PIANO DELLE ATTIVITA' CONTRIBUTO EX ART.9, COMMA 1, LETT. C DELLA L.R. 20/2015

ANNUALITA' 2021

Prot.n .336/21A

Sommario

1. Sviluppo e implementazione di metodologie produttive sostenibili a sostegno dell'acquacoltura e della produttività delle lagune 3

A1 - QUALITA' DELLE LARVE DI CEFALO LEGATA ALLE CONDIZIONI DI ALLEVAMENTO - 2021 4

A2 - AQUOS - 2021 10

A3 - URCHIN - 2021 12

2. Approccio eco-sistemico alla gestione sostenibile delle risorse e degli ecosistemi costieri marini e lagunari e degli impatti delle attività antropiche 15

A4 - EQUILIBRIUM - 2021 16

3. Attività di sviluppo 22

A5 - COMUNICAZIONE, TRASFERIMENTO E DIFFUSIONE..... 22

A6 - SVILUPPO R.U. E INTERNAZIONALIZZAZIONE 23

4. Quadro riepilogativo delle attività e budget del finanziamento ex art. 9 L.R. 20/2015 – annualità 2021 24

1. ***Sviluppo e implementazione di metodologie produttive sostenibili a sostegno dell'acquacoltura e della produttività delle lagune***

La ricerca per sviluppo e implementazione di metodologie produttive sostenibili a sostegno dell'acquacoltura è focalizza principalmente su aspetti innovativi del settore produttivo e sulle problematiche relative al suo sviluppo e potenziamento basato su criteri di sostenibilità.
I principali soggetti beneficiari e committenti dell'attività di ricerca, oltre alle imprese della filiera ittica e agli enti gestori dei FLAG, sono principalmente riconducibili all'area regionale della Sardegna, in particolare il Servizio Pesca dell'Assessorato dell'Agricoltura e l'Agenzia Sardegna Ricerche per il trasferimento tecnologico alle imprese.
Le attività sono svolte anche con il diretto coinvolgimento delle imprese di pesca e acquacoltura. Gli studi sono incentrati sui sistemi di allevamento per la produzione di specie d'interesse commerciale e per il ripopolamento di organismi soggetti a forte pressione di pesca, in particolare, il muggine da bottarga *Mugil cephalus*, l'orata *Sparus aurata*[1], l'ostrica concava del Pacifico *Crassostrea gigas* e l'ostrica piatta nativa *Ostrea edulis*. Viene, inoltre, svolta attività di produzione sperimentale di specie microalgali finalizzata ad applicazioni in acquacoltura e ambientali.

Programma di progetti previsti nell'anno 2021 finanziati con contributo ex art. 9 L.R. 20/2015 per lo sviluppo di attività di ricerca scientifica e sviluppo tecnologico, nel settore acquacoltura

L'attività pluriennale di ricerca sulla tematica dell'acquacoltura è focalizzata su metodologie di riproduzione e allevamento di alcune specie di rilevanza commerciale di particolare interesse per il territorio e sull'incremento della produzione con approccio ecosistemico alla acquacoltura sostenibile.

[1] Progetto di ricerca e trasferimento tecnologico sottoposto al Servizio Pesca dell'Assessorato dell'agricoltura della Regione Sardegna, in fase istruttoria.

Nell'anno 2021 è previsto lo sviluppo delle attività sperimentali riportate nelle seguenti schede progettuali che descrivono gli obiettivi specifici e gli indicatori di risultato.

Nome progetto

A1 - QUALITA' DELLE LARVE DI CEFALO LEGATA ALLE CONDIZIONI DI ALLEVAMENTO - 2021

Settore tecnico-scientifico

ACQUACOLTURA

Descrizione breve

Effetti dell'allevamento in condizioni controllate a diversa densità e differenti regimi alimentari sullo sviluppo delle larve del cefalo da bottarga (*Mugil cephalus*)

Stato dell'arte e prospettive

La produzione di larve e giovanili nelle avannotterie è basilare per il rilancio dell'acquacoltura del muggine (Liao et al., 2015).

I primi protocolli di riproduzione ed allevamento del cefalo in cattività risalgono agli '80 (Nash and Shehadeh, 1980), e i risultati sperimentali finora ottenuti non hanno trovato applicazione su scala commerciale (Liao et al., 2015).

L'alta mortalità delle larve, specialmente durante i primi 15-20 giorni di vita, è uno dei maggiori ostacoli che impediscono il decollo dell'acquacoltura del muggine (Eda et al., 1990; Tamaru et al., 1992). Pochi autori riportano le procedure operative per l'allevamento delle larve e dei giovanili di *M. cephalus*, inoltre esistono dati esigui sui tassi di crescita degli individui allevati in sistemi di acquacoltura a ricircolo (RAS).

La densità di allevamento larvale (n° individui L-1) ha una forte influenza sullo sviluppo, crescita e sopravvivenza degli individui, e sulla successiva qualità dei giovanili allevati (Sarasquete et al., 2014).

Inoltre l'allevamento delle larve prevede l'utilizzo di un protocollo alimentare simile a quello delle più comuni specie carnivore (es. spigola e orata, Estevez et al., 2007; Roo et al., 2007; Roo et al., 2010). Che a

base di prede vive arricchite (rotiferi e nauplii di Artemia). Tuttavia, l'uso delle prede vive rappresenta un elevato costo, in termini di produzione e lavoro, se comparate con l'utilizzo di diete inerti (mangimi commerciali) (Campoverde et al., 2017).

Allo stesso tempo, l'utilizzo esclusivo delle diete inerti già all'inizio dell'alimentazione esogena delle larve non consente di ottenere buone performances larvali.

L'utilizzo combinato simultaneo di prede vive e diete commerciali, "co-feeding", dall'inizio dell'alimentazione esogena o nelle prime fasi larvali, rappresenta una strategia alternativa. Questa tecnica migliora la nutrizione e quindi le performances larvali (Kanazawa et al., 1989; Holt, 1993; Leu et al., 1991; Abi-Ayad and Kestemont, 1994) e permette di arrivare allo svezzamento in tempi più brevi. Utilizzando la tecnica del co-feeding, infatti, le larve accettano più velocemente le diete commerciali quando la somministrazione di prede vive viene interrotta (Munilla-Moran et al., 1990; Person le Ruyet et al., 1993; Rosenlund et al., 1997; Cañavate and Fernández-Díaz, 1999).

Esistono periodi specifici, durante lo sviluppo, in cui le larve sono in grado di ingerire, digerire ed assimilare diete commerciali, e questo dipende da aspetti comportamentali e caratteristiche fisiologiche (Barnab and Guissi, 1994). La conoscenza della differenziazione del sistema digestivo, e dei processi digestivi e assimilativi è essenziale per comprendere la fisiologia nutrizionale dei pesci, e per conoscere le tempistiche dello svezzamento larvale con l'obiettivo adattare i protocolli di alimentazione e allevamento agli stadi di sviluppo delle larve (Mai et al., 2005). Inoltre, lo studio della deposizione lipidica negli epatociti del fegato può aiutare a comprendere quale sia lo status nutrizionale di un pesce allevato (Caballero et al., 1999; Loi et al., 2020), in quanto questa è legata alla tipologia di dieta assunta (Papadakis et al., 2009, 2013).

Infatti una nutrizione inappropriata, insieme a condizioni abiotiche sfavorevoli o fattori genetici può causare anomalie scheletriche nei

pesci allevati (Boglione et al., 2013). Soprattutto gli squilibri nutrizionali giocano un ruolo chiave nella morfogenesi e scheletogenesi nei primi stadi di vita delle larve (Boglione et al., 2013; Person Le Ruyet et al., 1993). Le deformità scheletriche in allevamento sono uno tra i fattori che riducono la produzione, riducono/fermano la crescita degli individui allevati, causano alti tassi di mortalità e dunque aumentano le perdite economiche (Campoverde et al., 2017).

In quest'ottica, risulta importante tenere in considerazione l'efficienza delle pratiche di svezzamento precoce e i loro effetti sullo sviluppo scheletrico e sul sistema digestivo nei pesci d'allevamento.

Studi ontogenetici specie-specifici sono fondamentali per ottimizzare le tecniche di allevamento larvale e garantire quindi una migliore crescita e sopravvivenza degli individui, abbattendo anche i costi di produzione (Papadakis et al., 2009, 2013, 2018). Studi specifici sui cambiamenti morfologici a livello del sistema digestivo permettono di avere le informazioni necessarie sulle tempistiche dello svezzamento delle larve e spiegano come il protocollo alimentare influenzi il profilo nutrizionale del pesce. In particolare, il fegato è riconosciuto come buon indicatore dello stato fisiologico e nutrizionale del pesce (Caballero et al., 1999), in quanto cambiamenti della deposizione lipidica negli epatociti possono essere associati alla dieta assunta (Papadakis et al., 2009, 2013). In questo modo è possibile identificare con accuratezza periodi di malnutrizione durante la fase di allevamento (Papadakis et al., 2009).

Recentemente, il nostro gruppo di ricerca ha inviato a riviste di settore i primi risultati sulla riproduzione in cattività e l'allevamento larvale in condizioni controllate del muggine da bottarga (Vallainc et al., 2021, in revision; Loi et al., 2020; Thieme et al., 2020). I protocolli sviluppati dall'IMC nell'ambito del progetto TECNOMUGILAG (Cluster, POR FESR), prevedono l'impiego di una densità inziale di allevamento larvale pari a 40 larve L^{-1}.

Tale densità è piuttosto bassa se paragonata a quelle applicate alle specie di teleostei marini più comunemente allevate, per es. i protocolli

di allevamento della spigola, *Dicentratus labrax*, prevedono una densità iniziale di allevamento larvale di 180 larve L-1 (Hatziathanasiou et al., 2002).

Risulta pertanto necessario determinare sperimentalmente la densità di allevamento larvale ottimale per il cefalo che consenta di ottenere un'alta sopravvivenza delle larve, una buona crescita e un corretto sviluppo fisio-morfologico interno ed esterno, tali da contribuire a rendere il processo produttivo più sostenibile dal punto di vista ambientale ed economico e dare impulso all'allevamento della specie su scala commerciale.

Attività di ricerca proposte:

Nel contesto di tale scenario, viene proposta un'attività di ricerca, il cui obiettivo finale sarà l'individuazione della densità di allevamento ottimale e del miglior protocollo alimentare che consenta un corretto sviluppo del sistema digestivo e produca una minore incidenza delle malformazioni a livello scheletrico delle larve del muggine da bottarga tale da ottenere il maggior numero di larve e giovanili vitali, e correttamente sviluppate, nell'ottica di un allevamento su scala commerciale.

Le attività permetteranno il raggiungimento dei seguenti obiettivi specifici:

OS1: Studiare gli effetti di diverse densità di allevamento su crescita, sopravvivenza, sviluppo fisio-morfologico.

OS2: Determinare gli effetti di diverse densità di allevamento sullo sviluppo fisio-morfologico.

OS3: Determinare la tipologia e l'incidenza delle eventuali malformazioni scheletriche, a seconda del protocollo alimentare utilizzato (presenza/assenza di Artemia, e sua riduzione).

OS4: Valutare lo status del sistema digestivo e la deposizione lipidica nel fegato, a seconda del protocollo alimentare utilizzato (presenza/assenza di Artemia, e sua riduzione).

Metodologia:

Larve di *M. cephalus*, ottenute con la riproduzione indotta in vasca mediante l'inoculo di una dose di ormone, verranno allevate in impianti RAS a diversa densità di partenze delle larve. Contestualmente all'allevamento larvale, verranno portate avanti colture microalgali, colture di rotiferi e di Artemia. Le larve, a partire dal giorno 2 dopo la schiusa (dph), verranno alimentate con il seguente protocollo: microalghe (dal 2 al 14-15 dph) e rotiferi (dal 2 al 22 dph), Artemia (dal 12 al 42 dph), mangime a diversa granulosità (dal 22 dph in poi). Il suddetto protocollo potrà variare di qualche giorno a seconda delle necessità.

Giornalmente per i primi 20-22 dph, e poi ogni 2-3 dph, verranno prelevati dei campioni da ogni sistema per l'analisi istologica. Una volta fissate, le larve verranno disidratate, incluse e tagliate al microtomo, colorate e osservate al microscopio. Le principali strutture del sistema digestivo verranno individuate nei vari giorni di sviluppo e sarà descritta l'ontogenesi. Saranno osservati i contenuti alimentari nello stomaco e nell'intestino per verificare che l'alimento che è stato somministrato quel dato giorno sia stato effettivamente mangiato, e se sia stato digerito efficientemente. Microfotografie del fegato saranno scattate per essere successivamente analizzate con un programma di analisi d'immagine, che calcolerà la superficie percentuale ricoperta dai lipidi nel tessuto epatico.

Verranno inoltre prelevati dei campioni per l'analisi delle deformità scheletriche. I campioni, dopo essere stati fissati, saranno disidratati e la cartilagine verrà colorata con Alcian blu, in seguito verranno reidratati, digeriti in tripsina, lo scheletro verrà colorato in Alizarin red, dopodichè verrà effetuato il clearing in glicerina. I campioni così preparati verranno poi osservati al binoculare e fotografati, le principali deformità verranno descritte e la loro percentuale di incidenza verrà annotata.

Gli stessi protocolli di analisi saranno applicati anche a campioni allevati in tre sistemi RAS indipendenti, con un protocollo che prevedeva

inizialmente la somministrazione di rotiferi e microalghe, seguita poi da Artemia 100% (dose standard), Artemia 50% (metà della dose standard) e Artemia 0% (no Artemia) a seconda del trattamento, seguita quindi dalla somministrazione di mangime commerciale.

Per il monitoraggio e il controllo dell'esecuzione dell'attività vengono definiti i seguenti indicatori:

Indicatore 1: la costruzione di curve di crescita metiante rilievo dei principali parametri biomorfometrici delle larve e dei giovanili allevati a differenti densità.

Indicatore 2: stime della sopravvivenza attraverso l'utilizzo di programmi di analisi d'immagine e conta dei morti.

Indicatore 3: studio dei cambiamenti morfologici esterni tramite analisi d'immagine, a carico del sistema digestivo e del fegato tramite analisi istologiche e analisi delle deformità scheletriche negli individui allevati tramite metodica della doppia tinzione.

Indicatore 4: comparazione delle condizioni del sistema digestivo negli individui alimentati con i diversi protocolli, e confronto dei fegati dal punto di vista istologico.

Nome progetto

A2 - AQUOS - 2021

Settore tecnico-scientifico

ACQUACOLTURA

Descrizione breve

Studio degli effetti della variazione di salinità sulla vocazionalità dell'allevamento di ostrica concava *Crassostrea gigas* nelle lagune della Sardegna attraverso l'applicazione di modelli matematici.

Stato dell'arte e prospettive

Con l'obiettivo di aumentare la produzione di acquacoltura in Sardegna, la Fondazione IMC – Centro Marino Internazionale sta conducendo diversi progetti di ricerca al fine di valutare l'idoneità dei siti e l'allocazione delle aree più vocate. Nell'ambito di differenti progetti condotti dalla Fondazione IMC, la crescita potenziale delle ostriche è stata valutata sia con allevamenti su scala pilota, che attraverso l'applicazione di modelli matematici che permettono di stimarne il ciclo vitale.

Le aree che risultano più vocate per l'allevamento di questa specie sono le lagune e gli stagni costieri, tuttavia si tratta di zone che subiscono notevoli oscillazioni di salinità durante il corso dell'anno. Variazioni repentine di salinità sono ascrivibili principalmente ad eventi improvvisi ed intensi di precipitazioni, che determinano un ingresso decisamente marcato di acque dolci all'interno delle lagune. Inoltre, è da sottolineare come negli ultimi anni questi eventi di piogge intense siano sempre più frequenti, anche a causa dei cambiamenti climatici. In quest'ottica poter prevedere l'accrescimento delle ostriche, considerando insieme agli altri parametri ambientali anche la salinità, permetterebbe di applicare una metodologia più robusta di quella ad oggi implementata, per determinare la vocazionalità delle lagune ed effettuare una corretta selezione dei siti più idonei.

Nell'ambito di diversi progetti condotti dalla Fondazione IMC è stato possibile evidenziare come le variazioni di salinità determinino una variazione notevole sui tassi di accrescimento che i modelli di crescita

attualmente implementati (i.e. Dynamic Energy Budget model e ShellSIM) non sono in grado di riprodurre.

Nell'ambito dello sviluppo dell'acquacoltura nelle lagune della Sardegna e dell'espansione dell'attività di ostricoltura evidenziata negli ultimi anni, la possibilità di sviluppare un modello matematico di accrescimento che tenga in considerazione le oscillazioni di salinità, anche nell'ottica dei cambiamenti climatici, riveste un ruolo di primaria importanza. I dati raccolti dalla Fondazione IMC nell'ambito dei progetti precedenti e in corso permetteranno la calibrazione e validazione di questo nuovo modello.

Attività di ricerca proposte

In questo contesto si propone un'attività di sviluppo modellistico con il fine di valutare innanzitutto gli effetti della salinità sull'accrescimento dell'ostrica concava *C. gigas,* e quindi determinare la vocazionalità all'allevamento di questa specie per le lagune della Sardegna.

L'implementazione di modelli matematici sempre più accurati, che possano essere integrati all'interno delle analisi di vocazionalità all'ostricoltura, tenendo in considerazione lo sviluppo degli ultimi anni di questa attività nelle lagune della Sardegna, assume un'importanza cruciale. Questi aspetti diventano ancora più rilevanti nell'ottica di futuri investimenti e della pianificazione delle aree da destinare all'attività di acquacoltura, anche per poter mitigare e anticipare i potenziali effetti dei cambiamenti climatici.

L'obiettivo finale della ricerca è l'implementazione di un modello Dynamic Energy Budget (DEB) dell'ostrica concava, *C. gigas*, che, insieme a temperatura, clorofilla e materia organica e inorganica sospesa, tenga conto della salinità, per meglio definire la vocazionalità dell'ostricoltura nelle lagune.

OS1 implementare un modello DEB di *C. gigas*.

OS2 calibrare e validare il modello DEB con i dati raccolti in precedenza.

OS3 stimare la vocazionalità delle lagune sarde per l'allevamento di *C. gigas*.

Per il monitoraggio e il controllo dell'esecuzione del programma vengono definiti i seguenti indicatori

Indicatore 1.1 – Implementazione delle equazioni matematiche nel modello DEB esistente.

Indicatore 1.2 – Validazione del nuovo modello DEB.

Indicatore 1.3 – Partecipazione a congresso internazionale della Società Europea Acquacoltura (EAS).

Applicazioni

I risultati ottenuti da questo studio contribuiranno ad implementare le conoscenze sul potenziale sviluppo dell'ostricoltura in Sardegna, fornendo risultati più accurati per la selezione dei siti da destinare a questa attività, e al contempo permettendo di stimare gli effetti delle variazioni della salinità sull'accrescimento di *C. gigas*. Tenendo in considerazione lo sviluppo che questa attività ha fatto registrare negli ultimi anni in Sardegna, la possibilità di evidenziare e mitigare i possibili effetti di eventi di precipitazione estremi sull'allevamento di questa specie, risulta ancora più importante.

Nome progetto

A3 - URCHIN - 2021

Settore tecnico-scientifico

ACQUACOLTURA

Descrizione breve

Validazione di una metodologia non invasiva per il riconoscimento del sesso nel riccio di mare *Paracentrotus lividus*: verifica del dimorfismo sessuale.

Stato dell'arte e prospettive

Il riccio di mare *Paracentrotus lividus* è considerato una prelibatezza in varie parti d'Europa, tra cui anche l'Italia. Per far fronte ad una elevata richiesta di mercato delle gonadi di riccio di mare, negli ultimi anni si è assistito ad un costante aumento dello sforzo di pesca, che in alcuni

casi ha portato ad un progressivo impoverimento delle popolazioni naturali fino al collasso nei casi più estremi. Nonostante in Sardegna la pesca del riccio di mare sia regolamentata, limitazioni nel quantitativo di prelievo e nel periodo di pesca, i dati sui monitoraggi fanno registrare anche in questo caso un continuo impoverimento dello stock ittico.

Da diversi anni la Fondazione IMC – Centro Marino Internazionale studia soluzioni alternative alla pesca per soddisfare la richiesta di mercato della specie, riproduzione e allevamento (echinocoltura), valuta il possibile successo di azioni di ripopolamento attivo, stima periodicamente lo stato della risorsa in natura e valuta il reclutamento delle popolazioni.

Come la maggior parte degli echinodermi, anche *P. lividus* è una specie a sessi separati e senza un evidente dimorfismo sessuale, caratteristica svantaggiosa in contesti sperimentali ove potrebbe essere molto utile distinguere il sesso in vivo, senza biopsie o induzione al rilascio e al riconoscimento di gameti maschili o femminili. Quest'ultima metodologia, inoltre, è efficace solo durante la stagione riproduttiva.

Secondo quanto riportato in un poster presentato tempo fa nell'ambito di un vecchio workshop internazionale sullo stato e gestione della risorsa *P. lividus*, l'unico metodo non invasivo ed efficace per il riconoscimento del sesso dei ricci sembrerebbe essere legato alla forma e dimensione di papille genitali, ma tale metodologia non è mai stata confermata e descritta nella letteratura scientifica.

Attività di ricerca proposte

Nel contesto di tale scenario si propone un'attività sperimentale volta a testare la metodologia non invasiva per il riconoscimento del sesso del riccio di mare *P. lividus*, tramite l'analisi delle papille genitali.

La sperimentazione verrà effettuata su individui adulti di *P. lividus* pescati in due stagioni differenti, durante e fuori il loro naturale periodo riproduttivo. I ricci verranno analizzati per la verifica della presenza, forma e dimensioni delle papille genitali sui gonopori, e possibile

correlazione con un sesso piuttosto che l'altro. Il successo della metodologia verrà verificata attraverso la successiva osservazione diretta della presenza di gameti maschili o femminili.

I diametri delle papille genitali verranno misurati per valutare una possibile variabilità in funzione della taglia degli individui e della stagionalità, ipotizzando che la dimensione delle papille siano dipendenti dalla taglia ma non della stagione riproduttiva.

L'obiettivo finale della ricerca sarà la validazione di una metodologia non invasiva per il riconoscimento del sesso di individui adulti di riccio di mare e verificare il dimorfismo sessuale della specie.

Le attività permetteranno il raggiungimento dei seguenti obiettivi specifici:

OS1: validare la metodologia non invasiva per il riconoscimento del sesso nel riccio di mare *P. lividus*

OS2: verifica di una possibile correlazione tra la taglia degli individui e la presenza o meno delle papille genitali

OS3 verifica di una possibile correlazione tra la presenza delle papille genitali e la stagione riproduttiva

Per il monitoraggio e il controllo dell'esecuzione del programma vengono definiti i seguenti indicatori

Indicatore 1.1 – Caratterizzazione delle papille genitali del riccio di mare (presenza, forma e dimensioni) in relazione al sesso.

Indicatore 1.2 – Individuazione e caratterizzazione delle papille genitali del riccio di mare in relazione alla taglia.

Indicatore 1.3 – Individuazione e caratterizzazione delle papille genitali del riccio di mare in relazione alla stagione riproduttiva.

Applicazioni

La validazione della metodologia oggetto di studio avrebbe un notevole riscontro economico ed ecologico.

In acquacoltura è molto importante poter riconoscere il sesso degli individui in maniera speditiva e senza dover ricorrere ad analisi istologiche. Nel momento in cui si effettua la riproduzione bisogna

sapere quali individui appartengono al sesso maschile e forniscono gli spermatozoi, e quali appartengono al sesso femminile e forniscono le cellule uovo. Questo anche in considerazione della necessità di utilizzare più individui riproduttori appartenenti ai due sessi e garantire una certa variabilità genetica negli individui che verranno prodotti.

Relativamente all'ambiente naturale, poter stabilire la sex ratio delle popolazioni sarebbe molto importante per la valutazione della loro efficienza riproduttiva e del conseguente tasso di reclutamento naturale. Popolazioni con una sex ratio particolarmente sbilanciata, molti maschi e poche femmine o viceversa, avrebbero infatti una bassa efficienza riproduttiva. Tale squilibrio potrebbe essere controbilanciato attraverso l'introduzione di individui appartenenti al sesso in deficit e provenienti da altre popolazioni, oppure attraverso l'introduzione di individui prodotti in cattività.

2. *Approccio eco-sistemico alla gestione sostenibile delle risorse e degli ecosistemi costieri marini e lagunari e degli impatti delle attività antropiche*

La ricerca e il monitoraggio degli ecosistemi costieri marini e lagunari in relazione agli impatti delle attività antropiche, finalizzate al supporto della gestione degli ecosistemi costieri e delle risorse marine per garantire la futura sostenibilità;

Le attività di ricerca riguardano in particolare la valutazione dello stato ecologico di habitat di specie di interesse conservazionistico, le dinamiche di popolazione, la struttura delle reti trofiche delle comunità bentoniche e la distribuzione spaziale delle risorse e degli individui che competono per il loro utilizzo. Le ricerche sono inoltre volte a valutare gli impatti antropici sugli ecosistemi, siano essi positivi, dovuti alle politiche di conservazione, o negativi, dovuti allo sfruttamento delle risorse (pesca), all'impatto delle attività produttive (acquacoltura, turismo) e a fenomeni globali di origine antropica (cambiamenti climatici, acidificazione degli oceani).

I principali soggetti beneficiari e committenti sono l'Amministrazione regionale sarda (Ambiente, Pesca e agenzie collegate), il Ministero

dell'Ambiente, gli enti parco nazionali e regionali e le Aree Marine Protette, altre autorità di altre nazioni del bacino mediterraneo.

Programma di progetti previsti nell'anno 2021 finanziati con contributo ex art. 9 L.R. 20/2015 per lo sviluppo di attività di ricerca scientifica e sviluppo tecnologico, nel settore gestione sostenibile degli ecosistemi produttivi.

L'attività pluriennale di ricerca sulla tematica dell'ecologia focalizzata alla gestione delle risorse naturali, alla riduzione e mitigazione degli impatti delle attività produttive sugli ecosistemi marini e lagunari, a sostegno dello sviluppo di una bioeconomia sostenibile.

Nell'anno 2021 è previsto lo sviluppo dell'attività sperimentali riportata nella seguente scheda progettuale che descrive gli obiettivi specifici e gli indicatori di risultato.

Nome progetto

A4 - EQUILIBRIUM - 2021

Settore tecnico-scientifico

ECOSISTEMI

Descrizione breve

Ruolo di un impianto di allevamento delle specie *Crassostrea gigas* e *Ostrea edulis* nella rigenerazione e mobilitazione di nutrienti e deposizione di materiale biologico all'interfaccia acqua-sedimento in ambiente lagunare: dinamiche e pratiche di gestione

Stato dell'arte e prospettive

Con l'obiettivo di aumentare la produzione di acquacoltura in Sardegna, negli ultimi anni la Fondazione IMC – Centro Marino Internazionale porta avanti progetti di ricerca in collaborazione con le cooperative concessionarie delle lagune del territorio fornendo supporto scientifico e svolgendo attività di ricerca al fine di delineare importanti linee guida per lo sviluppo sostenibile di attività legate all'acquacoltura.

Nell'ambito del progetto "Ostrinnova - Valorizzazione della produzione sostenibile delle ostriche nel sistema produttivo della molluschicoltura in Sardegna" durante il triennio 2014-2017, e nella seconda fase dello stesso progetto, "Ostrinnova II - Potenziamento del sistema produttivo della molluschicoltura in Sardegna, nuovi siti produttivi nei compendi lagunari della Sardegna", l'IMC valuta la produzione potenziale (tasso di crescita e sopravvivenza) di ostriche in siti in cui tale attività non era mai stata provata prima, e trasferisce agli operatori locali le conoscenze e le competenze utili e necessarie per poter avviare una produzione di questo tipo.

I risultati ottenuti fino a oggi sono abbastanza positivi, e dalle informazioni raccolte è emersa la volontà di numerose cooperative di avviare e sviluppare l'allevamento dell'ostrica concava del Pacifico *Crassostrea gigas*, e dell'ostrica piatta nativa *Ostrea edulis* in vista di una possibile diversificazione produttiva della specie e la creazione di un prodotto di eccellenza in Sardegna.

Emerge inoltre una precisa volontà ad approfondire e conoscere le caratteristiche ambientali degli ambienti acquatici in cui le cooperative operano e dei possibili impatti che le stesse attività da essi svolte possono avere sull'ecosistema, ripercuotendosi sulla produttività finale delle stesse.

Le lagune sono ambienti di transizione che rivestono una notevole importanza ecologica, in grado di offrire innumerevoli servizi ecosistemici e caratterizzati da elevata biodiversità e che ospitano spesso specie animali e vegetali protette o in forte declino ad esempio la vongola verace autoctona *Ruditapes decussatus*, nelle lagune della Sardegna, ma oramai rarissima o del tutto estinta nel resto d'Italia

La corretta gestione delle lagune in concessione di pesca è necessaria al fine di permettere la co-esistenza di attività antropiche sostenibili, in grado di sfruttare l'elevata produttività di questi habitat senza però inficiare la biodiversità che li caratterizza promuovendo i sistemi di acquacoltura che forniscono anche benefici e servizi ambientali

Le ostriche sono organismi bentonici filtratori, in grado di filtrare notevoli volumi giornalieri di acqua. Attraverso questa strategia alimentare si procurano le sostanze nutritive necessarie per il loro sviluppo (microalghe e materiale particellato in sospensione) ma svolgono anche un importante servizio ecosistemico, inteso come la capacità di rimuovere indirettamente l'eccesso di nutrienti all'ambiente. I nutrienti inorganici disciolti nell'acqua, principalmente azoto e fosforo, vengono assimilati dalle microalghe durante il loro sviluppo, e a loro volta le microalghe rappresentano il principale alimento per le ostriche. In questo modo le ostriche sono potenzialmente in grado di ridurre l'impatto antropico dovuto al carico di nutrienti principalmente di origine agricola (fertilizzanti) apportati in laguna tramite gli immissari dulciacquicoli.

Inoltre, le strutture utilizzate per l'allevamento dei molluschi, siano essi filari per cozze, ceste per ostriche (Australiane, Ortac e poches) rimanendo in acqua per un lungo periodo, fungono da substrato idoneo alla colonizzazione di micro e macro organismi vegetali e animali, *biofouling*.

In maniera indiretta, quindi, la molluschicoltura contribuisce allo sviluppo di micro-ecosistemi all'interno ed attorno agli attrezzi usati per l'allevamento. Queste nuove comunità e le relazioni trofiche che queste sviluppano con l'ecosistema lagunare circostante sono raramente studiate.

Non tutto il materiale filtrato dalle ostriche viene convertito in biomassa durante la crescita, una parte di questo materiale viene espulso sotto forma di feci e pseudofeci e reimmesso in laguna. Ne consegue che le ostriche producono una quantità giornaliera di materiale biologico che tende ad accumularsi sul fondo.

Per questo motivo diventa molto importante prestare attenzione alla sostenibilità di un impianto di ostricoltura e valutare una possibile interazione tra l'attività di ostricoltura e gli ecosistemi naturali.

Attività di ricerca proposte

L'attività sperimentale proposta è volta a valutare il flusso di nutrienti all'interfaccia acqua-sedimento promosso dall'allevamento delle due specie di ostriche, *C. gigas* e *O. edulis* e la produzione di materiale biologico (feci e pseudofeci) in condizioni naturali, quindi negli stessi siti in cui vengono fatte le nuove prove di allevamento di ostrica.

Inoltre, verrà indagato il ruolo del biofouling che si sviluppa negli impianti in diverse condizioni di allevamento, valutandone il contributo al budget di nutrienti mobilitati nell'area di allevamento.

L'obiettivo finale della ricerca è la caratterizzazione dei flussi di ossigeno e nutrienti mobilitati a livello dell'interfaccia acqua-sedimento e la quantificazione del materiale biologico prodotto dalle due specie di ostriche e determinare la produzione complessiva di un impianto di allevamento a scala pilota.

Le attività permetteranno il raggiungimento dei seguenti obiettivi specifici:

OS1 calcolare i flussi di ossigeno e nutrienti all'interfaccia acqua-sedimento mobilitati da basse e alte densità di *C. gigas,* e di *O. edulis,* in differente condizione di allevamento

OS2 valutare la produzione di materiale biologico di individui singoli di *C. gigas* e *O. edulis* in condizioni naturali e in condizioni controllate di laboratorio.

OS3 calcolare la quantità di materiale biologico potenzialmente prodotto da un impianto di allevamento di *C. gigas* e *O. edulis* in laguna

Metodologia:

L'attività sperimentale verrà condotta sia sul campo che in laboratorio

I particolare per la valutazione del contributo al budget di nutrienti mobilitati verranno utilizzati microcosmi che riproducono le diverse condizioni che si verificano nell'ecosistema lagunare nei pressi dell'impianto pilota. In tale area verranno prelevate delle carote di sedimento con la stessa acqua lagunare (microcosmi), all'interno delle quali verranno simulate due differenti densità (alta/bassa) di ostriche e due differenti condizioni di pulizia degli attrezzi (puliti/non puliti).

L'acqua lagunare raccolta verrà caratterizzata in termini di composizione chimica e sarà utilizzata per l'incubazione dei microcosmi. Le carote di sedimento verranno incubate al buio e successivamente a condizioni di luce naturale. Ciò permetterà di simulare un ciclo circadiano dei processi che avvengono quotidianamente in laguna, permettendo di valutare il contributo dei processi eterotrofi ed autotrofi nella mobilitazione dei nutrienti.

In ciascuna carota di sedimento verrà effettuata una valutazione dei flussi mobilitati all'interfaccia acqua-sedimento di: ossigeno (O2); ione ammonio (NH4+); nitriti (NO2); nitrati (NO3-); silice reattiva (SiO2); fosfati (PO43-) e clorofilla-a (Chl-a).

Verranno infine prelevate carote di sedimento per la caratterizzazione dei sedimenti presenti in laguna in termini di densità, porosità, contenuto idrico, contenuto di materia organica e concentrazione di clorofilla-a e feopigmenti.

La produzione di materiale biologico (feci e pseudofeci) delle due specie di ostriche verrà valutata in condizioni naturali, quindi negli stessi siti in cui vengono fatte le nuove prove di allevamento di ostrica.

La stessa valutazione verrà fatta parallelamente in condizioni controllate di laboratorio, come trattamento di controllo con cui confrontare e comparare i risultati ottenuti dalle sperimentazioni fatte in natura. In condizioni di laboratorio le ostriche verranno mantenute all'interno di mesocosmi e alimentate con microalghe prodotte nei laboratori dell'IMC. Una dieta mista composta al 50% di due specie di microalghe, *Isochrysis galbana* e *Chaetoceros gracilis*, verrà somministrata giornalmente alle due specie di ostriche.

Per ogni trattamento, sia in natura che in laboratorio, verrà fatta una valutazione dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua (clorofilla a, materiale particolato totale, materia organica particolata, materia inorganica particolata, carbonio organico particolato, azoto organico particolato) prima dell'immissione degli animali. Per il solo trattamento di laboratorio, le stesse analisi verranno fatte alla fine dell'esperimento.

Per il monitoraggio e il controllo dell'esecuzione del programma vengono definiti i seguenti indicatori

Indicatore 1: Individuazione del contributo dell'allevamento di *C. gigas* e *O. edulis* e delle pratiche di gestione del biofouling al budget di ossigeno e nutrienti [m^{-2} $giorno^{-1}$] mobilitati nel comparto pelagico-bentonico in ecosistema lagunare.

Indicatore 2: Caratterizzazione dei sedimenti in termini di densità, porosità, contenuto idrico, di materia organica e concentrazione di clorofilla a e feopigmenti.

Indicatore 3: Individuazione della produzione giornaliera di materiale biologico di *C. gigas* e *O. edulis* in natura e in condizioni controllate di laboratorio.

Indicatore 4: Caratterizzazione della percentuale di materia organica e inorganica di cui sono composti i materiali biologici prodotti da *C. gigas* e *O. edulis* nelle diverse condizioni sperimentali (natura e laboratorio).

Applicazioni

I risultati ottenuti da questo studio contribuiranno a colmare il gap di conoscenze delle dinamiche relative al budget di ossigeno e alla mobilitazione di nutrienti all'interfaccia acqua-sedimento dovute all'interazioni dell'ostricoltura sul comparto pelagico-bentonico dell'ecosistema lagunare.

Sarà possibile valutare scelte di gestione adattativa dell'attività produttiva sostenendo i sistemi di acquacoltura che possono avere impatti positivi sull'ambiente naturale al fine di garantire il mantenimento della qualità dell'ambiente e dei servizi ecosistemici.

3. Attività di sviluppo

Le attività di sviluppo consistono in quell'insieme di attività svolte che, pur non rientrando propriamente nella ricerca, hanno comunque il compito di dare visibilità e supporto alla funzione di pubblica utilità dell'Ente.

Rientrano in questa categoria tutte le attività finalizzate alla diffusione e promozione dell'immagine, alla divulgazione delle sue attività, alla disseminazione dei risultati ottenuti ed alla di sensibilizzazione sui temi oggetto di ricerca scientifica. Viene seguita inoltre l'attività di formazione anche on the job di giovani laureati con attivazione di tirocini formativi e stages, inclusa l'organizzazione di eventi quali scuole scientifiche, seminari, convegni e workshop.

A tali attività si affiancano quelle finalizzate a promuovere una sempre maggiore internazionalizzazione dell'Ente e lo sviluppo delle Risorse Umane.

Programma di attività previste nell'anno 2021 finanziate con contributo ex art. 9 L.R. 20/2015

A5 - COMUNICAZIONE, TRASFERIMENTO E DIFFUSIONE

Gli obiettivi del piano di attività sono (I) divulgare i contenuti e i risultati delle attività di ricerca dello IMC presso gli stakeholders interessati alle politiche di sviluppo; (II) promuovere la conoscenza e la cultura della ricerca presso le nuove generazioni e i responsabili della loro formazione; (III) sensibilizzare i cittadini e i decision makers sulle tematiche della ricerca come motore dello sviluppo sostenibile, con riferimento alle attività promosse dallo IMC attraverso la promozione delle attività del Parco Scientifico Tecnologico della Sardegna e il ruolo dello IMC come polo dello stesso Parco; (IV) informare le aziende sulle opportunità scaturenti dalle attività di ricerca.

I cambiamenti intervenuti a causa dell'emergenza sanitaria SARS-CoV-2 impongono un ripensamento complessivo sui anche nei metodi da impiegare per le attività di comunicazione e diffusione: le attività in

presenza saranno limitate a target selezionati e di piccole dimensioni come per esempio nel caso delle scientific school. Si prediligerà invece la partecipazione o l'organizzazione a eventi in modalità remota quali webinar e seminari tematici indirizzati a gruppi di stakeholders selezionati.

Per la realizzazione di tali attività la Fondazione IMC si doterà dei necessari supporti hardware e software per impiegare al meglio le tecnologie attualmente disponibili per videoconferenze e condivisione di dati on line.

E' prevista la prosecuzione delle attività di divulgazione on line attraverso il sito web e i social network. Con riferimento al sito web è prevista una revisione complessa che interesserà la struttura, la grafica e i contenuti, con l'obiettivo di allineare la comunicazione con le esigenze di aggiornamento e informazione in merito all'evoluzione delle attività dell'Ente.

A6 - SVILUPPO R.U. E INTERNAZIONALIZZAZIONE

Come ogni anno, la Fondazione prevede uno stanziamento per lo sviluppo delle Risorse Umane attraverso programmi di interscambio con altri centri di ricerca nazionali ed esteri, frequenza di eventi per l'aggiornamento professionale, partecipazione a convegni, seminari e webinar, pubblicazione di articoli scientifici su riviste open access.

Nell'anno 2021 è previsto l'attivazione di un dottorato di ricerca di un dottorato di ricerca sul tema della gestione sostenibile delle risorse naturali e adattamento ai cambiamenti climatici in convenzione con l'Università di Parma. È in oltre in corso un Dottorato industriale in Scienze Veterinari per dipendenti di imprese impegnate in attività di elevata qualificazione in convenzione con l'Alma Mater Studiorum - Università di Bologna

4. ***Quadro riepilogativo delle attività e budget del finanziamento ex art. 9 L.R. 20/2015 – annualità 2021***

Attività

Progetti di ricerca e altre attività	Tipologia
GESTIONE	ATTIVITA' DI SUPPORTO
A1 - QUALITA' DELLE LARVE DI CEFALO LEGATA ALLE CONDIZIONI DI ALLEVAMENTO	ATTIVITA' DI RICERCA
A2 - AQUOS	ATTIVITA' DI RICERCA
A3 - URCHIN	ATTIVITA' DI RICERCA
A4 - EQUILIBRIUM	ATTIVITA' DI RICERCA
A5 - COMUNICAZIONE, TRASFERIMENTO E DIFFUSIONE	ATTIVITA' DI SVILUPPO
A6 - SVILUPPO R.U. E INTERNAZIONALIZZAZIONE	ATTIVITA' DI SVILUPPO

Budget sintetico

Voci	Importi
Personale	180.000
Attrezzature	0
Acquisto di beni e servizi	60.000
Altre spese	10.000
Totale	250.000

Budget di dettaglio

Voci	Supporto	Ricerca	Sviluppo	Totali
Personale	23.000	142.000	15.000	**180.000**
Attrezzature	-	-	-	**-**
Consumabili e attrezzature varie e minute	-	23.000	-	**23.000**
Servizi esterni	-	4.000	13.000	**17.000**
Convegni, corsi, pubblicazioni	-	-	20.000	**20.000**
Viaggi e missioni	-	2.000	8.000	**10.000**
Totale				**250.000**