

IL MARE E LA SUA OSSERVAZIONE: UNA SFIDA PER LA RICERCA ITALIANA

Raffaella Casotti

Riassunto

Gli osservatori marini interdisciplinari che integrino la biologia, la fisica e la biogeochimica sono essenziali per meglio comprendere le minacce alla biodiversità globale e ai servizi ecosistemici rappresentate dagli impatti antropici. Essi sono uno strumento indispensabile per fornire agli scienziati e agli utilizzatori finali il supporto e la conoscenza necessarie a quantificare il cambiamento globale e il suo impatto sull'uso sostenibile dei mari e delle coste.

Parole chiave: *Monitoraggio marino, Servizi ecosistemici, Marine Strategy Framework Directive, Osservatori aumentati.*

L'ambiente marino è sempre stato una fonte di ricchezza e di ispirazione per il genere umano, fornendo quelli che oggi si definiscono "servizi ecosistemici" essenziali alla società, e che potrebbero essere descritti sinteticamente come cibo, trasporto e svago. Questi includono attività essenziali per l'uomo quali trasferimenti di merci e persone, attività ricreative, turismo, protezione da effetti di tempeste, protezione da allagamenti, habitat di riproduzione, controllo dell'erosione e stabilizzazione della costa, regolazione del clima e sequestro di anidride carbonica (Benedetti-Cecchi, 2018).

Il 40% della popolazione mondiale vive entro i 100 km dalla costa e gode di questi servizi ecosistemici. È essenziale dunque, conservarli e preservarli in modo che essi siano disponibili alle generazioni future, sulla base del principio dell'uso sostenibile.

La salute del mare è oggi minacciata a livello globale da un abbassamento della produttività, cambi di funzionamento (regime shifts), collasso di intere popolazioni, mortalità di massa, riduzione di resilienza e recupero e conseguenze della perdita di biodiversità. Queste minacce hanno un effetto negativo sul funzionamento ecosistemico e relativi servizi, e sono la risposta all'accumulo di impatti concomitanti che includono, tra gli altri, il riscaldamento atmosferico, un'eccessiva pressione di pesca e l'acidificazione. Altri fenomeni, non meno importanti, avvengono alla scala regionale o locale, e comprendono, ad esempio, riduzione delle calotte polari, fioriture di specie dannose (Harmful Algal Blooms), eutrofizzazione costiera, cambiamenti estetici della costa a causa di erosione o costruzioni. Solo però quando questi fenomeni causano eventi estremi quali, ad esempio, accumuli di meduse, mucillagini, sbiancamento di coralli, essi

sono percepiti come un problema, e viene chiesto un intervento. Purtroppo, però, la conoscenza dello stato e delle modalità di evoluzione degli ecosistemi marini è ancora molto limitata e di conseguenza gli interventi sono spesso poco efficaci.

La ricerca scientifica è chiamata, oggi più che mai, a fornire parere esperto e a indicare possibili direzioni per un uso sostenibile della risorsa mare e per l'ottimizzazione del suo sfruttamento. Questo non può prescindere dall'aumento della conoscenza dei meccanismi di funzionamento e di evoluzione degli ecosistemi, raggiungibili con la sperimentazione e con l'osservazione, a breve e a lungo termine. Nè può prescindere da una visione integrata del mare con gli aspetti economici, sociali e culturali.

Diverse iniziative, sia nazionali che internazionali, si pongono come obiettivo quello di includere il mare, la sua gestione, le sue risorse ed il loro sfruttamento, in una visione integrata ed interdisciplinare (Elliott et al. 2018).

A livello europeo, la Direttiva 2008/56/EC (Marine Strategy Framework Directive, MSFD) e la 2014/89/EU (Maritime Spatial Planning Directive, MSPD) sono gli strumenti legislativi principali per guidare una corretta gestione della qualità marina. La MSFD mira a raggiungere o mantenere un Good Environmental Status (GES) e acque marine pulite, in buona salute e produttive, e che siano in grado di fornire beni, servizi e benessere. La MSPD nasce dalla crescente esigenza di reperire spazi marittimi per la produzione di energia, i trasporti, le esplorazioni, la pesca, l'acquacoltura, il turismo e mira ad assicurare che le attività umane si svolgano in una maniera sicura e sostenibile, e ambisce a coordinare tutti gli attori in maniera coordinata e soprattutto informata. L'implementazione



Fig. 1. Boa elastica (meda) situata nel Golfo di Napoli. Questa struttura misura diverse variabili ambientali in modalità semi-continua, automatica e da remoto (www.szn.it).

delle direttive europee compete alle singole nazioni che devono svolgere un programma di monitoraggio comprensivo che fornisca dati di idrografia, biogeochimica, biodiversità e anche attività umane. Per migliorarne l'efficacia, questi programmi di monitoraggio devono poi essere armonizzati a scala regionale, e integrati da infrastrutture operative e di ricerca comuni, ad esempio per regioni transfrontaliere.

Un altro aspetto che merita attenzione è quello della "Blue Growth". In Italia il Ministero dell'Università e della Ricerca ha promosso la nascita e lo sviluppo del Cluster Tecnologico Nazionale "BIG" (Blue Italian Growth) che è una rete formata da soggetti pubblici e privati che operano sul territorio nazionale nella ricerca industriale, nella formazione e nel trasferimento tecnologico legata all'economia del mare e che si propone di essere efficacemente rappresentativa di questo settore strategico per l'Italia e di rappresentare un punto di incontro con le Amministrazioni regionali e nazionali (www.clusterbig.it). Armonizzare queste azioni con la conservazione ed il miglioramento imposto dalla MSFD è ovviamente una sfida non indifferente che richiede una visione sia a breve che a lungo termine.

Il raggiungimento di questi obiettivi non può prescindere dall'analisi dei cambiamenti ecosistemici a lungo termine associati con l'analisi degli effetti cumulativi delle attività proposte e delle pressioni che esse esercitano.

L'osservazione degli ecosistemi marini e della biodiversità sono oggi cruciali per comprendere i cambiamenti ecosistemici e gli impatti delle pressioni umane e naturali sugli ecosistemi marini. Nonostante siano molti gli osservatori di variabili fisiche e biogeochimiche, in realtà l'osservazione biologica risente ancora di difficoltà tecniche e concettuali che devono essere risolte. Il mare è lontano, pericoloso e profondo e questi tre aggettivi si riflettono nelle limitazioni e le lacune che ancora sussistono e limitano l'osservazione marina. Aumentare la capacità di osservazione rafforza l'impatto sulla conservazione della biodiversità e permette il raggiungimento degli obiettivi dello sviluppo sostenibile. Decisioni informate circa le priorità e gli interventi necessari devono essere guidate dalla comprensione dei cambiamenti naturali e degli impatti che le attività umane comportano. E quindi è necessario avere sistemi osservativi che assicurino la conoscenza necessaria a supportare la gestione al fine



Fig. 2. Citometro a flusso immersibile che conta e misura proprietà ottiche del fitoplancton. Questo strumento funziona in continuo su boa, a bordo di navi e in laboratorio (www.cytobuoy.com).

di raggiungere e mantenere ecosistemi marini in buona salute e permettere l'uso sostenibile delle risorse e dei servizi da essi forniti (Muniz et al).

Le osservazioni biologiche marine possono essere definite come “dato raccolto in maniera sistematica e regolare di organismi marini viventi” (Benedetti-Cecchi et al. 2018). Gli oceani e i mari sono sistemi complessi e cambiamenti della biodiversità marina avvengono localmente, regionalmente e globalmente a diverse scale temporali. Servono osservazioni frequenti per poter descrivere cambi nello stato di un sistema, sia per gli aspetti economici legati al suo uso, sia per gli impatti derivanti dalle attività antropiche di cui soffre e che ne riducono la capacità di produrre e mantenere risorse essenziali, quali, ad esempio materiali grezzi, materiale genetico, animali e piante selvatiche, acqua.

L'International Long Term Ecological Research (ILTER) Network, nella sua declinazione marina e costiera (Coastal and Marine Stations, CMS), è un network globale di siti in cui si misurano diverse variabili biotiche e abiotiche e al tempo stesso si producono

strumenti per armonizzare e paragonare misure e metodi, allo scopo di fornire dati integrati e armonizzati a livello mondiale. Alcuni di questi siti sono attivi dal secolo scorso e rappresentano dunque un capitale enorme di dati storici da utilizzare per interpretare i trends attuali (Muelbert et al. 2019).

Esempi di osservatori costieri nazionali includono, tra gli altri, il Ocean Observing System (IOOS) negli USA, l'Integrated Marine Observing System (IMOS) australiano e l'European Observing System (EOOS), l'Ocean Network Canada (ONC) e l'European Multi-disciplinary Seafloor and water column Observatory (EMSO), alcuni dei quali utilizzano sensori fissi (moorings) insieme a quelli mobili (navi). Pochi di questi includono variabili biologiche, e pertanto il concetto di Osservatori Aumentati sta prendendo largamente piede ed è stato anche ribadito con un impegno formale da parte dei governi appartenenti al G7 nel documento sul *Futuro dei Mari e degli Oceani* (<http://publications.gc.ca/site/eng/9.859433/publication.html>).

Osservatori fissi sono presenti, ad esempio, nel Golfo di Napoli, operato dalla Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli, quello di Trieste, operato dall'Istituto Nazionale Osservatorio Geofisico Sperimentale, e quello del Nord Adriatico, operata dal CNR.

L'elevata complessità fisica e biologica del mare richiede una stretta integrazione tra gli strumenti di acquisizione delle informazioni e l'analisi dei dati, con un'attenzione particolare verso approcci innovativi quali quelli derivanti dall'analisi genomica,



Fig. 3. Boa galleggiante ancorata nel Golfo di Napoli.

proteomiche e metabolomiche, la microscopia ad alta risoluzione e la citometria a flusso soprattutto ad alta frequenza spaziale e temporale. La sfida è produrre strumenti per armonizzare le misure in maniera che siano paragonabili tra di loro a tutti i siti e a tutte le scale, da quella globale a quella locale, secondo una visione comune e coordinata (She, J. et al. 2019).

Un esempio di osservatorio aumentato è il Naples Ecological Research for Augmented observatories, un osservatorio integrato caratterizzato da due moduli, NEREA-mob e NEREA-fix (Fanelli et al. 2019). L'iniziativa di Nerea poggia le basi sull'esperienza della Long Term Ecological Research Station MareChiaara, campionata nel Golfo di Napoli da più di 30 anni (Zingone et al. 2019), e che continua a fornire dati indispensabili per la comprensione del plancton e della sua variabilità nel tempo, soprattutto nel contesto dei cambiamenti climatici cui stiamo assistendo.

NEREA-mob aumenta ed integra le osservazioni della stazione LTER-MC utilizzando un approccio "end-to-end" dai batteri ai pesci, accoppiando tecniche tradizionali con altre innovative, quali citometria e imaging a flusso ad alta frequenza, metagenomica, metatrascrittomica e metabolomica. NEREA-fix consiste invece di un ormeggio in corrispondenza del canyon Dohrn, al largo di Capri su una profondità di 600 m, e consisterà di una piattaforma ancorata sul fondo e una catena con diversi sensori lungo tutta la colonna d'acqua per parametri fisici, chimici e biologici, incluse telecamere subacquee. NEREA aspira a



Fig. 4. Piattaforma Oceanografica "Acqua Alta" del CNR, situata nel Mare Adriatico Settentrionale. Misura diversi parametri oceanografici consultabili in tempo reale <http://www.ismar.cnr.it/infrastrutture/piattaforma-acqua-alta>.

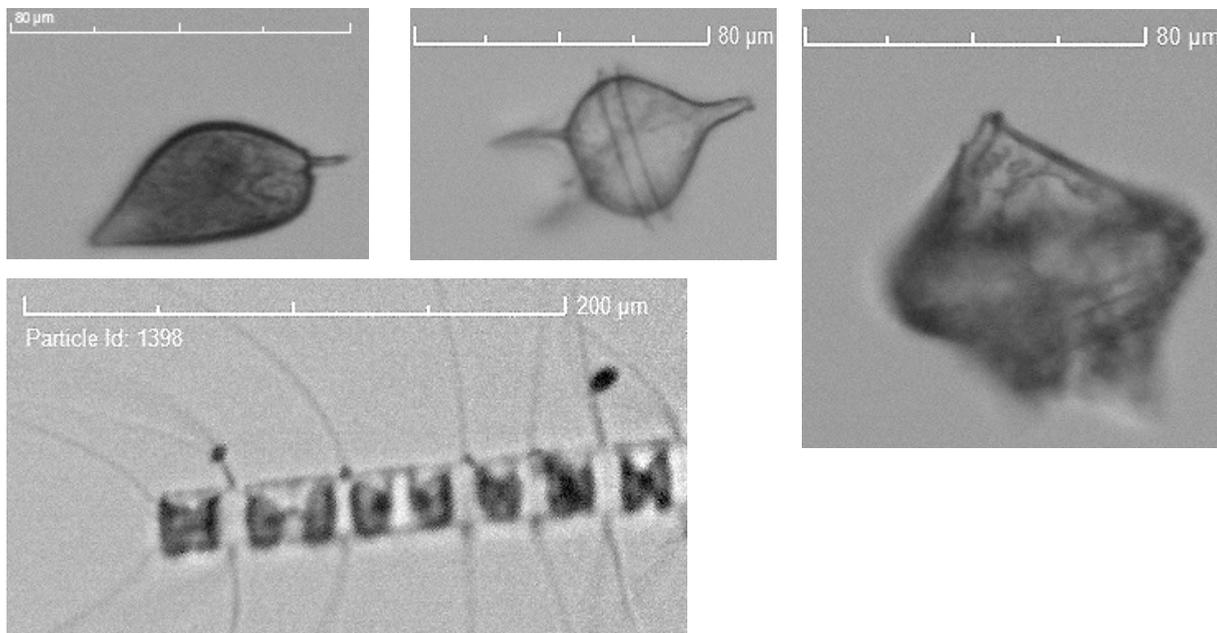


Fig. 5. Foto di alghe unicellulari marine (fitoplancton), scattate dal citometro a flusso sottomarino CytoSub ancorato nel Golfo di Napoli.

diventare un primo passo verso una rete italiana di osservatori aumentati, che usi un approccio end-to-end multidisciplinare, che serva da base per la valutazione della salute dei mari e quindi la nostra. Ma la sfida include anche la gestione e l'analisi di una mole di dati senza precedenti che richiede approcci computazionali avanzati e algoritmi di intelligenza artificiale, in maniera da estendere una visione già sperimentata per la ricerca sul plancton.

Gli osservatori aumentati rappresentano una sfida per la ricerca italiana ma anche per tutto il sistema paese. Questa sfida richiede sicuramente maggiori investimenti ma soprattutto un cambio di regime in direzione integrata, coinvolgendo tutti gli attori, con gli scienziati in prima fila che implementino osservazioni socialmente rilevanti, e sappiano trasmettere la conoscenza e la consapevolezza dell'importanza del mare alla società in generale, anche attraverso iniziative di sensibilizzazione e di *citizen science*.

Riferimenti bibliografici

- Benedetti-Cecchi L. et al. (2018). *Strengthening Europe's Capability in Biological Ocean Observations*.
- Elliott M. et al. (2018). *Using best expert judgement to harmonize marine environmental status assessment and maritime spatial planning*, Marine Pollution Bulletin, 133, 367-377.
- Fanelli E. et al. (2019). *Nerea, the Naples Ecological Research for Augmented observatories: Towards an end-to-end trans disciplinary approach for the study of marine ecosystems*, IMEKO

- TC-19 International Workshop on Metrology for the Sea, (2019). Muelbert J. et al. (2019). ILTER - The international Long-Term Ecological Research network as a platform for global coastal and ocean observation, *Frontiers in Marine Science*, 6 (527) DOI: 10.3389/fmars.2019.00527.
- Muniz Pinella A., Kellett P., Larkin K., Heymans J.J. (Eds). *Future Science Brief 3 of the European Marine Board*, Ostend Belgium. 76 pp. ISBN 9789492043559 ISSN: 2593-5232. She J. et al. (2019). "An Integrated Approach to Coastal and Biological Observations", *Frontiers in Marine Science* 6 (314).
- Zingone A. et al. (2019). *Time series and beyond: multifaceted plankton research at a marine Mediterranean LTER site*, *Nature Conservation* 34:273-310 <https://natureconservation.pensoft.net/issue/1387/>.

RAFFAELLA CASOTTI

Primo Ricercatore della Stazione Zoologica Anton Dohrn di Napoli, è laureata in Scienze Naturali e Dottore di Ricerca in Scienze Ambientali (Ambiente Marino e Risorse). È stata Visiting Investigator presso il Woods Hole Oceanographic Institution (USA) e la Station Biologique di Roscoff (Francia). Si occupa di ecologia microbica marina, ed in particolare delle interazioni biotiche tra microbi (soprattutto diatomee e batteri) e di quelle tra microbi (alghe e batteri) e l'ambiente circostante. Esperta in citometria a flusso, cura anche le applicazioni innovative di questa tecnologia al monitoraggio dell'ambiente marino, sperimentando e validando prototipi o applicazioni innovative in campo ambientale. Membro di diverse società scientifiche, è anche valutatore di progetti per diverse agenzie internazionali di ricerca. È autrice di 53 pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali.

Contatti:

Dipartimento di Ecologia Marina Integrata.
e-mail: raffaella.casotti@szn.it