



**CNR
ISMAR**
ISTITUTO
DI SCIENZE
MARINE

Consiglio Nazionale delle Ricerche
ISMAR - Istituto di Scienze Marine
Sede Secondaria di Bologna
Via P. Gobetti, 101 – 40129 Bologna, Italy
Tel +39 051 6398891 Fax +39 051 6398939
C.F. 80054330586 - P. IVA 02118311006
segreteria@bo.ismar.cnr.it - protocollo.ismar@pec.cnr.it
www.ismar.cnr.it



**Viaggio di un naturalista intorno al mondo.
Il contributo di Darwin sulla conoscenza delle isole oceaniche**



Dr. Camilla Palmiotto
**Consiglio Nazionale delle Ricerche –
Istituto di Scienze Marine**
camilla.palmiotto@bo.ismar.cnr.it

Lezione divulgativa svolta nell'ambito dell'evento "Notte dei Ricercatori 2021" e del progetto Linguaggio della Ricerca (LdR) "2021/2022"

La lezione divulgativa si è svolta in presenza il 9 novembre 2021, presso il Liceo Scientifico Giordano Bruno (sede di Medicina, BO), e il 1 dicembre 2021, presso l'Istituto Comprensivo di secondo grado di Monterenzio (BO). L'evento dell'11 febbraio si è svolto in modalità remota con una classe del Liceo Artistico "Chierici" di Reggio Emilia.

Venezia

Tesa 104 - Arsenale,
Castello 2737/F
30122 - Venezia, IT
+39 041 2407911
protocollo.ismar@pec.cnr.it
www.ismar.cnr.it

Bologna

Area della Ricerca
di Bologna –
Via P. Gobetti 101
40129 - Bologna, IT
+39 051 639 8891

Lerici

Forte Santa Teresa,
Pozzuolo di Lerici
19032 - La Spezia, IT
+39 0187 1788900

Napoli

Calata Porta Di Massa
Porto Di Napoli 80
80133 - Napoli, IT
+39 081 5423802

Roma

Area della Ricerca
di Roma 2 - Tor Vergata
Via del Fosso del Cavaliere 100
00133 - Roma, IT
+39 06 45488634

Trieste

Area Science Park
Basovizza - Edificio Q2
Strada Statale 14, km 163.5
34149 - Trieste, IT
+39 040 3756872

1. Introduzione

La lezione divulgativa ha avuto come tema il contributo che Charles Darwin ha dato alla conoscenza delle isole oceaniche. Dal momento che la lezione era diretta a ragazzi di varie età, sono state preparate due diverse presentazioni, una per i ragazzi della scuola secondaria di primo grado, l'altra per quelle delle scuole secondarie di secondo grado. La metodologia principalmente utilizzata è stata la lettura di alcuni passi di due opere letterarie di Darwin: "Autobiografia" e "Viaggio di un Naturalista attorno al mondo". In particolare, mi sono soffermata su alcune osservazioni che gettaranno le basi, già nella seconda metà del XIX secolo, ad alcune delle più famose teorie nelle geoscienze e nella biologia evolutiva.

2. "Autobiografia"

Entrambe le presentazioni iniziano con una descrizione che Darwin ci dà di sé stesso nel suo libro "Autobiografia", prima del suo celebre viaggio a bordo della "nave di Sua Maestà, Beagle". Questa parte della presentazione, anche se non strettamente scientifica, è stata da me fortemente voluta per mostrare come Darwin stesso si sia "evoluto" negli anni: *"Quando ebbi trascorso due sessioni ad Edimburgo, mio padre capì... che non gradivo l'idea di diventare medico, e pensò di farmi pastore evangelico... Questa intenzione e il desiderio di mio padre non furono mai revocati formalmente, ma morirono di morte naturale quando lasciai Cambridge per imbarcarmi sul Beagle come naturalista"*. Darwin racconta come durante il suo periodo universitario si sia avvicinato, quasi casualmente, alla geologia, una delle materie che egli amerà di più nella sua vita: *"Poiché ero arrivato a Cambridge a Natale dovetti frequentare altri due trimestri... fu allora che Henslow - professore di botanica a Cambridge dal 1827 al 1861 - mi convinse a intraprendere lo studio della geologia"*; e come, ancora casualmente, egli abbia avuto l'immensa fortuna di partecipare alla spedizione sul Beagle: *"Ritornato a casa dalla mia breve escursione geologica nel Galles del Nord, trovai una lettera di Henslow, il quale mi diceva che il capitano Fitz-Roy era disposto a dividere la sua cabina con un giovane che desiderasse seguire come naturalista, senza percepire stipendio, il viaggio del Beagle... Mi limiterò a dire che ebbi subito un gran desiderio di accettare l'offerta, ma mio padre vi si oppose energicamente"*. Fu solo grazie a Josiah Wedgwood, zio materno di Darwin, se egli poté accettare l'invito: *"Mio zio pensava che sarebbe stato un bene per me accettare l'offerta, e mio padre, che lo aveva sempre considerato un uomo molto saggio, diede subito il suo*

SEDE ISTITUTO

Arsenale – Tesa 104
Castello 2737/F
30122 VENEZIA
Tel +39 041 2407297
Fax +39 041 2407290
segreteria@ismar.cnr.it

Pozzuolo di Lerici
Forte Santa Teresa
19032 SP

Tel +39 0187 978300
Fax +39 0187 970585
segreteria@sp.ismar.cnr.it

Napoli
Calata Porta di Massa,
80133 NA

Tel +39 081 5423846
Fax +39 081 5423887
segreteria@na.ismar.cnr.it

Roma
Via del Fosso del Cavaliere, 100
00133 RM

Tel: +39 06 49934576
Fax: +39 06 45488291
segreteria@rm.ismar.cnr.it

Trieste
Area Science Park
SS 14, Km 163,5 Ed. Q2

34149 Basovizza TS
Tel +39 040 3756871 -2
segreteria@ts.ismar.cnr.it

consenso”. Reputo quindi di fondamentale importanza la lettura di questa opera per capire quanto probabilmente sarebbe stata diversa la vita di Darwin, e probabilmente la scienza degli ultimi secoli, se egli non fosse salito a bordo del brigantino: *“Il viaggio sul Beagle è stato di gran lunga l’avvenimento più importante della mia vita e quello che ha determinato tutta la mia carriera”*. E ancora, quanti progressi sarebbero andati perduti nella scienza di questi ultimi secoli, qualora quell’ *“ozioso e interessato solo a qualche sport”* ragazzotto inglese non avesse intrapreso quel viaggio: *“Se mi volgo indietro, posso vedere come il mio amore per la scienza abbia gradualmente preso il sopravvento su qualsiasi altro interesse... Inconsciamente e insensibilmente scoprii che il piacere di osservare e di ragionare era di gran lunga superiore a quello della caccia e dello sport”*. Concludo questa prima parte della presentazione con un ultimo passo tratto dall’*“Autobiografia”*. Tornato a casa nel 1836, Darwin afferma che la sua mente si è sviluppata con l’attività esercitata durante il viaggio; questo viene confermato anche da suo padre, un *“osservatore acutissimo, disposto allo scetticismo e ben lontano da credere alla frenologia”*, che rivolgendosi alle figlie esclamò: *“Guardate, la forma della sua testa è completamente cambiata”*. Trovo questo passo esilarante, se solo si pensa allo stampo, mi sia concesso il termine *“Lamarckiano”*, della frase del padre, in perfetta antitesi con quello *“Darwiniano”* delle opere del figlio.

3. “Viaggio di un naturalista intorno al mondo”

3.1 Capitolo 1 – Isole oceaniche vulcaniche e tettoniche

“Dopo essere stato respinto indietro per due volte da violente libecciate, il Beagle, brigantino di dieci cannoni della Regia Marina Militare, salpò da Devonport il 27 Dicembre 1831 (Figura 1) al comando del capitano Fitz Roy”. Inizia così la seconda edizione di *“Viaggio di un Naturalista attorno al mondo”*, in cui un Darwin giovane naturalista racconta la sua esperienza attorno al mondo a bordo del brigantino. Scopo principale della spedizione era *“il rilevamento della Patagonia e della Terra del Fuoco... di rilevare le coste del Cile, del Perù e di alcune isole del Pacifico e di eseguire una serie di osservazioni cronometriche attorno al mondo”*. Questo diario di viaggio è strutturato in ventuno capitoli, ognuno dei quali caratterizzato all’inizio da un elenco di parole chiave che saranno poi i temi che Darwin discuterà all’interno del capitolo. Ad esempio, il primo capitolo verterà su: *“Porto Praja. Ribeira Grande.*

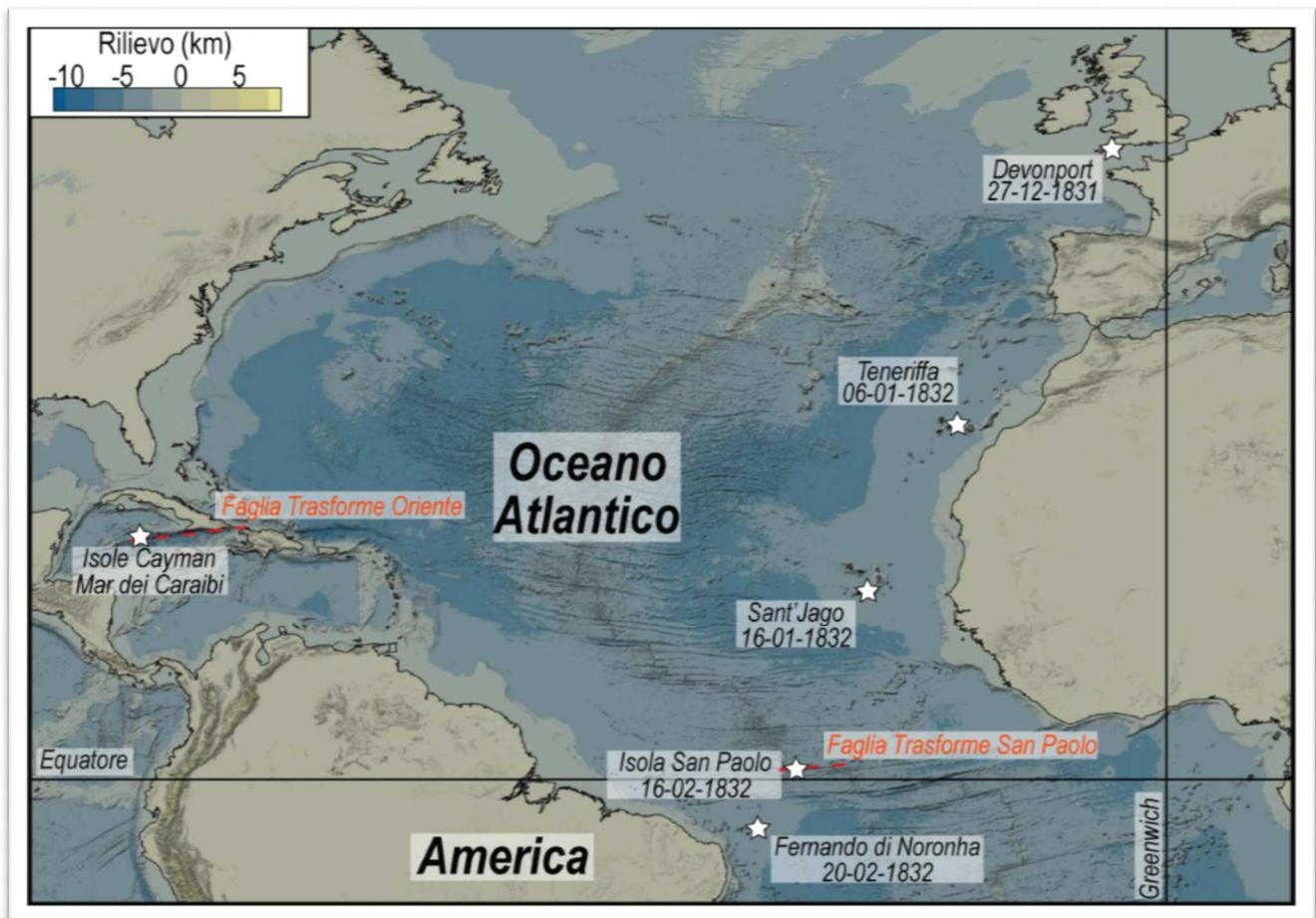


Figura 1. Mappa geografica dell'Oceano Atlantico centro-settentrionale. I dati sono stati scaricati dal database online GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans; https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/); le mappe sono state create con il software Global Mapper (versione 13) e rifinite con il software Adobe Illustrator (CS2). La paletta utilizzata è stata la NUUK10, basata sul lavoro di Crameri et al. (2020). In nero è evidenziata la linea di costa; le stelle bianche indicano la posizione delle isole oceaniche di cui si parla nel testo; le linee rosse tratteggiate rappresentano i limiti di placca trasformati San Paolo e Oriente.

Polvere atmosferica con Infusori. Costumi di una Aplisia e di una Seppia. Scogli di San Paolo, non vulcanici. Incrostazioni singolari. Insetti, primi colonizzatori delle isole. Fernando Noronha. Bahia. Rocce brunite. Costumi di un Diodon. Conferve pelagiche ed Infusori. Cause della colorazione del mare”.

“Il 6 gennaio raggiungemmo Teneriffa (Oceano Atlantico; Figura 1), ma ci fu proibito di sbarcare per paura che portassimo il colera”. Il 16 gennaio 1832, Darwin approda per la sua prima volta su un’isola oceanica: “Gettammo l’ancora a Porto Praya, in Sant’Jago (Figura 1), l’isola principale dell’Arcipelago del Capo Verde”. Il sogno di isola oceanica come paesaggio paradisiaco che si era tanto immaginato nella sua Inghilterra va subito in frantumi: “/

SEDE ISTITUTO
Arsenale – Tesa 104
Castello 2737/F
30122 VENEZIA
Tel +39 041 2407297
Fax +39 041 2407290
segreteria@ismar.cnr.it

Pozzuolo di Lerici
Forte Santa Teresa
19032 SP
Tel +39 0187 978300
Fax +39 0187 970585
segreteria@sp.ismar.cnr.it

Napoli
Calata Porta di Massa,
80133 NA
Tel +39 081 5423846
Fax +39 081 5423887
segreteria@na.ismar.cnr.it

Roma
Via del Fosso del Cavaliere, 100
00133 RM
Tel: +39 06 49934576
Fax: +39 06 45488291
segreteria@rm.ismar.cnr.it

Trieste
Area Science Park
SS 14, Km 163,5 Ed. Q2
34149 Basovizza TS
Tel +39 040 3756871 -2
segreteria@ts.ismar.cnr.it

dintorni di Porto Praya, visti dal mare, hanno un aspetto squallido. Il fuoco dei vulcani di un'epoca passata e il calore ardente del sole tropicale, hanno reso il terreno per la maggior parte inadatto alla vegetazione...La geologia di quest'isola è la parte più interessante della sua storia naturale". Osservando strati orizzontali di conchiglie intervallarsi regolarmente a strati di rocce vulcaniche, Darwin verifica in prima persona il principio di sovrapposizione e quello dell'orizzontalità stratigrafica, che assieme al principio dell'attualismo sono alla base della geologia moderna. Scriverà nella sua "Autobiografia": "Avevo portato con me il primo volume dei Principi di geologia di Lyell, che studiai con cura e che mi fu utilissimo per molte ragioni. Fin dal primo sopralugo che feci, a Santiago nelle isole di Capo Verde, mi resi conto della meravigliosa superiorità con cui Lyell trattava gli argomenti di geologia". L'amicizia e la stima che Darwin provava nei confronti del geologo scozzese e, suo amico, Sir Charles Lylell, era così forte che egli arrivò persino a dedicare la seconda edizione del suo Diario a Lyell stesso: "Dedico con grato animo la seconda edizione di questo mio libro a CHARLES LYELL, ben riconoscendo che la maggior parte di quel valore scientifico che questo giornale di viaggi e altre mie opere possono avere, deriva dall'attento studio della famosa e ammirevole opera Principles of Geology".

Dopo aver visitato le Isole di Capo Verde, condizioni climatiche avverse alla navigazione portano il capitano Fitz-Roy a "ripararsi" nei pressi del minuscolo Arcipelago di San Pietro e Paolo, oggi parte dello stato brasiliano di Pernambuco (Figura 1). "Durante la traversata dell'Atlantico, il mattino del 16 febbraio ci mettemmo alla cappa all'Isola San Paolo. Questo ammasso di rocce... dista 540 miglia dalle coste dell'America e 350 dall'Isola Fernando di Noronha (Figura 1). La punta più alta si trova solo a quindici metri sul livello del mare e l'intera circonferenza è forse inferiore a 1200 m. Questa minuscola punta sorge improvvisamente dagli abissi dell'oceano". Darwin ha qui una grande intuizione: questo piccolo gruppo di rocce non ha origine vulcanica. "La sua costituzione litologica non è semplice: in alcune parti la roccia è quarzosa, in altre è feldspatica e contiene sottili vene di serpentino. E' un fatto notevole che, ad eccezione delle Seychelles e di questa piccola punta rocciosa, tutte le numerose isolette che negli oceani Indiano, Pacifico e Atlantico sorgono lontanissime dai continenti sono costituite, salvo errore, da rocce eruttive o da rocce coralline". Dunque, dopo solo due mesi dall'inizio del viaggio, Darwin si trova davanti al fatto che negli oceani esistono isole come Capo verde, la cui di natura è vulcanica, e isole come San Paolo, la cui natura non è vulcanica.

Ci si domanda quindi: come si formano le isole oceaniche? E ancora, che differenza c'è tra un'isola vulcanica e una non vulcanica?. Spiegherò prima come si

formano quelle vulcaniche (Wilson, 1963; Morgan, 1971; Bonatti, 1990a), che rappresentano per numero la maggior parte delle isole oceaniche. Le fasi di formazione sono essenzialmente tre : 1) nella crosta e/o del mantello terrestre si forma una camera magmatica; 2) la continua attività magmatica all'interno della camera permette la fuoriuscita di lava tramite delle fratture sul fondale oceanico. La lava calda, a contatto con l'acqua marina fredda, si contrae e diviene roccia, formando una montagna vulcanica sottomarina; 3) il magmatismo e il vulcanesimo sono così intensi e perpetui che la montagna vulcanica sottomarina cresce fino ad arrivare a superare il livello del mare. Quando riesce a superarlo, diviene un'isola oceanica. Le Isole Canarie, l'Arcipelago di Capo Verde e Fernando de Noronha, nell'Oceano Atlantico (Figura 1), sono esempi di isole oceaniche di origine vulcanica. Queste isole sono formate da rocce chiamate basalti, che rappresentano la parte più abbondante della crosta oceanica. Le isole oceaniche di origine non vulcanica sono situate lungo quei margini di placca denominati trasformi, dove due placche tettoniche scorrono una rispetto a l'altra senza né formare né distruggere crosta (Wilson, 1965). Queste isole, anche dette tettoniche, si formano quando il fondale oceanico lungo le trasformi si innalza così tanto da arrivare a superare il livello del mare : sono cioè il risultato non di un eccesso di magmatismo, bensì di potenti movimenti verticali che coinvolgono la crosta oceanica e la parte superiore del mantello (Bonatti, 1977; Bonatti et al., 1983). Queste isole sono formate da rocce chiamate peridotiti, che rappresentano la parte più superficiale del mantello terrestre. L'arcipelago di San Pietro e Paolo, lungo la faglia trasforme San Paolo, e le Isole Cayman, nel Mar dei Caraibi, lungo la faglia trasforme Oriente, sono esempi di isole oceaniche tettoniche (Figura 1 ; Bonatti, 1990b ; Palmiotto et al., 2013; 2017). Ecco quindi come la diversità delle rocce che costituiscono queste piccole isole oceaniche fornisce al geologo un'importante chiave per la conoscenza della composizione della struttura più superficiale della Terra (crosta e mantello superiore).

3.2 Capitolo 9 – Isole continentali

Dopo quasi due anni trascorsi in America meridionale, Darwin sbarca alle Isole Falkland (Oceano Atlantico; Figura 2). *“Il 1 marzo del 1833 e di nuovo il 16 marzo del 1834 il Beagle gettò l'ancora nella Baia di Berkeley, sulla Falkland orientale. Questo arcipelago... è grande poco più di mezza Irlanda... Vi è una catena principale di colline... di roccia quarzosa...”*. Queste isole, anche se situate in oceano, sono formate per la maggior parte da rocce

SEDE ISTITUTO Arsenale – Tesa 104 Castello 2737/F 30122 VENEZIA Tel +39 041 2407297 Fax +39 041 2407290 segreteria@ismar.cnr.it	Pozzuolo di Lerici Forte Santa Teresa 19032 SP Tel +39 0187 978300 Fax +39 0187 970585 segreteria@sp.ismar.cnr.it	Napoli Calata Porta di Massa, 80133 NA Tel +39 081 5423846 Fax +39 081 5423887 segreteria@na.ismar.cnr.it	Roma Via del Fosso del Cavaliere, 100 00133 RM Tel: +39 06 49934576 Fax: +39 06 45488291 segreteria@rm.ismar.cnr.it	Trieste Area Science Park SS 14, Km 163,5 Ed. Q2 34149 Basovizza TS Tel +39 040 3756871 -2 segreteria@ts.ismar.cnr.it
--	---	---	---	---

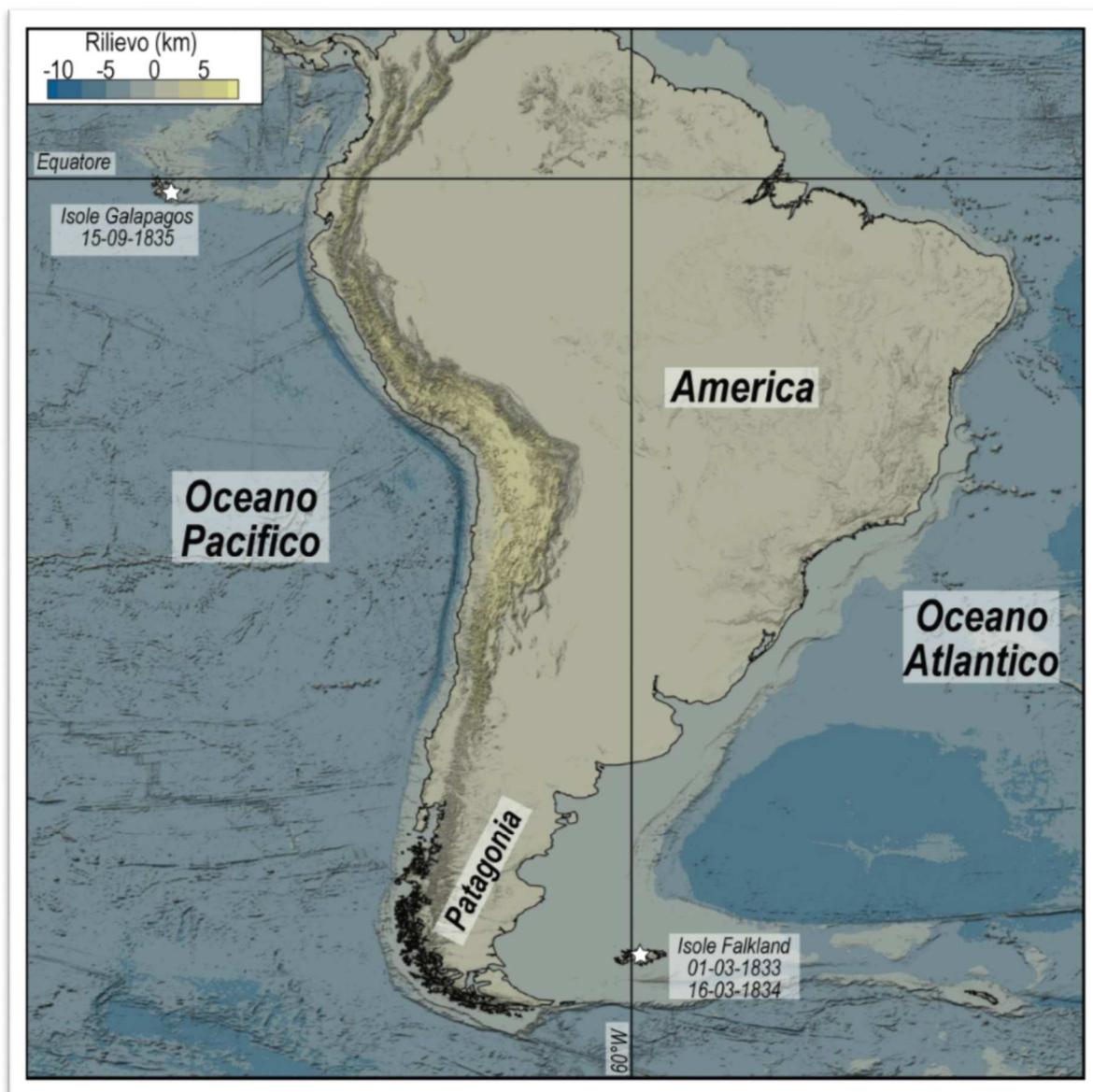


Figura 2. Mapa geografica dell'Atlantico sud-occidentale e del Pacifico sud-orientale. I dati sono stati scaricati dal database online GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans; https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/); le mappe sono state create con il software Global Mapper (versione 13) e rifinite con il software Adobe Illustrator (CS2). La paletta utilizzata è stata la NUUK10, basata sul lavoro di Crameri et al. (2020). In nero è evidenziata la linea di costa; le stelle bianche indicano la posizione delle isole oceaniche di cui si parla nel testo.

granitiche, le rocce rappresentanti della crosta continentale. Le Isole Falkland, così come la Groenlandia, la più grande isola della Terra, sono un esempio di isola continentale in oceano. Alle Falkland Darwin annota che *“Il bestiame bovino... Differisce molto nei suoi colori... Intorno al monte Usborne... circa metà delle mandrie è color topo o color piombo... vicino a Port Pleasant predomina il bruno scuro; invece a Sud del golfo di Choiseul sono comunissimi*

SEDE ISTITUTO
Arsenale – Tesa 104
Castello 2737/F
30122 VENEZIA
Tel +39 041 2407297
Fax +39 041 2407290
segreteria@ismar.cnr.it

Pozzuolo di Lerici
Forte Santa Teresa
19032 SP
Tel +39 0187 978300
Fax +39 0187 970585
segreteria@sp.ismar.cnr.it

Napoli
Calata Porta di Massa,
80133 NA
Tel +39 081 5423846
Fax +39 081 5423887
segreteria@na.ismar.cnr.it

Roma
Via del Fosso del Cavaliere, 100
00133 RM
Tel: +39 06 49934576
Fax: +39 06 45488291
segreteria@rm.ismar.cnr.it

Trieste
Area Science Park
SS 14, Km 163,5 Ed. Q2
34149 Basovizza TS
Tel +39 040 3756871 -2
segreteria@ts.ismar.cnr.it

animali con testa e piedi neri... Il capitano Sullivan pensa che le mandrie non si mescolino ed è un fatto singolare che gli animali color topo... mettono al mondo i vitelli circa 1 mese prima degli altri animali colorati della pianura". Sulla base di queste osservazioni Darwin conclude che "è interessante perciò notare come il bestiame una volta domestico si sia diviso in tre colori, uno solo dei quali finirà con tutta probabilità a prevalere sugli altri, se le mandrie saranno lasciate indisturbate nei prossimi secoli". Una montagna, uno specchio d'acqua marino o dolce, o addirittura un oceano, possono quindi diventare delle barriere geografiche, in grado di suddividere fisicamente una popolazione iniziale in due sottopopolazioni occupanti due territori differenti, favorendo la cosiddetta speciazione di tipo allopatrica. Al tempo stesso però, "le piccole rocce... offrendo una base d'appoggio per lo sviluppo di innumerevoli specie... offrono di conseguenza anche sostentamento". Le isole diventano quindi dei ponti geografici tra i grandi continenti, come ad esempio il piccolissimo arcipelago di San Pietro e Paolo (Figura 1), che rappresenta uno dei pochissimi punti di approvvigionamento di cibo, di riposo e di riproduzione per tutte le specie che attraversano l'Oceano Atlantico (Feitoza et al., 2003).

3.3 Capitolo 17 –Biodiversità e Geodiversità

Il 15 settembre 1835 Darwin sbarca alle Isole Galapagos (Oceano Pacifico; Figura 2). Questo capitolo del Diario è sicuramente uno tra i più importanti per la futura formulazione della teoria dell'evoluzione della specie. "Questo arcipelago comprende dieci isole principali... Esse sono situate all'Equatore, 500 o 600 miglia a occidente della costa americana; sono interamente di natura vulcanica... alcuni crateri... sono immensi, e giungono all'altezza di novecento-milleduecento metri... Non esito ad affermare che in tutto l'arcipelago vi devono essere almeno duecento crateri". Il 17 settembre Darwin visita l'Isola Chatman: "Nulla potrebbe essere invitante al primo sguardo: una distesa accidentata di nera lava basaltica disposta in bizzarre ondulazioni e intersecata da grossi crepacci, del tutto ricoperta da una stenta boscaglia, bruciata dal sole, con pochi segni di vita". Queste isole, anche se situate vicino la linea equatoriale, non presentano "alcun esemplare della famiglia delle palme, cosa molto strana, perché 360 miglia più a nord l'Isola Cocos deve il suo nome al gran numero di palme da cocco"; inoltre: "ad eccezione di uno scricciolo col petto di un bel colore giallo e di un tiranno pigliamosche col petto e il ciuffo scarlatti, nessuno degli uccelli ha colori vivaci, come sarebbe invece da aspettarsi in un paese equatoriale. Quindi sembrerebbe probabile che le stesse cause... hanno reso molto più piccole le specie indigene e reso generalmente smorti i loro colori". Uccelli, piante

SEDE ISTITUTO Arsenale – Tesa 104 Castello 2737/F 30122 VENEZIA Tel +39 041 2407297 Fax +39 041 2407290 segreteria@ismar.cnr.it	Pozzuolo di Lerici Forte Santa Teresa 19032 SP Tel +39 0187 978300 Fax +39 0187 970585 segreteria@sp.ismar.cnr.it	Napoli Calata Porta di Massa, 80133 NA Tel +39 081 5423846 Fax +39 081 5423887 segreteria@na.ismar.cnr.it	Roma Via del Fosso del Cavaliere, 100 00133 RM Tel: +39 06 49934576 Fax: +39 06 45488291 segreteria@rm.ismar.cnr.it	Trieste Area Science Park SS 14, Km 163,5 Ed. Q2 34149 Basovizza TS Tel +39 040 3756871 -2 segreteria@ts.ismar.cnr.it
--	---	---	---	---

e insetti “hanno caratteristiche di animali di località desertiche e non hanno colori più vivaci di quelli della Patagonia meridionale”. Basandosi su queste osservazioni Darwin ne concluderà che “gli sfarzosi colori degli esseri intertropicali non dipendono né dal calore, né dalla luce di quelle zone, ma da altre cause, forse anche dal fatto che le condizioni di vita sono di solito favorevoli”. Darwin osserva come l’ambiente che ci circonda, creato dalle forze geologiche e modellato dagli agenti atmosferici, influenzi le specie viventi. La similarità tra la fauna e la flora delle Galapagos e quella della Patagonia (Figura 2) è quindi opera di una lunga selezione naturale che tende a favorire le specie che meglio nel tempo acquisiscono, per diversità genetica, caratteristiche ottimali per l’ambiente in cui vivono. Vediamo quindi come anche la più piccola isola, mediante la presenza esclusiva e caratteristica di determinate specie (endemismo), contribuisce a preservare la varietà di organismi viventi nelle loro diverse forme e nei rispettivi ecosistemi, ovvero la biodiversità (termine coniato da Walter G. Rosen nel 1985 e basato sul concetto di diversità biologica introdotto da Thomas Lovejoy nel 1980). Questa biodiversità è però una diretta conseguenza della geodiversità (Gray, 2004), ovvero della diversità dei caratteri geologici, geomorfologici, idrologici e pedologici, che contribuisce a rendere unica, nel nostro caso, ogni isola oceanica. Quindi, non esiste biodiversità senza geodiversità.

3.4 Capitolo 18 – La barriera corallina

20 Ottobre 1835. “*Facemmo vela alla volta di Tahiti... attraversammo le Isole Basse o Tuamotu (Figura 3), dette anche Arcipelago Pericoloso, e vedemmo parecchi di quei curiosissimi anelli corallini che sorgono proprio a pelo dell’acqua e che vengono chiamati atolli... Queste basse isole coralline non hanno una massa proporzionata alla vastità dell’oceano, dal quale sorgono all’improvviso, ed è meraviglioso che questi deboli invasori non siano stati sconfitti dalla forza soverchiante delle onde incessanti di questo grande mare, a torto chiamato Pacifico*”.

15 Novembre 1835. “*Allo spuntare del giorno, fummo in vista di Tahiti (Figura 3)*”. Il Beagle approda all’isola più grande dell’Arcipelago Society, Tahiti, formata da due grandi vulcani, il monte Orohena (2241 m) e il monte Roniu (1332 m), collegati tra un loro dall’istmo di Taravao. Questa isola dell’Oceano Pacifico, abitata prima del XVIII secolo unicamente dalla popolazione indigena della Polinesia, inizia ad essere esplorata da navigatori inglesi e francesi nella seconda metà del 1700. L’esploratore francese Louis Antoine de Bougainville, nel 1768, la definirà come un paradiso terrestre dove gli uomini e

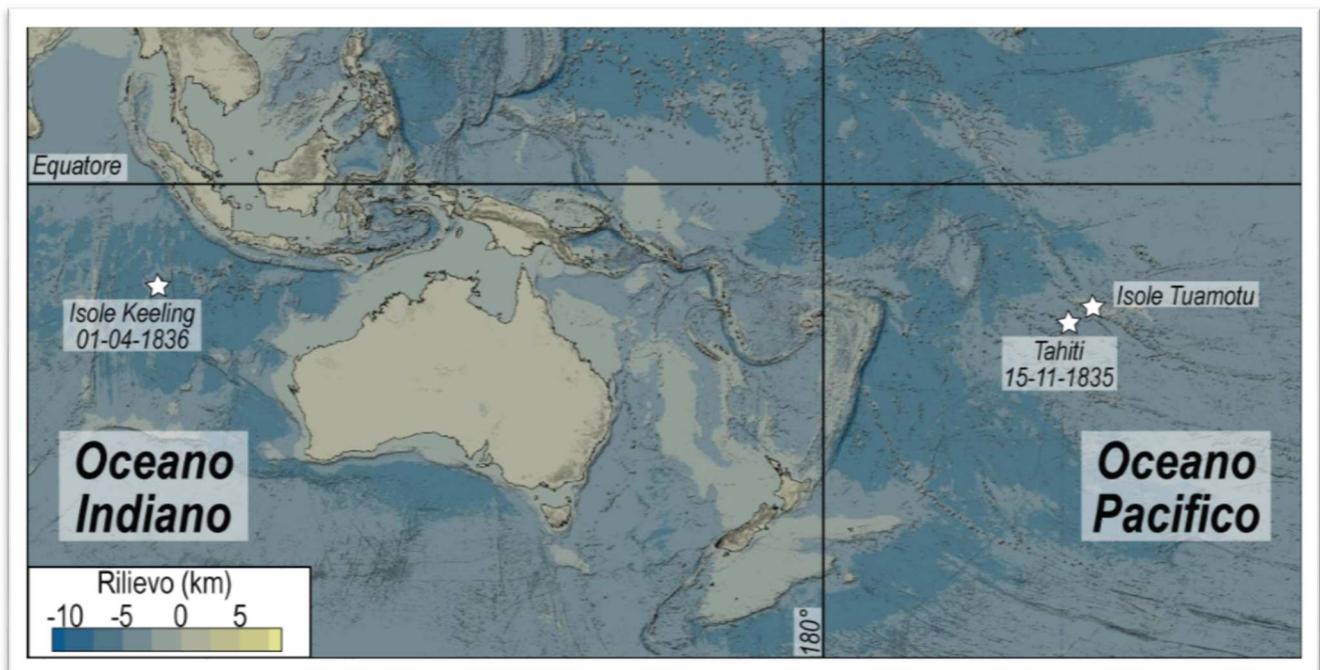


Figura 3. Mappa geografica del Pacifico sud-occidentale e dell'indiano sud-orientale. I dati sono stati scaricati dal database online GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans; https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/); le mappe sono state create con il software Global Mapper (versione 13) e rifinite con il software Adobe Illustrator (CS2). La paletta utilizzata è stata la NUUK10, basata sul lavoro di Cramer et al. (2020). In nero è evidenziata la linea di costa; le stelle bianche indicano la posizione delle isole oceaniche di cui si parla nel testo.

le donne vivono felicemente in innocenza, lontano dalla corruzione della civiltà. La bellezza e la dolcezza del popolo Tahitiano, omaggiata da Darwin stesso nel suo Diario (*“Nulla mi piacque tanto quanto gli abitanti. Vi è una dolcezza nell’espressione delle loro fisionomie che bandisce subito l’idea di selvaggio, e un’intelligenza che mostra che sono di una civiltà avanzata”*), diverrà inoltre il tema centrale delle tele di Paul Gauguin nella seconda metà del XIX secolo. A Tahiti Darwin vede per la sua prima volta una barriera corallina: *“Una barriera di corallo...circonda tutta la costa... Dietro la barriera vi è una distesa di acqua tranquilla, come quella di un lago, dove le canoe degli indigeni possono spostarsi con sicurezza e dove si ancorano le navi”*.

3.5 Capitolo 20 – Formazioni coralline e gli atolli

Il ventesimo capitolo del Diario è dedicato alla descrizione e la formazione degli atolli. 1 aprile 1836: *“Giungemmo in vista delle Isole Keeling (Figura 3) o Cocos, situate nell’Oceano Indiano a circa 600 miglia dalla costa di Sumatra. Queste isole fanno parte di atolli di origine corallina, simili a quelli dell’arcipelago Tuamotu, presso i quali eravamo passati”*. Come

Consiglio Nazionale delle Ricerche – ISMAR – Istituto di Scienze Marine – Bologna

accennato già nel capitolo sulle Isole Galapagos, *“la coltivazione più importante è quella della palma da cocco. Tutta l’economia dell’atollo dipende da quest’albero... Anche i grassissimi maiali, i polli e le anatre si nutrono quasi esclusivamente di noci di cocco. Perfino un colossale granchio terrestre è stato fornito dalla natura dei mezzi per aprire e mangiare questo utilissimo frutto”*.

“Scesi a terra nell’isola Direction... sul lato interno, verso la laguna, vi è una spiaggia calcarea... sulla costa esterna vi è invece una solida e ampia piattaforma di roccia cristallina su cui si infrange la fura del mare aperto”. Questi atolli sono quindi formati da una scogliera anulare *“bianca come la neve”*, sormontata da isolette lineari. All’interno dell’anello, *“l’acqua poco profonda della laguna, limpida e tranquilla, sta in gran parte su un fondo di sabbia bianca ed è del verde più splendente”*; all’esterno, solo *“le scure e gonfie acque dell’oceano”*. Queste isole, formate completamente da frammenti di corallo e costantemente erose dalla furia delle onde, affascinano enormemente Darwin: *“...L’oceano che scaglia le sue acque sulla larga scogliera sembra un nemico invincibile e onnipotente; pure vediamo che questa resiste e che persino conquista qualche cosa, con mezzi che dapprima sembrerebbero debolissimi e... Strappi pure l’uragano migliaia di grossi blocchi; sarà nulla in confronto alle fatiche riunite di miriadi di architetti al lavoro, giorno e notte, mese dopo mese. Vediamo così che il molle e gelatinoso corpo di un polipo, attraverso l’azione delle leggi vitali, vince la grande potenza meccanica delle onde di un oceano al quale né l’arte dell’uomo né le opere inanimate della natura potrebbero resistere vittoriosamente”*. Lo stupore nel vedere come queste isolette coralline, basse e insignificanti, resistono vittoriose alla forza dell’oceano, loro che non sono costituite *“né da rocce durissime, quali il porfido, il granito o il quarzo”*, porta Darwin a scrivere un meraviglioso tributo ai polipi, che definisce come i grandi *“architetti costruttori”* della barriera corallina: *“...Ogni polipo, sebbene strettamente unito ai suoi fratelli, ha una bocca, un corpo e tentacoli distinti. Su un grande esemplare vi devono essere molte migliaia di questi polipi, che tuttavia si muovono tutti insieme; anch’essi hanno un asse centrale unito a un sistema di circolazione complesso e le uova vengono prodotte in un organo distinto dei singoli individui. E’ proprio il caso di domandarsi che cosa sia un individuo...”*. Questa riflessione si dimostrerà lungimirante per quei tempi, tenendo in considerazione che la Scienza arriverà a coniare il termine *“superorganismo”* (i.e., una colonia di individui che lavorano insieme per produrre un fenomeno governato collettivamente), solo nel 1928, grazie dall’entomologo William Morton Wheeler.

Ma l’atollo... che tipo di isola oceanica è? *“Che cosa può essere più singolare di queste strutture? Vediamo un’isola, che può essere paragonata a un castello situato sulla sommità di*

SEDE ISTITUTO Arsenale – Tesa 104 Castello 2737/F 30122 VENEZIA Tel +39 041 2407297 Fax +39 041 2407290 segreteria@ismar.cnr.it	Pozzuolo di Lerici Forte Santa Teresa 19032 SP Tel +39 0187 978300 Fax +39 0187 970585 segreteria@sp.ismar.cnr.it	Napoli Calata Porta di Massa, 80133 NA Tel +39 081 5423846 Fax +39 081 5423887 segreteria@na.ismar.cnr.it	Roma Via del Fosso del Cavaliere, 100 00133 RM Tel: +39 06 49934576 Fax: +39 06 45488291 segreteria@rm.ismar.cnr.it	Trieste Area Science Park SS 14, Km 163,5 Ed. Q2 34149 Basovizza TS Tel +39 040 3756871 -2 segreteria@ts.ismar.cnr.it
--	---	---	---	---

un'alta montagna, protetto da un grande muro di roccia corallina... Ma quale è la causa che ha fatto sorgere queste scogliere a una distanza così grande dalle rive delle isole che circondano? Ed ancora, su che cosa i coralli costruttori di scogli, che non possono vivere a grandi profondità, hanno fondato le loro strutture circolari?". La formazione degli atolli, che Darwin maggiormente svilupperà nei primi anni dopo il suo ritorno in Inghilterra in un volume intitolato "Coral Reefs", si basa sulla "relazione sulle tre grandi classi delle scogliere coralline e precisamente gli atolli, le barriere e le scogliere costiere", ed è oggi una teoria ampiamente affermata nella geologia oceanica. "Nel mio volume sulle formazioni coralline (Darwin, 1842), ho aggiunto una mappa nella quale ho colorato gli atolli in blu scuro, le barriere in blu pallido e le scogliere costiere in rosso. Queste ultime si sono formate mentre il livello della terra emersa rimaneva stazionario oppure... mentre la terra si andava lentamente sollevando. Gli atolli e le barriere, viceversa, si sono formati mentre si verificava il movimento diametralmente opposto di sprofondamento, che deve essere stato molto graduale e, nel caso degli atolli, così esteso da sommergere in vaste distese dell'oceano persino le ultime cime dei monti... Se non vi è stato movimento di sprofondamento non si possono essere formati atolli". Alla base della formazione degli atolli c'è quindi una terra emersa, che dapprima subisce un sollevamento e poi improvvisamente sprofonda. Partendo quindi da un'isola oceanica vulcanica posta a latitudini equatoriali, ecco quindi le cinque fasi necessarie per formare un atollo: 1) a seguito di una diminuzione del magmatismo nella crosta e nel mantello, la camera magmatica si raffredda e l'isola oceanica vulcanica smette di eruttare; 2) nell' isola si instaura un vulcanismo cosiddetto di tipo secondario, formato cioè principalmente da emanazioni gassose e fluidi idrotermali; attorno alle coste dell'isola comincia a formarsi la scogliera; 3) la camera magmatica è ormai completamente fredda; l'isola inizia a sprofondare gradualmente. Sui versanti sommersi dell'isola, quelli più antichi, poco acclivi e distanti dal cratere centrale, si forma la barriera corallina; 4) l'isola continua a sprofondare. Tra l'isola e la barriera, che continua imperterrita a crescere arrivando a pochi metri sotto il livello del mare, si forma la laguna, uno specchio di acqua salata e calma; 5) anche la sommità più alta dell'isola vulcanica sprofonda sotto l'oceano e ciò che rimane sono la laguna circondata dalla barriera e il vasto oceano. Dal momento che la barriera si instaura sui fianchi dell'isola vulcanica, che generalmente presenta una morfologia conica, questo spiega la forma anulare degli atolli, che quindi possono essere descritti come delle "rozze carte geografiche dei profili esterni delle isole sprofondate sulle quali stavano".

SEDE ISTITUTO Arsenale – Tesa 104 Castello 2737/F 30122 VENEZIA Tel +39 041 2407297 Fax +39 041 2407290 segreteria@ismar.cnr.it	Pozzuolo di Lerici Forte Santa Teresa 19032 SP Tel +39 0187 978300 Fax +39 0187 970585 segreteria@sp.ismar.cnr.it	Napoli Calata Porta di Massa, 80133 NA Tel +39 081 5423846 Fax +39 081 5423887 segreteria@na.ismar.cnr.it	Roma Via del Fosso del Cavaliere, 100 00133 RM Tel: +39 06 49934576 Fax: +39 06 45488291 segreteria@rm.ismar.cnr.it	Trieste Area Science Park SS 14, Km 163,5 Ed. Q2 34149 Basovizza TS Tel +39 040 3756871 -2 segreteria@ts.ismar.cnr.it
--	---	---	---	---

Ci si domanda ora: cosa succede alla barriera corallina se l'isola vulcanica già sommersa sprofonda troppo velocemente? Che fine fa l'atollo? Quando la barriera corallina non riesce a compensare con la sua crescita verso l'alto lo sprofondamento dell'isola su cui poggia, l'atollo si inabissa, creando una montagna sottomarina ricoperta di sedimenti chiamata "guyot". Concludo questa parte con una considerazione che Darwin fa all'Isola San Paolo, nel primo capitolo del suo Diario: *"La descrizione tanto spesso ripetuta della palma maestosa e di altre nobili piante tropicali, poi degli uccelli ed infine dell'uomo, che prendono possesso delle isolette coralline appena formate nel Pacifico, non è probabilmente esatta, temo di distruggere questa poetica storia, ma gli insetti mangiatori di piume e di sudiciume, quelli parassiti e i ragni devono essere i primi abitanti delle terre oceaniche appena formate."* Gli atolli e i "guyot" sono dunque le fasi finali della vita delle isole oceaniche vulcaniche.

3.6 Capitolo 21 – Effetti antropici e nanismo insulare

Dopo un breve soggiorno presso l'Isola Mauritius (Oceano Indiano; Figura 4), il cui paesaggio viene descritto come *"a mezza strada tra quello delle Galapagos e quello di Tahiti"*, l'8 luglio 1836 il Beagle arrivò all'Isola di Sant'Elena (Figura 4). Quest'isoletta vulcanica dell'Atlantico, descritta come *"un mostruoso e nero castello che sorge bruscamente dall'oceano"*, si distingue per il suo *"paesaggio di tipo inglese, o piuttosto gallese"*, caratteristica assai bizzarra se si pensa che è situata a circa 16°S di latitudine (Figura 4). *"Se consideriamo che le specie di piante attualmente esistenti in quest'isola sono 746, di cui solo 52 indigene, mentre le altre sono per lo più importate dall'Inghilterra, comprendiamo perché abbia un così spiccato carattere inglese"*. La colonizzazione di Sant'Elena ha comportato la distruzione delle specie indigene da parte di quelle importate, modificando il paesaggio dell'isola e il confinamento della flora indigena solo nelle sue creste più alte e scoscese.

La lezione divulgativa si conclude all'isola Ascension (Figura 4), nel cuore dell'Oceano Atlantico. *"Chi abbia visto un'isola vulcanica situata in un clima arido, potrà immaginarsi subito l'aspetto... Per completare lo squallido paesaggio, le nere rocce della costa sono flagellate da un mare selvaggio e turbolento... Nulla cresce presso la costa; più verso l'interno si possono vedere qualche occasionale pianta di ricino e alcune cavallette, fedeli amiche del deserto"*. Come a Capo Verde, Darwin rimane affascinato dalla geologia dell'isola, studiando la struttura interna delle bombe vulcaniche, espressione di un vulcanismo esplosivo. Quest'isola, *"completamente senz'alberi... è molto inferiore a Sant'Elena. Fra gli animali indigeni sono molto abbondanti dei ratti... Il signor Waterhouse ne ha descritto due*

SEDE ISTITUTO Arsenale – Tesa 104 Castello 2737/F 30122 VENEZIA Tel +39 041 2407297 Fax +39 041 2407290 segreteria@ismar.cnr.it	Pozzuolo di Lerici Forte Santa Teresa 19032 SP Tel +39 0187 978300 Fax +39 0187 970585 segreteria@sp.ismar.cnr.it	Napoli Calata Porta di Massa, 80133 NA Tel +39 081 5423846 Fax +39 081 5423887 segreteria@na.ismar.cnr.it	Roma Via del Fosso del Cavaliere, 100 00133 RM Tel: +39 06 49934576 Fax: +39 06 45488291 segreteria@rm.ismar.cnr.it	Trieste Area Science Park SS 14, Km 163,5 Ed. Q2 34149 Basovizza TS Tel +39 040 3756871 -2 segreteria@ts.ismar.cnr.it
--	---	---	---	---

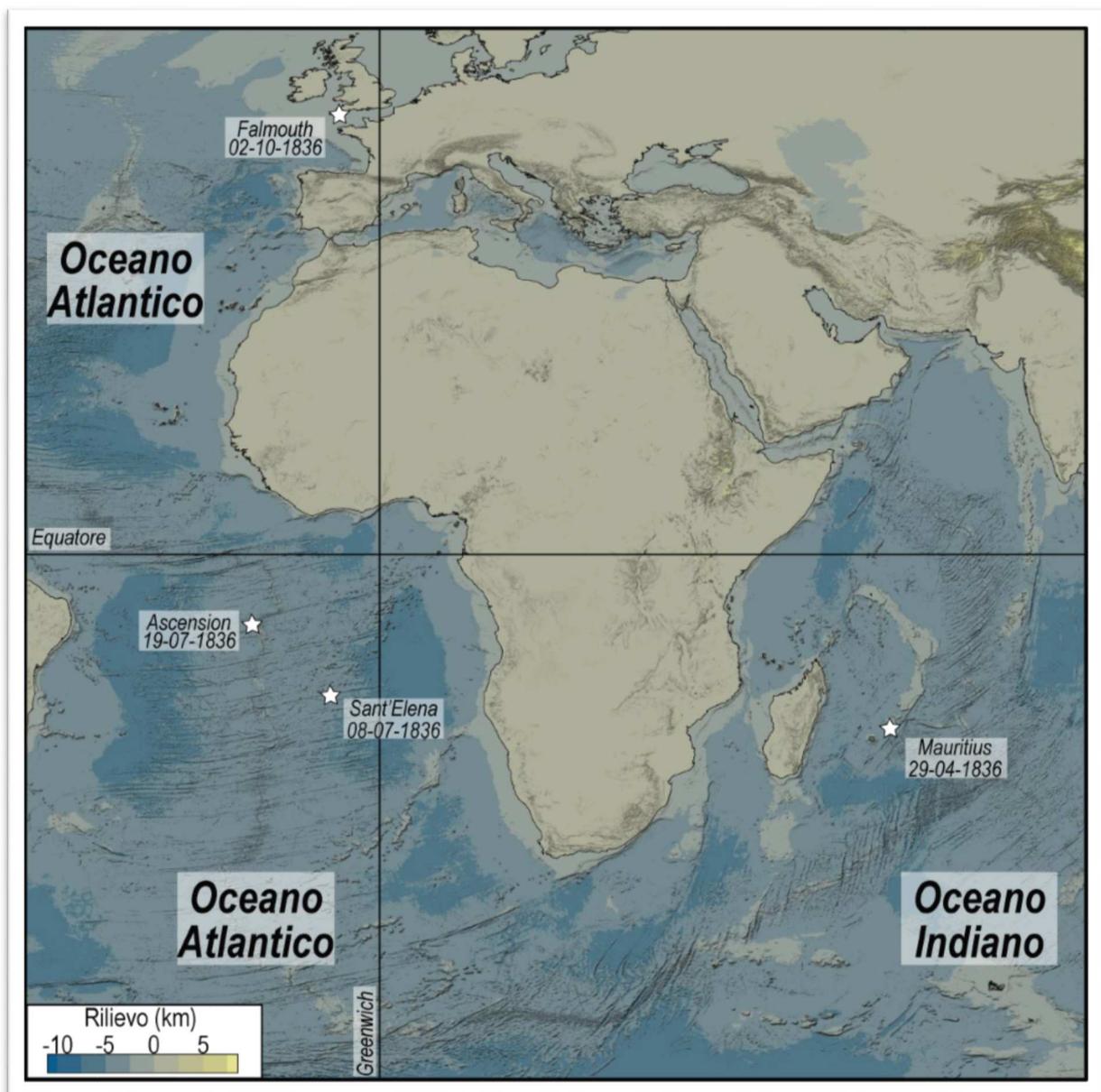


Figura 4. Mappa geografica dell'indiano sud-occidentale e dell'Atlantico. I dati sono stati scaricati dal database online GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans; https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/); le mappe sono state create con il software Global Mapper (versione 13) e rifinite con il software Adobe Illustrator (CS2). La palette utilizzata è stata la NUUK10, basata sul lavoro di Crameri et al. (2020). In nero è evidenziata la linea di costa; le stelle bianche indicano la posizione delle isole oceaniche di cui si parla nel testo.

varietà...Entrambe...sono di 1/3 più piccole del ratto nero comune e ne differiscono soltanto per il colore e l'aspetto del pelo, ma non per altri caratteri essenziali. Non c'è dubbio che questi ratti siano stati importati e, come alle Galapagos, abbiano variato per effetto delle nuove condizioni alle quali sono stati esposti". Queste due specie di ratti che popolano questa piccolissima isola,

SEDE ISTITUTO

Arsenale – Tesa 104
Castello 2737/F
30122 VENEZIA
Tel +39 041 2407297
Fax +39 041 2407290
segreteria@ismar.cnr.it

Pozzuolo di Lerici

Forte Santa Teresa
19032 SP
Tel +39 0187 978300
Fax +39 0187 970585
segreteria@sp.ismar.cnr.it

Napoli

Calata Porta di Massa,
80133 NA
Tel +39 081 5423846
Fax +39 081 5423887
segreteria@na.ismar.cnr.it

Roma

Via del Fosso del Cavaliere, 100
00133 RM
Tel: +39 06 49934576
Fax: +39 06 45488291
segreteria@rm.ismar.cnr.it

Trieste

Area Science Park
SS 14, Km 163,5 Ed. Q2
34149 Basovizza TS
Tel +39 040 3756871 -2
segreteria@ts.ismar.cnr.it

oltre ad aver adattato il colore del proprio pelo per meglio mimetizzarsi con l'aspetto brullo e desertico dell'isola, hanno subito anche un processo di riduzione delle dimensioni (nanismo insulare), che avviene quando il pool genetico di una specie viene ristretto a causa di incrocio tra individui strettamente imparentati e agevola il fabbisogno alimentare delle specie in un ambiente che offre un numero ridotto di risorse.

Il 2 ottobre 1836 il Beagle arriva in Inghilterra (Figura 4), dopo aver navigato per gli Oceani per quasi cinque anni. *"... In conclusione, mi sembra che nulla possa essere tanto utile per un giovane naturalista di un viaggio in paesi lontani. Esso acuisce ed in parte mitiga nello stesso tempo quei bisogni e quei desideri che...ogni uomo prova anche quando tutte le sue necessità pienamente soddisfatte...Inoltre...dato che il viaggiatore rimane soltanto per breve tempo in un luogo, le sue descrizioni sono generalmente dei semplici schizzi, invece che osservazioni particolareggiate. Ne deriva quindi...una tendenza costante a riempire i larghi vuoti del sapere di ipotesi poco accurate e superficiali. Ma io ho goduto troppo profondamente il viaggio per non raccomandare ad ogni naturalista, sebbene non debba aspettarsi di essere così fortunato nel trovare i compagni che ho avuto io, di afferrare ogni occasione e di intraprendere escursioni per terra, se possibile, o altrimenti un lungo viaggio di mare. Può essere sicuro che non incontrerà difficoltà o pericoli, tranne in rari casi, così brutti come si era immaginato. Da un punto di vista morale, il risultato sarà quello di imparare un'allegria sopportazione e di liberarsi dall'egoismo, di abituarsi ad agire da sé e di fare il meglio possibile in ogni circostanza. In breve, dovrà avere le qualità caratteristiche della maggior parte dei marinai. Viaggiando, imparerà ad essere diffidente, ma nello tempo scoprirà quante persone veramente di cuore vi siano con le quali non aveva mai avuto, o non avrà mai più contatti, e che sono tuttavia disposte a offrirgli il più disinteressato aiuto".*

4. Conclusione

La lezione divulgativa è stata ideata principalmente per due scopi. Il primo, strettamente scientifico, è far comprendere come la tettonica delle placche a scala globale crei la geodiversità, in questo caso delle isole oceaniche, che a sua volta è alla base della biodiversità del nostro pianeta. Inoltre, ho cercato di trasmettere ai ragazzi la meravigliosità del lavoro del geologo marino, mostrando immagini di alcune campagne oceanografiche a cui ho avuto modo di partecipare negli ultimi dodici anni. Ho discusso con i ragazzi del lavoro e della routine quotidiana del ricercatore a bordo di queste navi, che possono stare lontano dai continenti anche per mesi. A loro ho consigliato di cogliere al volo le occasioni che gli si presentano. Viaggiare è l'unico modo per esplorare luoghi e

culture diverse dalle nostre, ampliare le nostre conoscenze e perchè no, cambiare convinzioni che ritenevamo assolute. I viaggi ci cambiano, ci migliorano, ci insegnano a ridimensionarci e a migliorare il nostro rapporto simbiotico con questo meraviglioso pianeta che è la Terra.

Bibliografia

- Bonatti, E., 1977. Vertical tectonism in oceanic fracture zones. *Earth Planetary Science Letters*, 37, 369 – 379.
- Bonatti, E., Sartori, R., Boersma, A., 1983. Vertical crustal movements at the Vema Fracture Zone in the Atlantic: Evidence from dredged limestones. *Tectonophysics*, 91 (3-4), 213 – 232.
- Bonatti, E., 1990a. Not so hot “hot spots” in the oceanic mantle. *Science*, 250, 107 – 111.
- Bonatti, E., 1990b. Subcontinental mantle exposed in the Atlantic Ocean on St.Peter-Paul islets. *Nature*, 345, 800 – 802.
- Cramer, F., Shepard, G.E., Heron, P.J., 2020. The misuse of colour in science communication. *Nature Communication*, 11, 5444.
- Darwin, C.R., 1842. *Coral Reefs*. Smith-Elder, London.
- Darwin, C.R., 1844. *Geological Observations on the Volcanic Islands Visited During the Voyage of H.M.S. Beagle, Together With Some Brief Notices of the Geology of Australia and the Cape of Good Hope. Being the Second Part of the Geology of the Voyage of the Beagle, Under the Command of Capt. Fitzroy, R.N. During the Years 1832 to 1836*. Smith-Elder, London.
- Darwin, C.R., 1887. *The autobiography of Charles Darwin*. Delhi Open Books.
- Feitoza, B.M., Rocha, L.A., Luiz-Junior, O.J., Floeter, S.R. and Gasparini, J.L., 2003. Reef fishes of St. Paul's Rocks: new records and notes on biology and zoogeography. *AQUA*, 7, 61 – 82.
- Gray, M., 2004. *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. John Wiley & Sons Ltd.
- Morgan, W.J., 1972. Deep mantle convection plumes and plate motions. *AAPG Bulletin*, 56, 203 – 213.
- Palmiotto, C., Corda, L., Ligi, M., Cipriani, A., Dick, H.J.B., Douville, E., Gasperini, L., Montagna, P., Thil, F., Borsetti, A., Balestra, B. and Bonatti, E., 2013. Non-volcanic tectonic islands in ancient and modern oceans. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 14, 4698 – 4717.
- Palmiotto, C., Corda, L. and Bonatti, E., 2017. Oceanic Tectonic Islands. *Terra Nova*, 29, 1 – 12.
- Wilson, J.Y., 1963. A possible origin of the Hawaiian Islands. *Canadian Journal of Physics*, 41, 863 – 870.
- Wilson, J.Y., 1965. A new class of faults and their bearing on continental drifts. *Nature*, 207, 343 – 347.

SEDE ISTITUTO

Arsenale – Tesa 104
Castello 2737/F
30122 VENEZIA
Tel +39 041 2407297
Fax +39 041 2407290
segreteria@ismar.cnr.it

Pozzuolo di Lerici
Forte Santa Teresa
19032 SP

Tel +39 0187 978300
Fax +39 0187 970585
segreteria@sp.ismar.cnr.it

Napoli
Calata Porta di Massa,
80133 NA

Tel +39 081 5423846
Fax +39 081 5423887
segreteria@na.ismar.cnr.it

Roma
Via del Fosso del Cavaliere, 100
00133 RM

Tel: +39 06 49934576
Fax: +39 06 45488291
segreteria@rm.ismar.cnr.it

Trieste
Area Science Park
SS 14, Km 163,5 Ed. Q2

34149 Basovizza TS
Tel +39 040 3756871 -2
segreteria@ts.ismar.cnr.it