

C. FACCA, F. CAVRARO, S. REDOLFI BRISTOL, P. FRANZOI

Dipartimento di Scienze Ambientali, Informatica e Statistica (DAIS), Università Ca' Foscari di Venezia, via  
Torino, 155 – 30172 Venezia Mestre, Italia  
s.redolfibristol@unive.it

## DISTRIBUZIONE SPAZIO-TEMPORALE DELL'ITTIOPLANCTON LUNGO UN GRADIENTE MARE-LAGUNA

### SPATIO-TEMPORAL DISTRIBUTION OF ICHTHYOPLANKTON ALONG A SEA-LAGOON GRADIENT

**Abstract** – The study examined sea-lagoon connectivity in the Venice lagoon, analyzing the distribution of eggs and larvae of fish fauna between 2015 and 2020. Egg densities were higher in the sea, while larvae were more evenly distributed between the sea and the lagoon. Marine migratory species were found to be effective indicators of the correct functioning of sea-lagoon connectivity and of the nursery role played by lagoons for numerous species.

**Key-words:** lagoons, fish, ichthyoplankton, migratory species.

**Introduzione** – Un aspetto cruciale per la funzionalità degli ecosistemi acquatici di transizione è rappresentato dalla connettività con il mare e dal flusso di organismi che migrano dal mare alla laguna e viceversa (Vasconcelos *et al.*, 2015). A questo riguardo, una componente estremamente significativa è rappresentata dalle specie ittiche appartenenti alla guild ecologico-funzionale dei migratori marini (MM) (Elliott *et al.*, 2007) che, durante le prime fasi di vita, utilizzano le lagune come aree di *nursery* (Sheaves *et al.*, 2015). Interventi infrastrutturali che alterano o modificano gli scambi tra mare e laguna possono compromettere la migrazione tra questi ecosistemi e quindi la funzionalità di *nursery* delle aree lagunari. L'importanza della connettività mare-laguna e il ruolo svolto come aree di *nursery* dagli ambienti di transizione sono stati analizzati, in questo lavoro, attraverso lo studio delle variazioni spazio-temporali della fauna ittica allo stadio di uova e larva.

**Materiali e metodi** – Le attività di campionamento sono state svolte dal 2015 al 2020 durante le stagioni invernali e primaverili e sono state condotte lungo transetti mare-gronda lagunare in tutti e tre i principali sottobacini della laguna di Venezia, influenzati rispettivamente dalle bocche di porto di Lido (laguna nord), di Malamocco (laguna centrale) e di Chioggia (laguna sud) (Fig. 1). Le stazioni sono state successivamente raggruppate (per posizione) in stazioni di mare e stazioni di laguna (Fig. 1). Le attività hanno previsto la raccolta di campioni di ittioplancton tramite l'utilizzo di retini di tipo *bongo net*, con vuoto di maglia rispettivamente di 350  $\mu\text{m}$  e 500  $\mu\text{m}$ ; ognuno dei due retini era lungo 2,5 m e aveva una bocca di 60 cm di diametro. Nello specifico, per ciascun transetto, sono state campionate sei stazioni, tre collocate nell'area marina all'esterno delle dighe foranee e tre nei canali lagunari direttamente influenzati dall'acqua in entrata dalla bocca di porto. Le modalità di campionamento sono state standardizzate per garantire confronti nello spazio e nel tempo. Le uova e le larve di teleostei sono state successivamente identificate almeno al livello di Famiglia. Le abbondanze registrate durante ogni campagna di campionamento, in ciascuna stazione e per ciascun *taxon*, sono state standardizzate per unità di volume esplorato dallo strumento (individui/100  $\text{m}^3$ ). I dati di densità di ittioplancton, totale e dei soli migratori marini, sono stati analizzati separatamente per le uova e per le larve, per evidenziare differenze spaziali (tra sottobacini e tra posizione mare-laguna) e temporali (tra anni di campionamento e tra stagioni campionate). Il test ANOVA a una via è stato utilizzato per verificare la varianza sui valori totali di densità di uova e larve. Il test ANOVA multifattoriale è stato utilizzato

per testare i fattori anno, stagione, sottobacino e posizione (mare/laguna). Il test PERMANOVA è stato utilizzato per analizzare le differenze nella composizione in specie del popolamento allo stadio di uovo e larva. Sono state considerate significative le differenze per  $p < 0,05$ . L'elaborazione statistica dei dati è stata fatta usando il software Primer 7 Versione 7.0.21 con pacchetto Permanova+1.

**Risultati** - Durante i campionamenti sono state rinvenuti complessivamente 24 taxa, 18 dei quali in fase di uovo e 18 in fase di larva; 12 taxa sono stati catturati sia in fase di uovo sia di larva (Fig. 1).

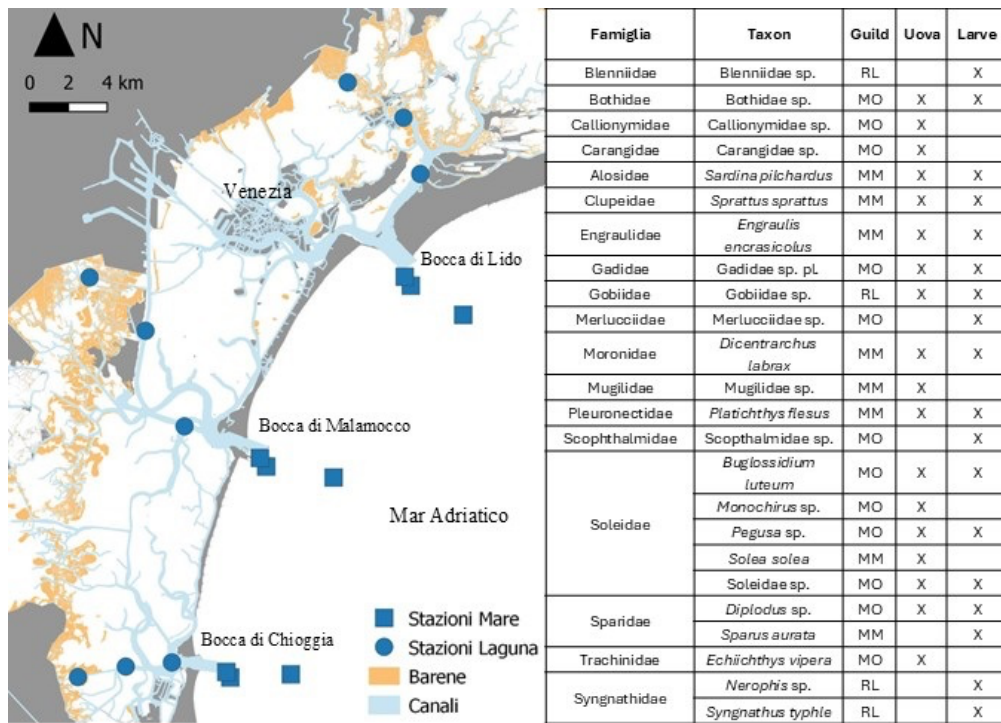


Fig. 1 - Sinistra: Localizzazione delle stazioni di campionamento. Destra: elenco dei taxa rinvenuti nei campioni allo stadio di uovo o larva e relativa classificazione in Guild ecologico-funzionali. RL: Residente Lagunare; MO: Marino Occasionale; MM: Migratore Marino.

Left: Location of sampling stations. Right: list of taxa found in samples at the egg or larval stage and relative classification in ecological-functional Guilds. RL: Lagoon Resident; MO: Marine Occasional; MM: Marine Migrant.

Le densità totali di uova sono aumentate dal 2015 al 2020 con medie annuali da 3 a 181 individui/100 m<sup>3</sup>. Differenze significative di densità (ANOVA  $p < 0,05$ ) sono state osservate tra stagioni, sottobacini, anni (Fig. 2) e posizioni (in mare 88 individui/100 m<sup>3</sup> mentre in laguna 31 individui/100 m<sup>3</sup>; Fig. 3). La composizione in taxa allo stadio di uovo ha mostrato differenze significative tra annualità, stagioni e posizioni (PERMANOVA  $p < 0,05$ ), mentre non sono risultate significative le differenze tra sottobacini. Le uova più abbondanti e frequenti sono state quelle di *Sprattus sprattus* (Linnaeus, 1758) e *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) in inverno e di Bothidae, *Buglossidium luteum* (Risso, 1810) e *S. pilchardus* in primavera. Le densità totali di larve sono variate nel periodo di studio con medie annuali da 0,4 individui/100 m<sup>3</sup>, registrate nel 2015 a 28 individui/100 m<sup>3</sup>, registrate nel 2017. Relativamente alle larve, differenze significative (ANOVA  $p < 0,05$ ), sono state osservate tra stagioni ed anni (Fig. 2), sia in termini di densità che di composizione in taxa (PERMANOVA  $p < 0,05$ ), mentre non sono risultate significative le differenze tra posizione e sottobacini. In primavera sono risultate molto abbondanti le larve di Gobiidae, mentre in inverno sono risultati abbondanti *S. sprattus*, *S. pilchardus*, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758), *Platichthys flesus* (Linnaeus, 1758) e *Solea solea* (Linnaeus 1758).

Sono state osservate densità di uova significativamente più elevate in mare rispetto alle stazioni lagunari, sia considerando tutta la comunità che la sola componente migratrice (Fig. 3). Le larve non hanno mostrato, invece, differenze significative tra mare e laguna, anche se valori leggermente superiori sono stati osservati in laguna considerando la comunità totale, per il contributo della presenza di larve appartenenti alla Famiglia Gobiidae (Fig. 3). Le maggiori densità di larve di migratori marini, rappresentate da *S. pilchardus* e *S. sprattus*, sono state osservate in inverno. Gli ingressi di queste specie in laguna risultano concentrati tra fine inverno ed inizio primavera, e maggiori lungo i transetti nord e sud, verso le aree in cui prevalgono habitat di barena maggiormente strutturati.

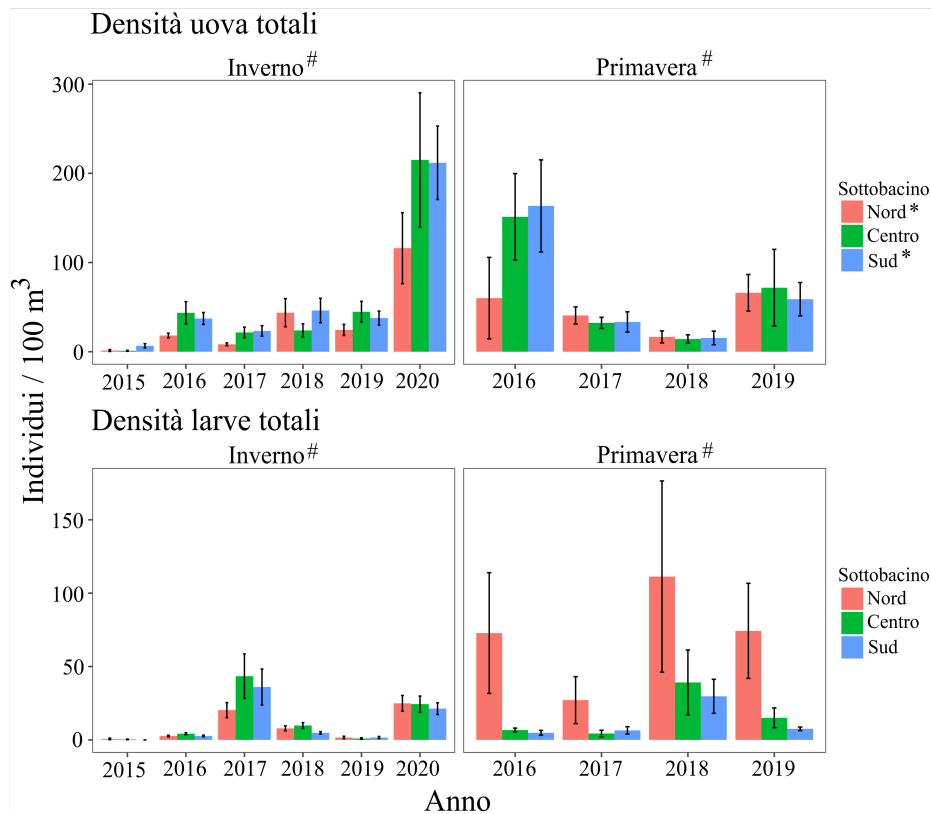


Fig. 2 - Densità (individui/100 m<sup>3</sup> ± Errore Standard) totali di uova (sopra) e larve (sotto) rinvenute, suddivise per stagione, anno e sottobacino. # = differenze tra Stagioni,  $p < 0.05$ ; \* = differenze tra Sottobacino nord e sud,  $p < 0.05$ . Le differenze tra Anni non sono state riportate nel grafico. *Density (individuals/100 m<sup>3</sup> ± Standard Error) of total eggs (above) and larvae (below) found, divided by season, year and sub-basin. # = differences between Seasons,  $p < 0.05$ ; \* = differences between North and South Sub-basin,  $p < 0.05$ . Differences between Years have not been reported in the graph.*

**Conclusioni** – I risultati dello studio suggeriscono una articolata e complessa connettività mare-laguna. Oltre ai risultati sui valori di densità, le informazioni più significative per interpretare la funzionalità dei due ecosistemi sono state ricavate grazie all'identificazione della composizione tassonomica che ha evidenziato l'ingresso in laguna di specie marine. La riproduzione in mare della maggior parte delle specie determina più alte densità di uova al di fuori delle bocche di porto (anche perché molti residenti lagunari hanno uova bentoniche non catturate con i metodi qui descritti), mentre le larve (planctoniche per tutte le specie) risultano più omogeneamente distribuite lungo i transetti. Sono state osservate significative variazioni interannuali, non facilmente giustificabili sulla base dei dati raccolti; i dati di temperatura e salinità registrati contestualmente ai campionamenti non indicano infatti evidenti variazioni tra gli anni. Viceversa, è risultata evidente la maggior densità lungo il transetto nord, che

si distingue dagli altri per la presenza di una maggior superficie di barene naturali che, quindi, funzionano da nursery. Nel complesso i risultati hanno evidenziato che i MM sono presenti in laguna a differenti stadi di sviluppo. La distribuzione di questa componente biotica sembra quindi rappresentare un adeguato indicatore biologico della connettività mare-laguna (Chiappa-Carrara *et al.*, 2003), che potrebbe essere influenzato da interventi di modifica dei flussi mare-laguna.

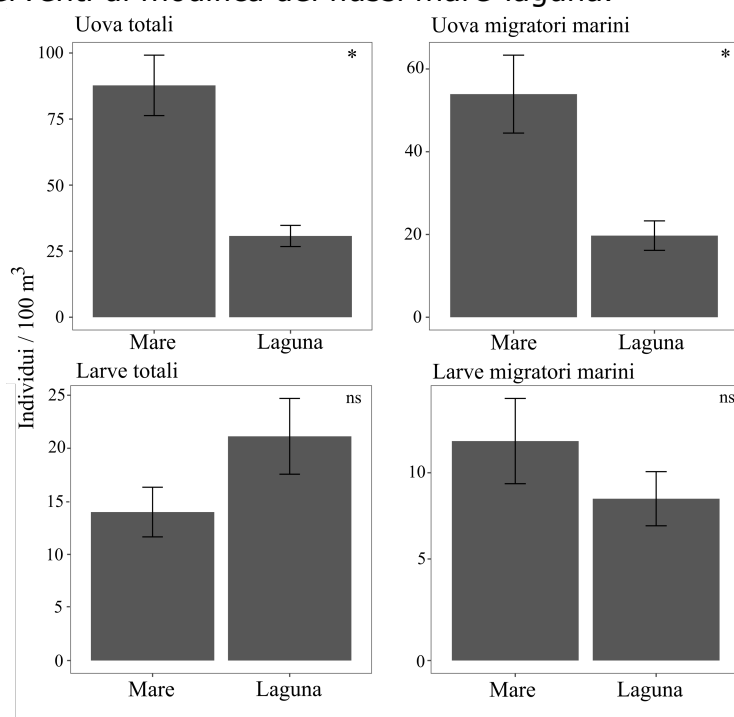


Fig. 3 - Densità (individui/100 m<sup>3</sup> ± Errore Standard) di uova (sopra) e larve (sotto), totali (sinistra) e di soli migratori marini (destra) rinvenute, suddivise per posizione mare/laguna. \* =  $p < 0.05$ ; ns = nessuna differenza significativa.

Density (individuals/100 m<sup>3</sup> ± Standard Error) of eggs (above) and larvae (below), total individuals (left) and only marine migrants (right), divided by sea/lagoon position. \* =  $p < 0.05$ ; ns = no significant difference.

**Acknowledgments** - Attività scientifica effettuata nel Programma di ricerca Venezia2021, coordinato da CORILA, con il contributo del Provveditorato Interregionale Opere Pubbliche per il Veneto, Trentino-Alto Adige e Friuli-Venezia Giulia.

### Bibliografia

- CHIAPPA-CARRARA X., SANVICENTE-AÑORVE L., MONREAL-GÓMEZ A., SALAS DE LEÓN D. (2003) - Ichthyoplankton distribution as an indicator of hydrodynamic conditions of a lagoon system in the mexican caribbean. *J. Plankton Res.*, **25** (7): 687-696.
- ELLIOTT M. WHITFIELD A.K., POTTER I.C., BLABER S.J.M., CYRUS D.P., NORDLIE F.G., HARRISON T.D. (2007) - The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. *Fish Fish.*, **8**: 241-268.
- SHEAVES M., BAKER R., NAGELKERKEN I., CONNOLLY R.M. (2015) - True value of estuarine and coastal nurseries for fish: incorporating complexity and dynamics. *Estuar. Coast.*, **38**: 401-414.
- VASCONCELOS R.P., HENRIQUES S., FRANÇA S., PASQUAUD S., CARDOSO I., LABORDE M., CABRAL H.N. (2015) - True Global patterns and predictors of fish species richness in estuaries. *J. Anim. Ecol.*, **84**: 1331-1341.