni pescati durante un trasferimento avvenuto in data 28 giugno 2005 a largo di Alicudi (Isole Eolie). (Fonte: Progetto MiPAAF "Innovazioni tecnologiche per l'acquacoltura responsabile del tonno rosso: raccolta e analisi di immagini per applicazioni morfometriche alla valutazione quantitativa delle catture trasferite, tecnologie per il controllo della biologia riproduttiva e delle potenziali emissioni di gameti spontanee e indotte in mare" – 6C138).**

## Bibliografia

- Boglione C., Costa C. (2011) - Skeletal deformities and juvenile quality. In: Pavlidis M., Mylonas C. (Eds), *Sparidae: Biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK: 233-294.
- Corti M., Thorpe R.S., Sola L., Sbordoni V., Cataudella S. (1988) - Multivariate morphometrics in aquaculture: a case study of six stocks of the common carp (*Cyprinus carpio*) from Italy. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.*, 45: 1548- 1554.
- Costa C., Aguzzi J., Menesatti P., Antonucci F., Rimatori V., Mattoccia, M. (2008) - Shape analysis of different populations of clams in relation to their geographical structure. *J. Zool.*, 276: 71-80.
- Costa C., Antonucci F., Pallottino F., Aguzzi J., Sun D.W., Menesatti P. (2011) - Shape analysis of agricultural products: a review of recent research advances and potential application to computer vision. *Food Bioproc. Technol.*, 4: 673-692.
- Costa C., Scardi M., Vitalini V., Cataudella S. (2009) - A dual camera system for counting and sizing Northern Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*; Linnaeus, 1758) stock, during transfer to aquaculture cages, with a semi automatic Artificial Neural Network tool. *Aquaculture*, 291(3-4): 161-167.
- Loy A., Cataudella S., Corti M. (1993) - Allometry, growth patterns and shape change of the sea bass *Dicentrarchus labrax* (Teleostea, Perciformes), in relation to different rearing conditions: an analysis using Bookstein Shape Coordinates and an application of the Thin-Plate Splines Regression Analysis. Abstracts of N.A.T.O. ASI "Advances in Morphometrics", Il Ciocco (Lu), Italy.
- Loy A., Ciccotti E., Ferrucci L., Cataudella S. (1996) - An application of automated feature extraction and geometric

morphometrics: Temperature-related changes in body form of *Cyprinus carpio* juveniles. *Aquacultural Engineering*, 15: 301-311.

- Pulcini D., Costa C., Aguzzi J., Cataudella S. (2008) - Light and Shape: A Contribution to Demonstrate Morphological Differences in Diurnal and Nocturnal Teleosts. *Journal of Morphology*, 269: 375-385.

## 18.2.2 Monitoraggio larvale

*Boglione C., Cataudella S.*

I ricercatori italiani che avevano studiato per molti anni i giovanili di specie marine eurialine, come spigola e orata, osservando i primi avannotti delle stesse specie prodotti in avannotteria, nelle fasi pionieristiche presero coscienza delle significative differenze di forma e di colore degli allevati dai selvatici (AA.VV., 2001).

Trattandosi di giovanili riprodotti da genitori pescati in natura, tutte le differenze dal selvatico erano ascrivibili alle condizioni di cattività e alle manipolazioni umane.

Anche oggi, percentuali di individui anomali sono sempre presenti nei lotti allevati, con frequenze che variano a seconda della specie, dello stadio e/o della metodologia di allevamento. Per quanto riguarda le anomalie scheletriche, in una recente ricerca del Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali (7C144) sono state monitorate le anomalie scheletriche presenti in spigola e orata, in due diversi impianti intensivi e lungo l'intera filiera produttiva. La frequenza di individui che presentano anomalie scheletriche gravi (tali cioè da essere visibili esternamente) varia da un minimo del 15% (osservata in un lotto da avannotteria) al 44% (in individui di taglia commerciale) in spigola, e dal 16 (osservata in avannotti) al 35% (durante la fase di preingrasso) in orata. La presenza di individui affetti da anomalie scheletriche gravi rappresenta un problema per la competitività degli allevamenti, in quanto gli individui che ne risultano affetti crescono più lentamente (a causa del dispendio energetico necessario per compensare una ridotta efficienza natatoria e, quindi, alimentare), sono più soggetti a malattie e infestazioni da parassiti e, se commercializzati, danno ai consumatori un'immagine negativa del prodotto da acquacoltura. Le limitazioni natatorie e alimentari incidono sul benessere dei giovani pesci generando una maggiore suscettibilità alle malattie, il che impone l'impiego di farmaci. Tutto questo non è coerente con le linee guida della FAO per un'acquacoltura responsabile (FAO, 1997). Inoltre la presenza di anomalie scheletriche rende necessario effettuare selezioni periodiche per eliminare manualmente i pesci anomali: ciò rappresenta un ulteriore costo e una fonte ulteriore di stress. Nonostante le selezioni, soggetti deformati sono presenti lungo tutta la filiera produttiva e, in alcuni casi, la loro frequenza aumenta con l'età. Ciò deriva dal fatto che l'insorgenza di anomalie scheletriche gravi è spesso mascherata: molte di esse si manifestano, infatti, come leggere deformazioni di singole ossa che non sembrano avere sul momento alcuna conseguenza sull'aspetto esterno del pesce, ma che, con il procedere della crescita – che nei pesci è continua – evolvono in anomalie più gravi, visibili esternamente. Al fine di mitigare il problema delle anomalie di sviluppo, sono numerose le attività di ricerca tese ad individuarne la/e causa/e. Si tratta di un percorso non facile, in quanto differenti cause epigenetiche possono indurre la stessa anomalia in specie diverse e uno stesso fattore causale può indurre anomalie diverse nelle diverse specie. La situazione è inoltre complicata dal fatto che i pesci Teleostei possiedono un'eccezionale diversità di tessuti scheletrici (diversi tipi di osso, di cartilagine e di molti tessuti intermedi tra tessuto connettivo e osso o tra osso e cartilagine) con modalità di ossificazione, di modellamento e rimodellamento del tessuto scheletrico e controlli biomolecolari diversi (Witten *et al.* 2010). Esistono inoltre differenze nelle

diverse tipologie di tessuto che compongono lo scheletro, non solo tra Condroitti e Osteitti, ma anche, in quest'ultimi, tra Condrostei e Teleostei, e tra Euteleostei e Neoteleostei. Nonostante sia disponibile in letteratura un vasto elenco di fattori che inducono ad anomalie, la comprensione del meccanismo per evitarne l'insorgenza è ancora lontana. Sono stati finora individuati fattori genetici ed epigenetici (nutrizionali, fisiologici, fisici, chimici, biomolecolari e ambientali), ma le conoscenze scientifiche sembrano indicare che le anomalie scheletriche siano la conseguenza di più fattori che agiscono in sinergia.

In questo scenario, una serie di studi condotti negli ultimi venti anni presso l'Università di Roma "Tor Vergata" ha utilizzato il metodo del monitoraggio larvale: questo si basa sul rilevamento delle anomalie scheletriche in giovanili di pesci Teleostei, campionati in avannotterie commerciali, usando come standard di riferimento giovanili selvatici comparabili per stadio di sviluppo. Sono stati così accumulati dati relativi alla presenza di anomalie nel numero e nella forma degli elementi scheletrici di molti pesci allevati e selvatici (spigola, orata, mugilidi, sarago pizzuto, cernia di scoglio, pagello eritrino, pagro, dentice), anche con metodologie diverse. Proprio dal confronto di lotti omogenei allevati con tecnologie differenti è emersa l'influenza delle diverse condizioni di cattività sulla morfologia dei lotti descritta e analizzata con approccio multidisciplinare. Questo *data-set* viene utilizzato come riferimento per la valutazione della qualità morfologica di nuovi lotti oggetto di esame, fornendo, attraverso l'applicazione di tecniche di analisi multivariata e di intelligenza artificiale, la definizione del grado di similarità al fenotipo selvatico (Russo *et al.*, 2010; Russo *et al.*, 2011). I descrittori utilizzati in questo metodo (le strutture scheletriche), inoltre, sono modulati dai fattori epigenetici presenti durante l'allevamento e quindi la presenza di anomalie scheletriche segnala condizioni ambientali diverse da quelle presenti nelle *nursery* naturali, specie-stadio/specifiche. Il vantaggio di eseguire il monitoraggio su stadi precoci di sviluppo sta nella possibilità di valutare precocemente e in modo poco costoso la qualità del prodotto finale e di disporre di un indicatore integrato degli effetti delle condizioni di allevamento utilizzate.

I pesci giudicati di qualità morfologica elevata sono quelli allevati in condizioni di maggior benessere per la specie, tali da determinare, cioè, un aspetto esterno non solo privo di teratologie, ma simile a quello del selvatico (*wild-like*, Cataudella *et al.*, 2002). Inoltre, la recente applicazione di tecniche di intelligenza artificiale, come le reti neurali, ai dati relativi alle anomalie scheletriche in giovanili allevati e selvatici uniti a tutti i dati disponibili (produttivi, anatomici, genetici, molecolari, ecologici, morfologici e fisiologici) permette l'analisi integrata di dati multidisciplinari che potrebbe finalmente aprire nuovi scenari verso la comprensione del fenomeno dell'insorgenza delle anomalie scheletriche in acquacoltura e quindi indirizzare verso la loro riduzione. La nuova frontiera del monitoraggio riguarda sfide epocali, oggetto di discussioni, come la messa a punto delle tecniche per la riproduzione del tonno rosso in cui il confronto tra selvatici e allevati risulta una guida di primaria rilevanza (Cataudella *et al.*, 2011).

## Bibliografia

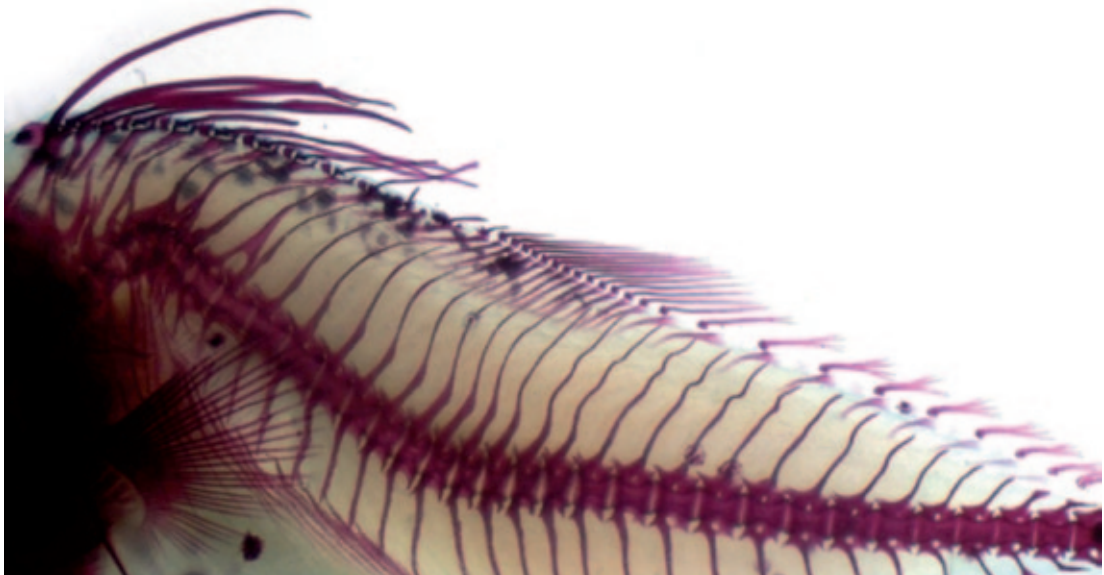
- AA.VV. (2001) - *Acquacoltura Responsabile*. Cataudella S., Bronzi P. (eds). Unimar-Uniprom, Roma: 683 pp.
- Cataudella S., Russo T., Lubrano P., De Marzi P., Spanò A., Fusari A., Boglione C. (2002) - An ecological approach to produce "wild like" juveniles of sea bass and sea bream: trophic ecology in semi-intensive hatchery conditions. *Seafarming today and tomorrow. Aquaculture Europe 2002 Conference*, Trieste, Italy, October 16-19, 2002, organised by the European Aquaculture Society (EAS). Extended abstracts and short communications. EAS Special Publication, Oostende, Belgium No 32, August 2002: 177-178.
- Cataudella S., Boglione C., Caprioli R., Vitalini V., Pulcini D., Cataldi E., Pennacchi Y., Amoroso G., Prestinicola L., M. Marroncini M., Corriero A., Ugolini R., De Marzi P., Spanò A., Consiglio A., Ceravolo V., Caggiano M. (2011) - *Aquaculture of Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758): increasing morphological knowledge on larvae and*



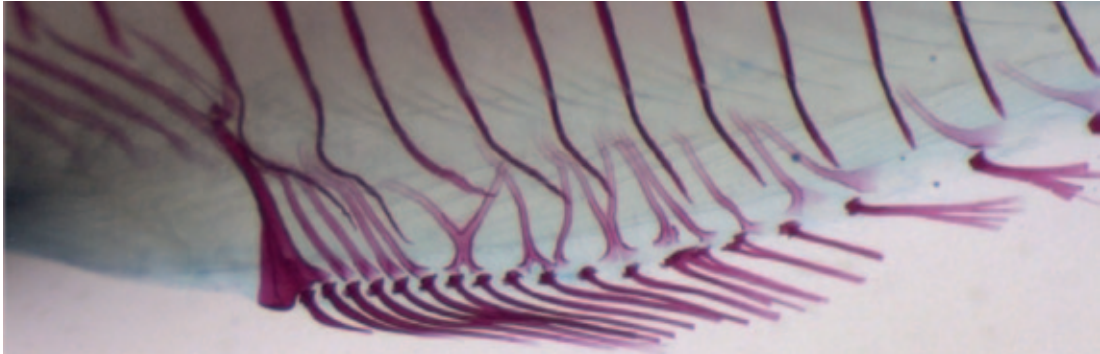
- juveniles. Comunicazione orale alla conferenza Aquaculture Europe 2011 organizzata dall'E.A.S e W.A.S Rhodes, Grecia, 18-21 Ottobre, 2011.
- FAO Fisheries Department - Aquaculture development (1997) - Technical Guidelines for Responsible Fisheries, 5, Roma: 40 pp.
  - Russo T., Prestinicola L., Scardi M., Palamara E., Cataudella S., Boglione C. (2010) - Progress in modeling quality in aquaculture: an application of the Self - Organizing Map to the study of skeletal anomalies and meristic counts in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L. 1758). *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 360-365.
  - Russo T., Scardi M., Boglione C., Cataudella S. (2011) Application of the Self-Organizing Map to the study of skeletal anomalies in aquaculture: The case of dusky grouper (*Epinephelus marginatus* Lowe, 1834) juveniles reared under different rearing conditions. *Aquaculture*, 315 (1-2): 69-77.
  - Witten P.E., Huysseune A., Hall B.K. (2010) - A practical approach for the identification of the many cartilaginous tissue in teleost fish. *J Appl Ichthyol*, 26(2): 262 pp.



Larva di tonno rosso appena schiusa in impianto, fotografata in vivo (Foto di C. Boglione).



Postlarva di tonno rosso allevata (LS = 27,3 mm) con gravi deformazioni dell'asse vertebrale. Colorazione: rosso Alizarina S (osso) e blu Alcian (cartilagine) (Foto di M. Marroncini).



Postlarva di tonno rosso allevata (LS = 28,6 mm) con deformazioni dei supporti interni (pterigiofori) dei raggi della pinna anale. Colorazione: rosso Alizarina S (osso) e blu Alcian (cartilagine) (Foto di M. Marroncini).

### 18.2.3 Scienze molecolari in acquacoltura

Saroglia M., Bernardini G., Terova G.

La necessità di mantenere sostenibile lo sviluppo dell'acquacoltura, proiettata verso un'ulteriore produzione di 40 milioni di tonnellate entro i prossimi 30 anni, impone l'approfondimento delle conoscenze riguardo la biologia della riproduzione, la risposta delle specie ittiche alle pressioni generate dall'ambiente di allevamento e la risposta ad un'alimentazione con diete dove farine e oli di pesce sono diversamente sostituiti. Per ottenere queste nuove conoscenze in tempo reale e con l'ambizioso obiettivo di controllare direttamente le risposte della cellula, occorre superare i limiti imposti dalle attuali metodologie di studio.

L'approccio molecolare, diretto al monitoraggio della risposta dei geni, risponde potenzialmente a queste esigenze. Le sue basi sono state gettate tra il 1990 e il 2000 con lo *Human Genome Project* (HGP) un progetto di ricerca scientifica internazionale il cui obiettivo principale era quello di determinare la sequenza delle coppie di basi azotate che formano il DNA e di identificare e mappare i circa 20-25000 geni del genoma dal punto di vista sia fisico che funzionale (Venter *et al.*, 2001). La rivoluzione che ne è seguita, sia nelle conoscenze di base che nelle metodologie di studio, consente di mietere formidabili risultati in tutti i settori delle Scienze della Vita. Le scienze "omiche", tra le quali la genomica strutturale e funzionale, la proteomica e la metabolomica, sono parte integrante della moderna ricerca biologica, sia di base che applicata. Attualmente è stata completata la mappatura dei geni in ben 6 specie ittiche, mentre decine di progetti in tal senso sono in corso su specie di pesci, molluschi e crostacei di interesse per l'allevamento. La conoscenza delle sequenze geniche, ossia della genomica strutturale, consente di associare risposte somatiche all'attività di specifici geni (genomica funzionale) che a loro volta rispondono a stimolazioni della cellula da parte di agenti ambientali, nutrizionali o interni all'organismo stesso. L'attività trascrizionale dei geni può essere misurata titolando quantitativamente l'RNA messaggero (mRNA) da questi prodotto, ottenendo così un'informazione dettagliata circa la risposta che l'organismo sta preparando.

La proteomica, poi, consente di verificare l'effettiva presenza delle proteine e le loro eventuali modificazioni post-traduzionali. Ben oltre, la metabolomica fornisce un quadro di insieme sui prodotti del metabolismo cellulare derivati dalla cascata di reazioni iniziata con la trascrizione e proseguita con la sintesi enzimatica, quindi con le successive reazioni degli enzimi coi loro substrati specifici.



Fornendo una visione integrata dell'asse genomico-proteico-metabolico che caratterizza la risposta cellulare a perturbazioni di qualunque tipo, l'approccio molecolare può permettere di monitorare la risposta dell'organismo quando questa si realizza ancora a livello cellulare, assai prima quindi delle risposte altrimenti monitorabili a livello fisiologico, zootecnico o clinico. Numerosi sono gli esempi sulle ricadute possibili, quali: 1) la possibilità di abbreviare i tempi necessari per gli studi su nuove formulazioni di mangimi; 2) la valutazione della risposta alle pressioni (stress) ambientali; 3) le diagnosi precoci e precise delle patologie; 4) la possibilità di individuare la cascata di risposte endocrine che controllano il ciclo biologico e la riproduzione. Ciò permette di controllare meglio la strategia nutrizionale, di prevenire le mortalità, di controllare la riproduzione e di monitorare la qualità *in vivo* e *post mortem*.

Il primo *Aquaculture Genome Workshop* è stato tenuto a Dartmouth, Massachusetts, nell'autunno del 1997. Questo evento può essere assunto come la nascita ufficiale della *Genomic Aquaculture*. In Europa, questa linea di ricerca si è sviluppata quasi contemporaneamente in vari Paesi, anche se i primissimi passi si sono probabilmente visti in Italia. All'interno di un progetto di ricerca del V Piano Triennale della Pesca e dell'Acquacoltura (MiPAAF), finalizzato allo studio del miglioramento delle condizioni di allevamento, all'Università dell'Insubria viene studiata l'espressione genica per valutare la risposta cellulare del pesce (Monetti *et al.*, 2002; 2003). Alla Fiera Internazionale dell'Acquacoltura di Verona del 2003, viene presentata dal gruppo di D. Houlihan di Aberdeen, una memoria sulla risposta proteomica della trota alimentata con diete sostituite (Vilhelmsson *et al.*, 2003). Si tratta solo della constatazione che modifiche nutrizionali causano l'attivazione o la disattivazione di geni specifici, quindi che le sostituzioni di farine e oli di pesce con prodotti vegetali alterano il quadro delle proteine epatiche, ma è l'inizio di una profonda trasformazione nei metodi di studio.

Nel frattempo vari gruppi di ricerca europei, partendo da conoscenze specifiche in genetica e in biologia molecolare, affrontano lo studio della genomica funzionale e della proteomica finalizzate all'acquacoltura. È il caso dell'INRA in Francia, dell'Università Autonoma di Barcellona in Spagna, delle Università di Palermo e di Padova e di Porto Conte Ricerche di Alghero, oltre che dell'Università dell'Insubria, per quanto riguarda l'Italia. In seguito vediamo coinvolti alcuni istituti di ricerca scandinavi, poi seguiti da un numero sempre maggiore di gruppi di ricerca, in vari Paesi europei.

Ancora in Italia, col VI Piano Triennale del MiPAAF e con un contributo del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica, lo studio prosegue nella ricerca di nuovi *marker* molecolari, utilizzabili per studi sul benessere, sull'alimentazione e sulla crescita della spigola (Terova *et al.*, 2005; 2007; 2008). Vengono quindi prodotti 1.229 cloni randomizzati da una libreria di cDNA di spigola (*D. labrax*), oltre a 10.163 cloni da librerie di cDNA di fegato, testicolo e ovario di tonno rosso (*Thunnus thynnus*), poi depositati con numero di accesso sulla banca dati internazionale NCBI, (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>), ampliando così notevolmente il numero di geni dai quali cercare risposte (Chini *et al.*, 2006; 2008). Ne nasce, quale sintesi provvisoria, una *tool box* di *marker* molecolari contenente le sequenze dei geni che possono essere utilizzate per studiare la risposta del pesce a fattori ambientali e alimentari, consentendo tra l'altro un approccio mirato allo studio nutrigenomico (tabella 18.2). Un notevole apporto alla nutrigenomica si ha con l'individuazione in spigola del gene trasportatore di oligopeptidi (PepT1) (Terova *et al.*, 2009), grazie ad un finanziamento della regione Lombardia nell'ambito di un programma "Internazionalizzazione". Lo studio dimostra che l'attività dello stesso gene viene influenzata, oltre che dall'alimentazione, da fattori ambientali quali pH intestinale, temperatura e salinità (Verri *et al.*, 2011; Sangaletti *et al.*, 2009), aprendo la strada alla nutrigenomica ambientale.

Se lo studio dell'attività dei geni mediante la genomica funzionale è ormai alla portata di

moltissimi laboratori mediamente equipaggiati, tanto da essere ormai considerata una metodologia di routine, rimane ancora complesso e costoso studiare che cosa avvenga a valle.

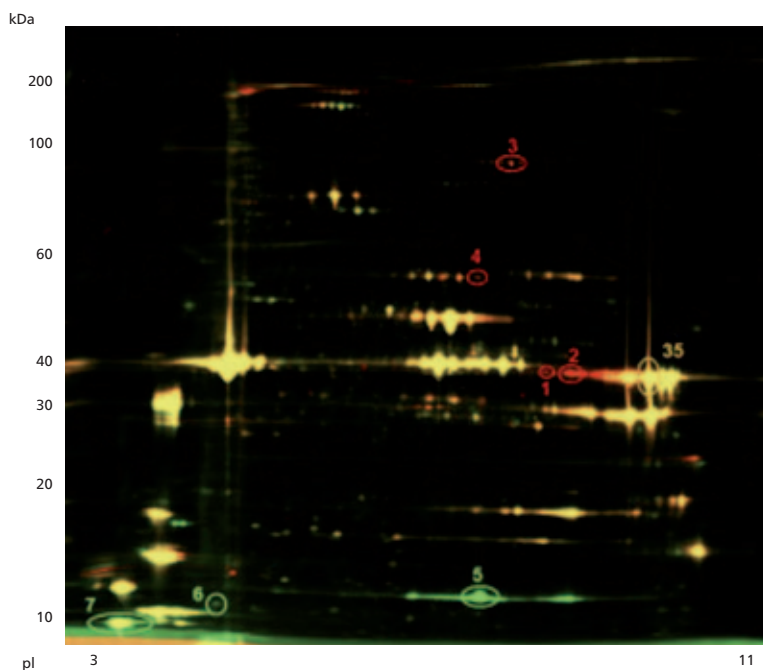
**Tabella 18.2 - Alcuni geni identificati come descrittori utilizzabili nell'allevamento ittico intensivo per descrivere la risposta a fattori ambientali o nutrizionali.**

Nome gene	Numero identificativo nella Banca Genica (Gene Bank accession no.)	Specie di teleostei	Sonda Taqman 3'- 5'	Funzione fisiologica della proteina codificata dal gene	
				Digestione/ Stress	Nutrizione/ Crescita
Glucocorticoid Receptor	AY549305	<i>D. labrax</i>	CAGCTCTCCCAACCAG	+	-
	AY863149	<i>S. trutta</i>		+	-
HIF-1 $\alpha$	DQ171936	<i>D. labrax</i>	CTCCGAGCTCACCTGC	+	-
Glucose-transporter 2	EF014277	" "	CAGGGTCTCCATCCTTT	+	+
Brain Derived Neurotrophic Factor (BDNF)	DQ915807	" "	-	+	-
Heat shock protein 90 (HSP90)	AY395632	" "	CTGTCAAGCACTTCTCG	+	-
3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase (HMGCoAr)	AY424801	" "	CCGGCAATGCCTAAAA	+	+
Proto-oncogene protein (c-Fos)	DQ838581	" "	CAGAGTGTCTGTAAGCTC	+	-
Na <sup>+</sup> /H <sup>+</sup> exchanger (NHE-1)	EU180587	" "	ATGAGACCCCAACTAGCA	+	-
Intestinal oligopeptide transporter-1 (PepT1)	GU733710	<i>S. aurata</i>	-	-	+
	FJ237043	<i>D. labrax</i>	TCCCGCTGCTCTC		
Ghrelin	DQ665912	" "	CTCTGCTCTGAGTTTT	-	+
Pepsinogen C	EF690286	" "	CTATCTTTCCAGGAATGG	-	+
Fatty acid $\Delta$ 6-desaturase	EU647692	" "	ACCAAGCCAGATCCAC	-	+
Insulin-like growth factor -1 (IGF1)	AY800248	" "	CTGTAGGTTTACTGAAATAAAA	-	+
Insulin-like growth factor-2 (IGF2)	AY839105	" "	CAAACCTGCAGCGCATCC	-	+
Fibroblast growth factor-6 (FGF6)	AY831723	" "	CACCGTAGAGATTCT	-	+
Lipin1	EU644089	" "	CCCAGCAGCCTTT	-	+
Leptin	In progress	" "	-	-	+
Myostatin	AY839106	" "	CCATCACGGAGACAAT	-	+
Myosin heavy chain	DQ317302	" "	AACTGAGTGAAGTGAAGACC	-	+
Beta Actin	AY148350	" "	CCTCGGTATGGAGTCCTG	-	+
Alpha-actin	HM147821	" "	CCAGCAGACTCCATACCGA	-	-
Cathepsin L	FJ807676	" "	CCCAGTGAACCTCC	-	-
Calpain 1	FJ821591	" "	TCAGATCGTACATTTCCG	-	-
Bile-salt activated lipase (bal)	EU647691	" "	-		+

All'interno di un progetto finanziato dal MiPAAF finalizzato allo studio dell'applicazione dei protocolli di produzione biologica in acquacoltura, Terova *et al.* (2011) hanno individuato alcune

proteine indicatrici della despoliazione *post mortem* del pesce. Sottoponendo campioni di filetto di spigola, conservata a differenti temperature per un tempo di due settimane, ad elettroforesi bidimensionale differenziale (DIGE) questi hanno evidenziato le presenze di proteine caratterizzate da una significativa variazione di quantità che sono state poi individuate mediante la spettrometria di massa (HPLC-MS). In particolare, una delle osservazioni di maggior interesse è stata la marcata riduzione nell'abbondanza della B-difosfato-chinasi e della 2-fosfoglicerato-mutasi (figura 18.10). L'approccio proteomico ha pertanto consentito di orientare verso queste molecole la progettazione di eventuali kit per un rapido impiego su campo.

Per ora la metabolomica risulta meno impiegata, anche se desta sempre maggiore interesse, tanto da venire inclusa dal *Technology Review* del MIT di Boston tra le dieci tecnologie emergenti. Con essa è possibile descrivere il profilo dei metaboliti presenti in cellule, tessuti, organi e fluidi biologici. In acquacoltura è pertanto in grado di dare indicazioni fondamentali nell'ambito della prevenzione e della formulazione di diete specifiche, specialmente se associata alla nutrigenomica. In Italia è stata proposta da Anedda (2009) per uno studio sulla qualità e tracciabilità in orata, da Scano *et al.* (2009) per lo studio del profilo lipidico nelle gonadi di cefalo e nella bottarga, quindi da Savorani *et al.* (2010), per studiare l'effetto di differenti tecniche di allevamento e di conservazione. Il costo della strumentazione e il *know-how* necessari per gli esperimenti di Risonanza Magnetica Nucleare (RMN) insieme alla complessità dell'analisi chemiometrica dei dati ottenuti disincentivano l'approccio metabolomico. Riteniamo però che tali ostacoli verranno presto superati e che la metabolomica avrà un ruolo importante anche per la ricerca in acquacoltura.



**Figura 18.10 - Elettroforesi bidimensionale differenziale (DIGE) del profilo proteico di muscolo di spigola alla macellazione e dopo 5 giorni di conservazione alla temperatura di 1 °C o di 18 °C. Gli spot che compaiono colorati in verde corrispondono ad una riduzione di presenza della proteina corrispondente, mentre quelli in rosso ne indicano un aumento. Le sovrapposizioni di verde e rosso (spot gialli) indicano una sostanziale stabilità della proteina che è migrata in corrispondenza dello stesso spot.**

## Bibliografia

- Anedda R. (2009) - *Protocols for assessing quality and traceability of aquaculture products by means of Nuclear Magnetic Resonance*. Comunicazione al Workshop: Advances in Mediterranean Aquaculture, Porto Conte Ricerche, Alghero.
- Chini V., Cattaneo A.G., Rossi F., Bernardini G., Terova G., Saroglia M., Gornati G. (2008) - Genes expressed in Blue Fin Tuna (*Thunnus thynnus*) liver and gonads. *Gene* 410: 207-213.
- Cogburn L.A., Porter T.E., Duclos M.J., Simon J., Burgess S.C., Zhu J.J., Cheng H.H., Dodgson J.B., Burnside J. (2007) - Functional genomics of the chicken - A model organism. *Poultry Science*, 86: 2059-2094.
- Gornati R., Gualdoni S., Cavaliere R., Terova G., Saroglia M., Bernardini G. (2005) - Molecular biology and fish welfare: A winning combination. *Aquaculture International* (1-2): 51-55.
- Gornati R., Terova G., Saroglia M., Bernardini G. (2003) - Rearing density influences Seabass (*Dicentrarchus labrax*) gene expression. Comunicazione alla Conferenza Internazionale: Fish farming in mediterranean Europe: quality for developing markets, Fiera di Verona, 15-16 ottobre 2003. Book of Abstracts: 38 pp.
- Hieter P., Boguski M. (1997) - Functional genomics: It's all how you read it. *Science*, 278: 601-602.
- Mckusick V.A. (1989) - The Human-Genome-Organization - History, Purposes, and Membership. *Genomics* 5: 385-387.
- Monetti C., Vigetti D., Prati M., Bernardini G., Terova G., Saroglia M., Gornati R. (2002) - Fish welfare and molecular markers. Aquaculture Europe 2002: Seafarming today and tomorrow, *EAS spec. publ. n. 32*: 357-358.
- Monetti C., Vigetti D., Prati M., Bernardini G., Terova G., Saroglia M., Gornati R. (2003) - I livelli di ossigeno influenzano l'espressione genica nelle branchie di *Dicentrarchus labrax*. *Biol. Mar. Medit*, 10: 468-469.
- Sangaletti R., Terova G., Peres A., Bossi E., Corà S., Saroglia M. (2009) - Functional expression of the oligopeptide transporter PepT1 from the sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Pflugers Archiv-European Journal of Physiology*. Vol 459: 47-54.
- Savorani F., Picone G., Badiani A., Fagioli P., Capozzi F., Engelsen S.B. (2010) - Metabolic profiling and aquaculture differentiation of gilthead sea bream by 1H NMR metabonomics. *Food Chemistry*, 120: 907-914.
- Scano P., Dessi M.A., Lai A. (2009) - NMR study of the lipid profile of mullet raw roe and bottarga. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, 111: 505-512.
- Terova G., Addis M.F., Preziosa E., Pisanu S., Pagnozzi D., Biosa G., Gornati R., Bernardini G., Roggio T., Saroglia M. (2011) - Effects of postmortem storage temperature on sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle protein degradation: analysis by 2-D DIGE and mass spectrometry. *Proteomics*, 11: 2901-2910.
- Terova G., Gornati R., Rimoldi S., Bernardini G., Saroglia M. (2005) - Quantification of a glucocorticoid receptor in sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) reared at high stocking density. *Gene*, 357: 144-151
- Terova G., Rimoldi S., Bernardini G., Gornati R., Saroglia M. (2008) - Sea bass ghrelin: molecular cloning and mRNA quantification during fasting and refeeding. *General and Comparative Endocrinology*, 155/2: 341-351.
- Terova G., Rimoldi S., Chini V., Gornati R., Bernardini G., Saroglia M. (2007) - Cloning and expression analysis of insulin-like growth factor I and II in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L) during long-term fasting and refeeding. *Journal of Fish Biology*, 70 (Suppl. B), 219-233.
- Tognoli C., Rossi F., Di Cola F., Baj G., Tongiorgi E., Terova G., Saroglia M., Bernardini G., Gornati R. (2010) - Acute stress alters transcript expression pattern and reduces processing of proBDNF to mature BDNF in *Dicentrarchus labrax*. *BMC Neurosc.*, 11 (4): 1-17.
- Venter J.C. et al. (2001) - The sequence of the human genome. *Science*, 291:1304-1351.
- Verri T., Terova G., Dabrowski K., Saroglia M. (2011) - Peptide transport and animal growth: the fish paradigm. *Biology Letters*. In press.
- Vilhelmsson O., Martin S., Cash P., Houlihan D. (2003) - Plant proteins in rainbow trout: how a global analysis of liver proteins can reveal the unexpected. Conf. Int: Fish farming in mediterranean Europe: quality for developing markets, Verona, 15-16 ottobre 2003. Book of Abstracts: 36 pp.