



# TENERE D'OCCHIO GLI OCEANI DELLA TERRA CON I ROBOT ARGO

Blair J. Greenan<sup>1\*</sup>, Annie P. Wong<sup>2</sup>, Tammy Morris<sup>3</sup>, Emily A. Smith<sup>4</sup> and Marine Bollard<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Bedford Institute of Oceanography, Fisheries and Oceans Canada, Halifax, NS, Canada

<sup>2</sup>School of Oceanography, University of Washington, Seattle, WA, United States

<sup>3</sup>South African Weather Service, Cape Town, South Africa

<sup>4</sup>National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Washington, DC, United States

<sup>5</sup>Euro-Argo European Research Infrastructure Consortium (ERIC), Brest, France

Ti sei mai chiesto come fanno gli scienziati a sapere cosa sta succedendo nelle profondità dell'oceano? Esistono diversi tipi di robot che possono scendere sotto la superficie del mare e riportare informazioni sullo stato dell'acqua. Un tipo di robot, chiamato Argo float, si sposta in profondità seguendo le correnti e riemerge in superficie una volta ogni 10 giorni, per comunicare agli scienziati le informazioni che ha raccolto. Attualmente, ci sono circa 4.000 robot Argo che tengono d'occhio l'oceano ogni giorno. Questi robot misurano la temperatura e la salinità dell'oceano, e alcuni possono anche monitorare parametri chimici e biologici più complessi. I robot Argo sono uno strumento che aiuta gli scienziati a capire come funziona l'oceano e come influisce non solo sulla vita marina ma anche su tutta la Terra.

## PERCHÉ GLI SCIENZIATI VOGLIONO TENERE D'OCCHIO GLI OCEANI DELLA TERRA?

L'oceano è molto importante per il benessere umano perché ci fornisce cibo, medicinali, trasporti e svago. L'oceano è anche la casa di molte specie marine (oceaniche) che rendono la Terra ospitale per gli esseri umani. Ad esempio, il **plancton** microscopico presente nell'oceano ha prodotto più del 50% dell'ossigeno che respiriamo. L'oceano occupa più del 70% della superficie terrestre e svolge un ruolo importante per il pianeta.

### PLANCTON

Piante, alghe e alcuni batteri in grado di fotosintetizzare che non possono nuotare e che quindi si sono trasportati dalle correnti.

## CLIMA

La descrizione dell'andamento meteorologico a lungo termine in una particolare area. Questo viene generalmente stimato come una media dei dati raccolti (ad esempio, la temperatura) nell'arco di almeno due decenni.

## GAS SERRA

Gas che trattengono il calore nell'atmosfera, tra cui anidride carbonica, metano, protossido di azoto e gas fluorurati.

Per tutti questi motivi, gli scienziati sanno da molti anni che è fondamentale osservare l'oceano, per comprenderlo meglio e prevedere i cambiamenti che potrebbero verificarsi.

Anche gli scienziati che studiano l'atmosfera sono interessati alle osservazioni dell'oceano perché i fenomeni meteorologici che viviamo ogni giorno sono influenzati dall'oceano. Ad esempio, hai mai visto l'acqua evaporare da una strada calda? La stessa cosa accade nell'oceano, quando le temperature calde della superficie del mare causano evaporazione, che trasferisce acqua dall'oceano all'atmosfera. Una volta nell'atmosfera, l'acqua aiuta a formare nuvole, neve e pioggia. Pertanto, un miglior monitoraggio delle condizioni oceaniche si traduce in previsioni meteorologiche migliori.

Alcuni scienziati sono specializzati nello studio del **clima** della Terra. Le regioni con un «clima tropicale» ricevono molta luce solare ogni anno. Questa scalda la superficie del mare e produce nuvole e pioggia, quindi il clima in queste regioni è tipicamente caldo e umido. Ma il clima può cambiare nel tempo. Alcune attività umane, come guidare auto o riscaldare le nostre case, possono aggiungere **gas serra** nell'atmosfera. I gas serra agiscono come una coperta, intrappolando il calore e riscaldando la superficie terrestre. Le osservazioni oceaniche sono importanti per capire come i gas serra contribuiscono al cambiamento climatico perché l'oceano può assorbire anidride carbonica e calore dall'atmosfera terrestre e spostarli attraverso le correnti oceaniche.

## ROBOT ARGO: AVVENTURIERI OCEANICI!

Per studiare l'oceano, gli scienziati devono raccogliere dati per molti anni. Un modo importante per ottenere queste informazioni è salire sulle navi per effettuare misure (*Vedi anche questo articolo di Frontiers for Young Minds*). Ma ci sono luoghi difficili da raggiungere per le navi, come l'Artico e l'Antartide. Inoltre, durante l'inverno i mari sono agitati e ciò rende difficile per le navi operare. Per raccogliere misure sugli oceani in tutte le stagioni, gli scienziati hanno inventato i robot Argo (*Figura 1*).

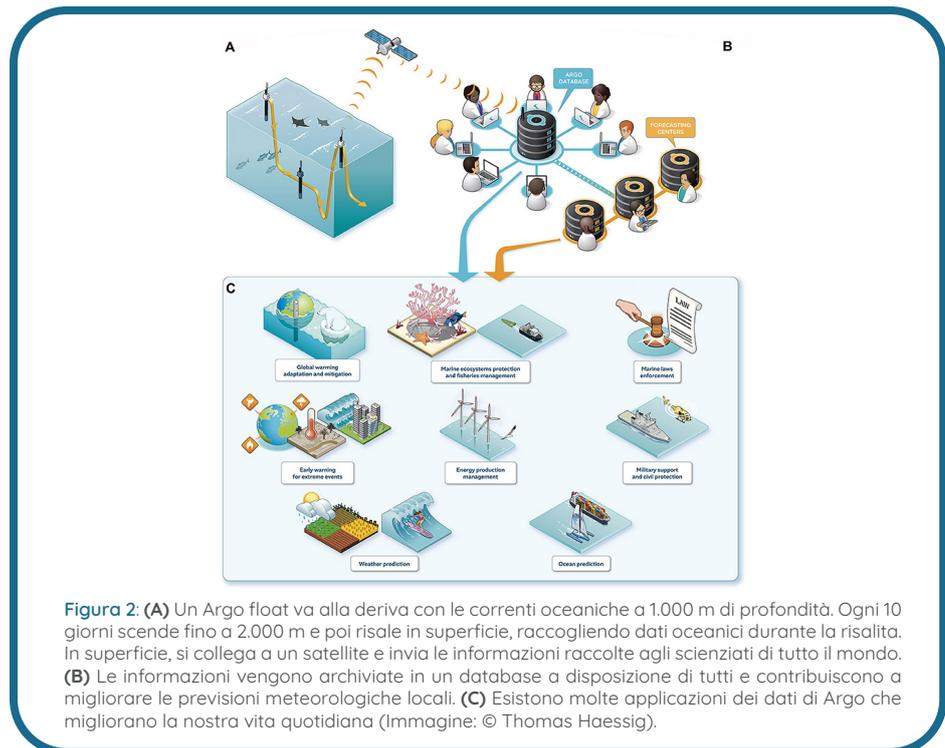


**Figura 1:** (A) Disegno che mostra i componenti principali di un robot Argo (credito immagine: © Thomas Haessig). (B) Un gruppo di studenti delle scuole superiori con un robot Argo. Questi studenti partecipano al programma Adopt-a-float in Canada.

## SENSORI

Dispositivi che rilevano e rispondono a qualche tipo di input proveniente dall'ambiente fisico.

Questi robot Argo sono chiamati «float» e montano **sensori** per raccogliere dati sull'oceano. Anche se li chiamiamo «float» (termine che significa “galleggiante”), in realtà salgono e scendono nell'oceano. Gli scienziati mettono i robot Argo in mare dalle navi. Una volta nell'oceano, si inabissano fino a 1000 metri e si muovono liberamente con le correnti oceaniche a quella profondità per 9 giorni. Il decimo giorno, scendono a 2000 metri e poi risalgono in superficie, raccogliendo misure dell'oceano durante la risalita. Quando raggiungono la superficie, inviano i dati raccolti e la loro posizione agli scienziati tramite satelliti, consentendo così agli scienziati di creare un database di informazioni su questa parte dell'oceano. Dopo di che, tornano a scendere a 1.000 metri e iniziano nuovamente il ciclo (Figura 2A). Gli scienziati utilizzano programmi informatici per controllare la qualità delle misure e trasferire le informazioni in un database (Figura 2B). Le misure sono disponibili gratuitamente per tutti entro 24 ore dall'emersione dei robot (Figura 2C).



**Figura 2:** (A) Un Argo float va alla deriva con le correnti oceaniche a 1.000 m di profondità. Ogni 10 giorni scende fino a 2.000 m e poi risale in superficie, raccogliendo dati oceanici durante la risalita. In superficie, si collega a un satellite e invia le informazioni raccolte agli scienziati di tutto il mondo. (B) Le informazioni vengono archiviate in un database a disposizione di tutti e contribuiscono a migliorare le previsioni meteorologiche locali. (C) Esistono molte applicazioni dei dati di Argo che migliorano la nostra vita quotidiana (Immagine: © Thomas Haessig).

## SALINITÀ

Una misura della concentrazione di sale nell'oceano che indica quanto salata è l'acqua di mare.

## DENSITÀ

La quantità di materia contenuta in una sostanza (massa) divisa per lo spazio occupato dalla sostanza (volume).

I robot Argo misurano pressione, temperatura e **salinità**. La salinità è una misura della concentrazione di sale nell'oceano. Insieme, salinità e temperatura determinano la **densità** dell'acqua di mare. La pressione indica agli scienziati la profondità alla quale vengono effettuate le misurazioni della temperatura e della salinità. Nell'oceano, un metro (m) di profondità equivale all'incirca a un decibar (dbar) di pressione. Nell'atmosfera, l'alta e la bassa pressione creano i nostri sistemi meteorologici. Nell'oceano, le aree ad alta e bassa densità creano correnti che spostano grandi quantità di acqua in tutto il mondo. Comprendere come si muove l'acqua dell'oceano è importante per la ricerca sul clima, nonché per proteggere le piante e gli animali che vivono nell'oceano.

Quando alla fine degli anni '90 gli scienziati progettarono per la prima volta la rete di robot Argo, volevano che i dati Argo integrassero le misure dell'altezza della superficie del mare raccolte da un satellite chiamato Jason (in italiano “Giasone”). Nella mitologia greca, Giasone navigava su una nave chiamata Argo, alla ricerca del vello d'oro. Pertanto, gli oceanografi chiamarono questi robot «Argo float». I dati sull'altezza della superficie del mare provenienti dai satelliti possono essere combinati con i dati Argo per aiutare gli scienziati a capire i cambiamenti delle correnti oceaniche. I robot Argo vagano per l'oceano da 20 anni e hanno raccolto oltre 2 milioni di misure in tutto il mondo<sup>1</sup>. Oggi ci sono quasi 4.000 robot Argo che raccolgono misurazioni oceaniche.

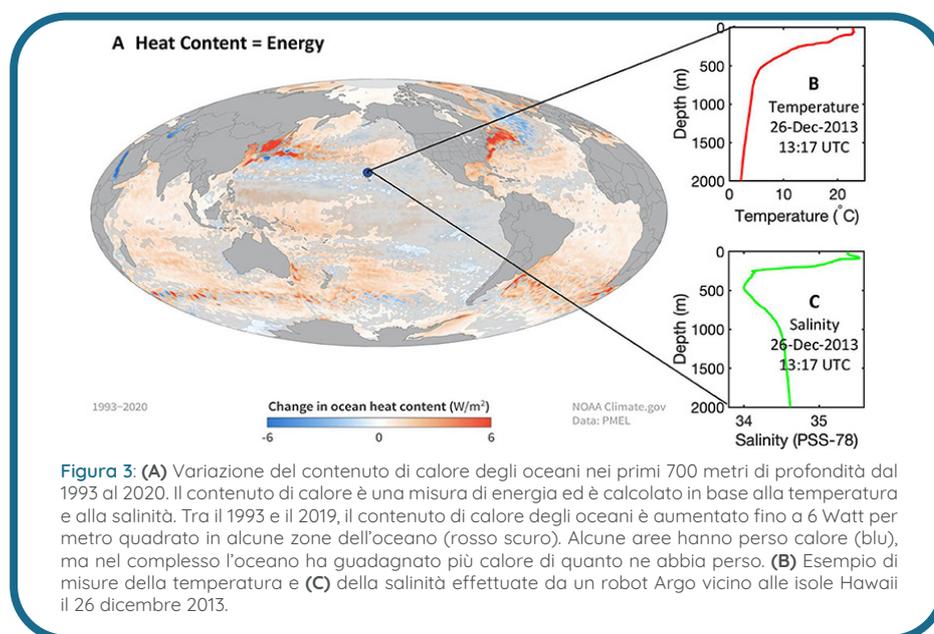
I robot Argo sono alimentati da batterie e lavorano senza sosta tutti i giorni dell'anno. Grazie a questi robot, gli scienziati possono monitorare gli oceani della Terra come mai prima d'ora. Le batterie nei robot Argo di solito durano più di cinque anni. Quando le batterie si esauriscono, questi robot diventano inattivi e affondano. Sebbene possa sembrare che stiano inquinando l'oceano, l'impatto ambientale sull'oceano è estremamente ridotto rispetto ad altri inquinanti, e i dati oceanici raccolti sono estremamente preziosi per comprendere il sistema Terra.

## COSA POSSONO RACCONTARCI I ROBOT ARGO SULL'OCEANO?

Dal 1970, l'oceano ha assorbito più del 90% del calore creato dai gas serra derivanti dalle attività umane. Le temperature in molte aree degli oceani del mondo sono aumentate. Un modo con cui gli scienziati monitorano questo fenomeno è utilizzando misure di temperatura e salinità per calcolare quanto calore è stato aggiunto a uno strato dell'oceano, chiamato **contenuto di calore oceanico** (Figura 3). Utilizzando i dati raccolti dai robot Argo, gli scienziati hanno scoperto che, proprio come nell'atmosfera, eventi estremi come le ondate di calore si stanno verificando più spesso anche nell'oceano. Queste ondate di calore marine fanno sì che gli animali marini si spostino verso altre aree per trovare acque più fresche. Purtroppo, le piante e gli animali che non possono muoversi soffriranno a causa di queste ondate di calore marine.

### CONTENUTO DI CALORE OCEANICO

La quantità di energia sotto forma di calore immagazzinata dagli oceani.



**Figura 3:** (A) Variazione del contenuto di calore degli oceani nei primi 700 metri di profondità dal 1993 al 2020. Il contenuto di calore è una misura di energia ed è calcolato in base alla temperatura e alla salinità. Tra il 1993 e il 2019, il contenuto di calore degli oceani è aumentato fino a 6 Watt per metro quadrato in alcune zone dell'oceano (rosso scuro). Alcune aree hanno perso calore (blu), ma nel complesso l'oceano ha guadagnato più calore di quanto ne abbia perso. (B) Esempio di misure della temperatura e (C) della salinità effettuate da un robot Argo vicino alle isole Hawaii il 26 dicembre 2013.

L'innalzamento globale del livello del mare è un'altra grande conseguenza del cambiamento climatico. Man mano che l'acqua negli oceani si riscalda, si espande, il che è una delle principali cause dell'innalzamento del livello del mare. Un innalzamento del livello del mare può avere impatti drammatici nella nostra vita quotidiana perché può causare inondazioni, erosione e rendere l'acqua dolce non potabile a causa della contaminazione con l'acqua salata del mare (*per ulteriori informazioni sull'innalzamento del livello del mare, consultare questo articolo di Frontiers for Young Minds*). I robot Argo sono uno strumento chiave per monitorare l'innalzamento globale del livello del mare, perché tengono d'occhio come stanno cambiando gli oceani della Terra.

Il monitoraggio dell'oceano ha anche portato a miglioramenti nelle previsioni meteorologiche. Utilizzando i dati di temperatura e salinità inviati dai robot Argo, gli scienziati hanno aggiunto **modelli informatici** dell'oceano ai loro calcoli sulle previsioni meteorologiche. Avere dati oceanici reali in questi modelli migliora la comprensione degli scienziati su come l'atmosfera e l'oceano interagiscono tra loro. Questo è molto importante per prevedere tempeste intense come uragani, cicloni e tifoni, che traggono gran parte della loro forza dalle superfici oceaniche calde.

### MODELLO INFORMATICO

Un software che viene eseguito da un computer per simulare un sistema reale, come l'atmosfera o gli oceani della Terra.

## ANCORA PIÙ IN PROFONDITÀ E VERSO NUOVE DIREZIONI

In passato, i robot Argo erano limitati ai primi 2.000 metri dell'oceano, che rappresentano <50% del volume oceanico globale. È molto complicato progettare robot che possano arrivare fino sul fondo dell'oceano, ma recentemente gli scienziati e gli ingegneri sono riusciti a realizzare alcuni robot in grado di scendere fino a 6.000 metri<sup>2</sup>. Campionare l'oceano dalla superficie fino al fondo consentirà agli scienziati di comprendere meglio i cambiamenti nel calore e nel contenuto di sale fornendo così migliori informazioni sull'innalzamento globale del livello del mare.

Siamo ora all'alba di una nuova era in cui i robot Argo possono effettuare misure legate alla chimica e alla biologia oceanica<sup>3</sup>. Ciò fornirà informazioni, ad esempio, sulle variazioni delle quantità di ossigeno e anidride carbonica nell'oceano. L'oceano globale sta attualmente perdendo ossigeno e assorbendo anidride carbonica dall'atmosfera terrestre. Questi cambiamenti stanno avendo impatti sugli ecosistemi marini, compresa la pesca che alimenta molti di noi.

I robot Argo sono uno degli strumenti nel kit di lavoro di un oceanografo. Fanno parte di un sistema globale di osservazioni oceaniche chiamato Global Ocean Observing System (GOOS). Insieme ad altri partner del GOOS, i progressi nei robot Argo ci aiuteranno a costruire un quadro globale della salute degli oceani e di come essa stia cambiando nel tempo. Anche tu puoi unirti a questi osservatori dell'oceano. Come? Adottando un float. Puoi scegliere un robot Argo, dargli un nome e seguire il suo viaggio intorno al mondo. Puoi anche saperne di più su Argo presso la Argo Online School e presso gli Ocean Observers. Un'avventura oceanica ti aspetta!

## RIFERIMENTI

1. Wong, A. P. S., Wijffels, S. E., Riser, S. C., Pouliquen, S., Hosoda, S., Roemmich, D. et al. 2020. Argo data 1999–2019: two million temperature-salinity profiles and subsurface velocity observations from a global array of profiling floats. *Front. Mar. Sci.* 7:700. doi: 10.3389/fmars.2020.00700
2. Roemmich, D., Alford, M. H., Claustre, H., Johnson, K., King, B., Moum, J. et al. 2019. On the future of argo: a global, full-depth, multi-disciplinary array. *Front. Mar. Sci.* 6:439. doi: 10.3389/fmars.2019.00439
3. Bittig, H. C., Maurer, T. L., Plant, J. N., Schmechtig, C., Wong, A. P. S., Claustre, H., et al. 2019: A BGC-argo guide: planning, deployment, data handling and usage. *Front. Mar. Sci.* 6:502. doi: 10.3389/fmars.2019.00502

**INVIATO:** 13 maggio 2022

**ACCETTATO:** 21 settembre 2023

**PUBBLICATO ONLINE:** 06 ottobre 2023

**REDATTORE:** Pedro Morais, Florida International University, United States

**MENTORI SCIENTIFICI:** Laura Lorenzoni and Sagi Dalyot

**CONFLITTO DI INTERESSI:** Gli autori dichiarano che la ricerca è stata condotta in assenza di rapporti commerciali o finanziari che possano essere interpretati come potenziale conflitto di interessi.

## GIOVANI REVISORI

### DENIZE, ETÀ: 12

Ciao, mi chiamo Deniz e mi piace guardare le stelle e giocare ai videogiochi con gli amici. Il mio preferito cluster di stelle è Messier 45 e la mia costellazione preferita è la Cintura di Orione. Il mio videogioco preferito è Call of Duty 2.

### LEO, ETÀ: 12

Leo è nato in Florida e gli piace andare al mare; gli piace particolarmente lo snorkeling. Gli piace la storia e la mitologia, soprattutto se sott'acqua. Suona il violoncello, ha due cani e nel tempo libero si diverte a giocare ai videogiochi.





### OMER, ETÀ: 14

Mi interessa la politica internazionale e mi piace leggere di politica, filosofia e storia. Mi piace giocare ai videogiochi sul mio Nintendo Switch e sul PC ed adoro ascoltare musica e giocare a giochi di ruolo come D&D e Warhammer 40K.

## AUTORI

### BLAIR J. GREENAN

Blair Greenan è un ricercatore presso il Bedford Institute of Oceanography con sede a Halifax, Nuova Scozia, Canada. Gestisce il contributo canadese al programma internazionale Argo. La sua ricerca si concentra sull'aiutare le comunità costiere ad adattarsi ai cambiamenti climatici oceanici. Ciò include affrontare le questioni infrastrutturali fornendo strumenti scientifici con informazioni sui cambiamenti locali del livello del mare derivanti dai cambiamenti climatici.

### ANNIE P. WONG

Annie è una ricercatrice presso l'Università di Washington a Seattle, WA, Stati Uniti. È un'oceanoografa che ha iniziato raccogliendo dati sull'oceano dalle navi. Ora utilizza i dati Argo per studiare la salinità dell'oceano ed è interessata agli oceani attorno all'Antartide. Fa parte dell'Argo Data Management Team che aiuta a distribuire i dati Argo al pubblico.

### TAMMY MORRIS

Tammy Morris è una scienziata senior della Marine Unit del Servizio meteorologico sudafricano con sede a Città del Capo, in Sud Africa. È un'oceanoografa osservatrice che ha trascorso molti mesi in mare su navi da ricerca lavorando con strumenti di osservazione dell'oceano come gli Argo float, "drifter" (boe galleggianti) e "mooring" (strumenti ancorati sul fondo). La sua ricerca si è concentrata sul grande sistema della Corrente Agulhas e, più recentemente, sulle interazioni con l'Oceano Australe.

### EMILY A. SMITH

Emily è il manager di numerosi programmi tra cui il programma statunitense Argo, il Global Sea Level Observing System (GLOSS), i "glider" nelle correnti lungo i margini continentali e i prodotti sul contenuto di calore dell'oceano. Emily è responsabile della gestione dei budget e della pianificazione strategica per i sistemi di osservazione. Coordina anche il programma Adopt a Drifter, che facilita la collaborazione con le scuole negli Stati Uniti e all'estero, in modo che possano monitorare le boe galleggianti e utilizzare i dati in tempo reale nelle loro classi. Prima di arrivare alla NOAA, Emily ha trascorso diversi anni insegnando agli studenti delle scuole medie e questo programma la aiuta a rimanere in contatto con il mondo dell'istruzione.

### MARINE BOLLARD

Marine è responsabile delle attività di sensibilizzazione del Consorzio Europeo per le Infrastrutture di Ricerca Euro-Argo (ERIC). ERIC si dedica allo sviluppo di un contributo europeo a lungo termine al sistema di monitoraggio globale degli oceani Argo, con l'obiettivo di supportare una migliore comprensione e previsione dell'oceano, del suo ruolo nel sistema climatico e della salute dell'oceano. Ha conseguito due master in ingegneria idrogeologica e giornalismo scientifico. Prima di approdare a Euro-Argo, Marine ha trascorso diversi anni pubblicando libri e articoli di divulgazione scientifica per scopi didattici e per il pubblico.



**CITAZIONE** : Greenan BJ, Wong AP, Morris T, Smith EA and Ballard M (2023) Keeping an Eye on Earth's Oceans With Argo Robots Front. Young Minds 11:943491. doi: 10.3389/frym.2023.943491

**TRADUZIONE** : Riccardo Martellucci, Laura Feudale, Anna Teruzzi, Giulio Natarstefano, Antonella Gallo, Giorgio Dall'Olmo  
**COPYRIGHT** © 2023 Greenan, Wong, Morris, Smith and Ballard. Questo è un articolo ad accesso gratuito distribuito secondo i termini della Creative Commons Attribution License (CC BY). L'uso, la distribuzione o la riproduzione in altri forum è consentito, a condizione che l'autore(i) originale(i) o il detentore(i) del copyright siano citati e che la pubblicazione originale in questa rivista sia citata, in conformità con la pratica accademica accettata. non è consentito alcun utilizzo, distribuzione o riproduzione che non rispetti questi termini.