

This is the peer reviewed version of the following article:

Charles Darwin geologo / Tosatti, Giovanni. - In: ATTI DELLA SOCIETÀ DEI NATURALISTI E MATEMATICI DI MODENA. - ISSN 0365-7027. - STAMPA. - 139:(2008), pp. 205-219.

Terms of use:

The terms and conditions for the reuse of this version of the manuscript are specified in the publishing policy. For all terms of use and more information see the publisher's website.

14/05/2026 09:43

(Article begins on next page)



Giovanni Tosatti*

Charles Darwin geologo

Riassunto

Charles Darwin è passato alla storia come lo scienziato che ha elaborato una nuova e rivoluzionaria teoria che spiega la trasformazione delle specie vegetali e animali tramite la selezione naturale. Tuttavia, agli esordi della sua formazione come naturalista, e durante i lunghi anni a bordo del brigantino Beagle, egli si interessò soprattutto di geologia, come testimoniano i suoi numerosi scritti su questa materia. Darwin diede contributi originali sull'orogenesi delle Ande, l'origine delle scogliere coralline, i ghiacciai, la formazione dei massi erratici e i fossili di vertebrati. Fu inoltre la geologia a condurlo all'elaborazione delle sue concezioni sull'evoluzione; grazie infatti alle sue conoscenze sulle forze e i processi dinamici che modellano la superficie terrestre Darwin intuì l'adattamento degli organismi che popolano la Terra ad ambienti fisici e climatici in continua mutazione. Da questo punto di vista, il suo approccio allo studio delle scienze naturali può essere considerato di tipo olistico.

Abstract

Charles Darwin became famous thanks to his new and revolutionary theory which explains the transformation of vegetal and animal species by means of natural selection. Nevertheless, as a young man and during the long journey on board the Beagle, Darwin was known mainly as a geologist, as witnessed by his numerous articles on the subject. He gave original contributions on the genesis of the Andes, the origin of coral reefs, glaciers, the formation of erratic boulders and the fossils of vertebrates. Indeed, it was geology that led him to develop the concept of evolution. Thanks to his knowledge of the forces and dynamic processes which constantly model the Earth's surface, Darwin guessed that organisms adapted to ever-changing physical environments and climatic conditions. From this viewpoint, his approach to the study of Natural Sciences may be considered holistic.

Parole chiave: Darwin, geologia, geomorfologia, paleontologia, evolucionismo

Key words: Darwin, geology, geomorphology, palaeontology, evolutionism

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia Largo S. Eufemia 19, 41121 Modena (Italy), tel. 059 2055839, e-mail: giovtos@unimore.it

Il genio scientifico di Charles Darwin (Fig. 1) è stato consacrato alla storia della scienza grazie alla sua opera *On the Origin of Species...* (1859), frutto di meticolose ricerche sul campo e di oltre venti anni di riflessioni ed elaborazioni dei suoi diari e taccuini di viaggio. Ma questo suo grande contributo alle scienze biologiche e, più in generale, al dibattito sull'origine e la propagazione della vita sulla Terra, non deve far passare in secondo piano i suoi studi e le sue teorie in campo geologico, alcune delle quali sono ancora oggi ritenute valide.

L'innata curiosità di Darwin per i fenomeni naturali lo aveva indotto, ancora bambino, a raccogliere e collezionare i più svariati tipi di ciottoli, di minerali e di rocce che aveva occasione di trovare, ponendosi quesiti sulla loro formazione¹ (Barlow, 1958). Questa sua inclinazione ebbe modo di svilupparsi in seguito, durante gli anni di studio all'Università di Cambridge (1828-1831).

In Gran Bretagna gli anni trenta del XIX secolo furono pieni di nuovi fermenti e teorie nel campo della geologia. In quel periodo andava infatti sviluppandosi la scuola di pensiero fondata nel secolo precedente dal geologo scozzese James Hutton (1726-1797), nota ancora oggi come Attualismo o Uniformitarismo, la quale afferma che ciò che vediamo accadere attualmente (in ambito geologico, paleontologico, astronomico ecc.) può essere usato per interpretare ciò che è accaduto in passato (Hutton, 1785). Il principio dell'Attualismo, tuttora valido, costituisce la pietra angolare della paleontologia. Hutton fu il primo a riconoscere la natura delle rocce intrusive e a ipotizzare la loro origine da un magma primordiale. Egli fu inoltre tra i primi a comprendere il ruolo essenziale degli agenti esogeni nel modellamento della superficie terrestre e intuì il ruolo determinante del fattore tempo in geologia (Herbert, 2005).

I geologi inglesi contemporanei di Darwin definirono i sistemi Cambriano, Siluriano e Devoniano, completando su scala globale la successione degli strati geologici e abbandonando definitivamente gli infruttuosi tentativi di sincronizzare la storia biblica con quella geologica: la scienza diventava laica e si affrancava del tutto dalla teologia. Fu in particolare il grande geologo scozzese Charles Lyell (1797-1875) che sviluppò e applicò la teoria attualistica di Hutton nella sua opera fondamentale *Principles of Geology* (Lyell, 1830-1833), contrapponendola al Catastrofismo – formulato dal francese Georges Cuvier (1769-1832) – che fino a quell'epoca andava per la maggiore.

Gli studiosi che più influirono sulla formazione del giovane Darwin furono il botanico ed entomologo John Stevens Henslow e il geologo Adam

¹ In una nota autobiografica Darwin rammenta un suo desiderio infantile: «Poter sapere qualcosa su ogni ciottolo che si trovava davanti al portone di casa: si trattava della mia prima ed unica aspirazione geologica a quel tempo» (Burckhardt *et al.*, 1985-2002).

Sedgwick, entrambi docenti dell'Università di Cambridge. Quest'ultimo, in particolare, offrì al neolaureato Darwin l'opportunità di partecipare a diverse escursioni geologiche nel Galles, consentendogli di affinare i metodi di ricerca sul campo. L'esperienza acquisita sotto la guida di Sedgwick, fece di Darwin il candidato ideale per partecipare – in veste di geologo e naturalista – alla spedizione del brigantino Beagle (Fig. 2) intorno al mondo, alla guida del capitano Robert FitzRoy, intrapresa nel dicembre 1831 (FitzRoy, 1839). FitzRoy, egli stesso cultore di geologia, aveva letto il primo volume dei *Principles of Geology* di Lyell – che spiegava come le strutture geologiche fossero il risultato di processi gradualisti che avvenivano in tempi lunghissimi – e prima della partenza del Beagle donò a Darwin una copia del libro con la richiesta, da parte dello stesso Lyell, di annotare le osservazioni che avrebbe fatto sulla presenza e distribuzione dei *massi erratici*², dato che la loro origine era in quegli anni ancora dibattuta.

Un altro scienziato dell'epoca che ebbe grande influenza su Darwin fu il naturalista ed esploratore tedesco Alexander von Humboldt (1769-1859) – considerato il padre della geografia fisica – con il quale il nostro ebbe una nutrita corrispondenza negli anni successivi al suo rientro in Inghilterra.

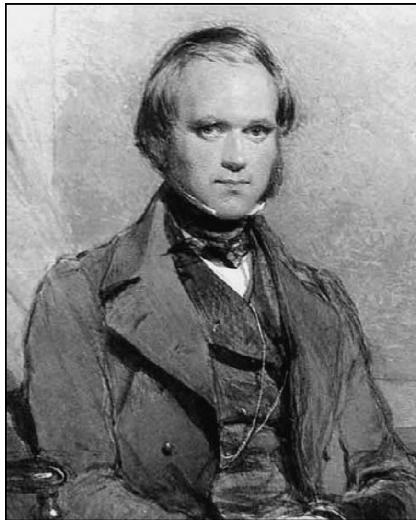


Fig. 1 – Charles Darwin in un ritratto di John Richmond, 1840

Fig. 1 – Charles Darwin as depicted by John Richmond in 1840

² I massi erratici sono blocchi di roccia trasportati a fondovalle dai ghiacciai. Questi massi, dopo che il ghiacciaio si è ritirato, occupano spesso posizioni insolite in zone sub-pianeggianti. La loro origine glaciale fu scoperta soltanto nella seconda metà del XIX secolo dai geologi svizzeri.

Inizialmente il viaggio sul *Beagle* doveva svolgersi nell'arco di due anni, ma in realtà ne durò quasi cinque, mettendo in più di un'occasione a dura prova la resistenza fisica e psicologica di Darwin che soffriva di chinetosi e di disturbi psicosomatici. La necessità di avere un geologo a bordo di una nave della Reale Marina derivava essenzialmente da ragioni economiche, tese ad individuare giacimenti metalliferi di importanza strategica per l'impero britannico o trovare baie o insenature che potessero essere sfruttate come porti commerciali.

Al di là di queste motivazioni opportunistiche, il viaggio sul *Beagle* permise a Darwin di sviluppare teorie geologiche di particolare rilevanza. Durante le numerose tappe della navigazione egli svolse meticolose osservazioni sul campo corredate da importanti raccolte di materiale. Le sue intuizioni sull'origine delle scogliere coralline posero le basi per la concezione odierna della loro formazione (Herbert, 1986). Infine, fu in gran parte la geologia a condurlo all'elaborazione delle sue idee sull'evoluzione o *transmutation*, come voleva il vocabolario dell'epoca (Barret *et al.*, 1987). Fu infatti grazie alle sue conoscenze sulle forze e i processi dinamici che costantemente modellano la superficie terrestre che Darwin intuì l'adattamento selettivo ad ambienti fisici e climatici in continua mutazione da parte delle varie forme di organismi che popolano la Terra, definendo la loro passata e attuale distribuzione geografica³. Da questo punto di vista, il suo approccio allo studio delle discipline che compongono le scienze naturali può essere considerato di tipo olistico.

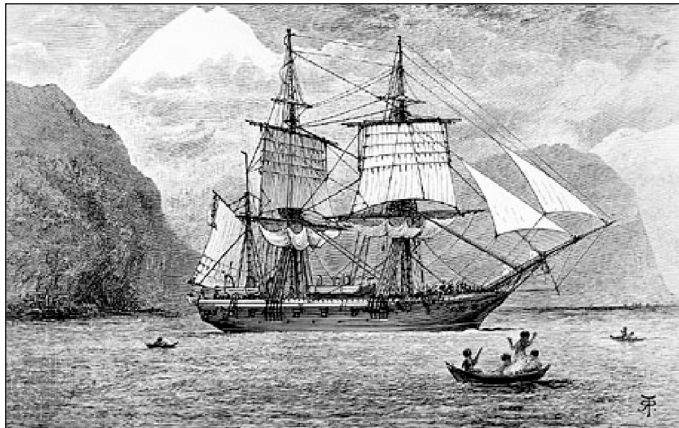


Fig. 2 – Il brigantino *Beagle* nello Stretto di Magellano, da un'edizione del 1890 del *Journal of Researches* di Darwin (1845b)

Fig. 2 – The brigantine *Beagle* in the Straits of Magellan (taken from the 1890 edition of Darwin's *Journal of Researches*, 1845b)

³ Famosa, a questo riguardo, è la frase che Darwin scrisse nel 1838 in appendice ai suoi appunti di viag-

Durante il lungo viaggio sul Beagle Darwin dimostrò doti di scrupoloso classificatore dei reperti da lui raccolti e di accorto osservatore: fu sempre diligente nel numerare i propri esemplari, registrarne la provenienza e prendere dettagliati appunti su tutto ciò che si presentava ai suoi occhi, tanto che le sue collezioni sono giunte integre fino ai giorni nostri.

Le doti di attento studioso di Darwin non si esaurivano certo nelle sue capacità di raccogliitore e di osservatore, dato che la sua fama come scienziato è basata piuttosto sulle sue teorizzazioni. Ciò che infatti lo distingueva dalla maggior parte dei suoi colleghi era la capacità di trattare sia questioni astratte di struttura e causalità, sia questioni di minuziosa osservazione, passando con facilità dall'uno all'altro livello (Herbert, 1986). La sua tendenza a teorizzare, accompagnata da una buona disposizione ad affrontare problemi controversi, si rivelò fin dalla tappa che il Beagle fece alle Isole di Capo Verde, nel gennaio del 1832.

La sua ambizione di geologo crebbe progressivamente durante i restanti anni del viaggio, rendendolo più speculativo nel modo di affrontare le questioni geologiche e paleontologiche, anche se, mentre ancora si preparava al viaggio, egli annotò di avere paura di «*essere sopraffatto dal numero degli argomenti di cui dovrò occuparmi*» (Burckhardt *et al.*, 1985-2002).

In particolare, gli argomenti che più attrassero Darwin durante il viaggio, e sui quali scrisse diversi articoli, furono la genesi delle Ande (Darwin, 1838a-b; 1840; 1846a), l'origine delle scogliere coralline (Darwin, 1842b), i ghiacciai e la formazione degli iceberg e dei massi erratici (Darwin, 1839b; 1842a-c; 1848; 1855) e i depositi fossiliferi di vertebrati (Darwin, 1838c).

Le tappe che il Beagle fece in Sud America permisero a Darwin di osservare e interpretare ambienti fisici mai visti prima e, comunque, assai poco conosciuti agli studiosi dell'epoca. In Patagonia egli fu colpito dalla vastità delle pianure e dalla presenza di lunghi tratti di litorali rialzati lungo la costa atlantica. Da queste osservazioni dedusse che il loro sollevamento fosse dovuto a una forza che agiva molto lentamente e uniformemente su vaste aree, tale da non turbare la continuità dell'altezza delle pianure e dei litorali rialzati.

Dopo una sosta alle Isole Falkland, delle quali Darwin descrisse le caratteristiche geologiche (Darwin, 1846b), il Beagle attraversò lo Stretto di Magellano. Le spedizioni che egli fece in diversi punti della Terra del Fuoco

gio sul Beagle (Keynes, 1988): «*I a geologist have illdefined notion of land covered with ocean, former animals, slow force cracking surface...*» [Io, geologo, ho una vaga idea di terra coperta da oceani, di animali del passato, di una lenta forza che spezza la superficie ...]

lo portarono a contatto con i grandi ghiacciai delle Ande. In seguito il Beagle risalì la costa pacifica del Cile, dove il nostro poté meglio osservare e descrivere la maestosità della catena andina. Nei pressi di Valparaiso trovò depositi di conchiglie marine molto all'interno e molto al di sopra del livello costiero, traendone le prove di una linea di costa in sollevamento. Nel gennaio 1835 Darwin assistette alla ripresa dell'attività eruttiva del vulcano Osorno in Cile (Fig. 3), mentre nel febbraio dello stesso anno, a Valdivia⁴, fu testimone di un forte terremoto che causò centinaia di vittime e determinò un sollevamento della superficie topografica di alcuni decimetri (Darwin, 1845b).



Fig. 3 – Vista del vulcano Osorno (2652 m s.l.m.) nel sud del Cile, la cui ultima eruzione risale al 1869 (foto Franz Xaver, 1993)

Fig. 3 – View of the Osorno volcano (2652 m a.s.l.) in southern Chile, which last erupted in 1869 (photo by Franz Xaver, 1993)

Da tutte queste osservazioni, egli concluse che l'intero continente sudamericano si stava sollevando e che la formazione delle Ande e il verificarsi di eruzioni vulcaniche e di eventi sismici erano gli effetti collaterali di tale movimento. Come scrisse nel suo diario, Darwin rappresentava questi grandiosi eventi geologici nel seguente modo: «*Mi immagino che in una remota era geologica questa grande catena fosse un insieme di isole vulcaniche ricoperte da foreste lussureggianti; enormi colate di lava scendevano dai crateri fino a raggiungere i fondali marini*» (Keynes, 1988).

⁴ Il 22 maggio 1960 la città cilena di Valdivia fu nuovamente l'epicentro di un sisma: il terremoto più forte mai registrato da sismografo (magnitudo 9,5). La città fu completamente distrutta, migliaia di persone persero la vita e il sisma provocò un devastante tsunami che colpì le Hawaii, le Filippine e il Giappone.

In seguito la sua visione dell'orogenesi andina divenne più complessa mano a mano che raccoglieva dati e misure di campagna su vari elementi strutturali. Egli infatti identificò diversi allineamenti, o linee di rottura (*crevices*), paralleli all'andamento della catena e ne dedusse che le Ande si erano originate in seguito a una serie di sollevamenti, intervallati fra di loro, che avevano formato le numerose dorsali e le lunghe valli di alta quota che caratterizzano gran parte della catena.

Analogamente alle teorie espresse da Hutton e Lyell, Darwin riteneva che il sollevamento di un'area della superficie terrestre dovesse essere controbilanciata dall'abbassamento di un'altra. Pertanto, una volta giunto alla conclusione che tutta l'America Meridionale e, presumibilmente, anche l'America Settentrionale si stavano sollevando, egli cercò in qualche altro luogo una corrispondente zona di abbassamento. «*Quest'area corrispondente – si chiedeva – non è forse compresa nell'enorme distesa dell'Oceano Pacifico?*» (Keynes, 1988).

L'ipotesi che questo oceano fosse un grande bacino subsidente lo portò a cercare conferma alle sue idee nell'accrescimento delle scogliere coralline che poté osservare dettagliatamente nelle Isole della Società, durante la tappa del Beagle a Tahiti. Darwin raggiunse questo arcipelago polinesiano nel novembre 1835, proveniente dalle Isole Galápagos, di cui aveva minuziosamente descritto le caratteristiche vulcaniche⁵.

Anche lo studio della distribuzione delle scogliere coralline⁶ era stato caldeggiato dalla Marina britannica per i risvolti pratici che tale conoscenza implicava. Era infatti ancora vivo all'epoca il ricordo del naufragio della nave del capitano James Cook (1728-1779) sulla barriera corallina australiana, avvenuto nel 1770, e le insidie poste alla navigazione dalle numerose scogliere subaffioranti in prossimità delle coste tropicali.

In particolare, Darwin ebbe occasione di salire su una collina di Tahiti dalla quale si dominava la vicina isola di Moorea (Fig. 4), completamente circondata da scogliere. Fu questa osservazione che lo indusse a sviluppare la sua

⁵ Il soggiorno alle Galápagos permise inoltre a Darwin di studiare in dettaglio i particolari endemismi faunistici delle varie isole di questo arcipelago dell'Ecuador. I risultati delle sue ricerche fornirono in seguito gli elementi essenziali per lo sviluppo della sua teoria dell'evoluzione per selezione naturale.

⁶ Le scogliere coralline costituiscono uno degli ecosistemi più ricchi di vita del Pianeta, paragonabili, per varietà di specie, solo alle foreste pluviali equatoriali. Esse sono costituite essenzialmente da coralli (Anthozoa), che sono una classe di animali del phylum dei Celenterati (o Cnidari). Consistono di piccoli polipi simili ad anemoni di mare radunati in colonie di molti individui simili. Il gruppo include gli animali costruttori delle barriere coralline tropicali i quali, assimilando il carbonato di calcio disciolto nell'acqua marina, formano il tipico esoscheletro calcareo.

teoria sulla formazione degli atolli corallini. Egli infatti ipotizzò che se l'isola, circondata da scogliere coralline, fosse sprofondata lentamente, al suo posto si sarebbe formato un atollo. Secondo questa teoria, le scogliere possono formarsi soltanto su piattaforme sottomarine preesistenti, come isole vulcaniche e sommità di rilievi subaffioranti, che si sono in seguito abbassati, dal momento che i coralli non si sviluppano al di sopra della superficie del mare. I coralli costruttori, inoltre, crescono solo in acque poco profonde dove possono trovare luce, ossigeno e nutrienti (Darwin, 1842b). Il loro progressivo accrescimento sarebbe quindi favorito dal lento e costante sprofondamento dei fondali oceanici dei bacini subsidenti (Fig. 5).



Fig. 4 – Veduta aerea dell'isola di Moorea (Polinesia francese) circondata da scogliere coralline (foto www.hideawayholidays.com.au)

Fig. 4 – Aerial view of Moorea island (French Polynesia) surrounded by coral reefs (photo www.hideawayholidays.com.au)

Anche se in seguito fu contestata in alcuni punti specifici, la teoria di Darwin sulla struttura e sulla distribuzione delle scogliere coralline gode tuttora di grande considerazione e rimane un modello di semplicità e di grande capacità descrittiva.

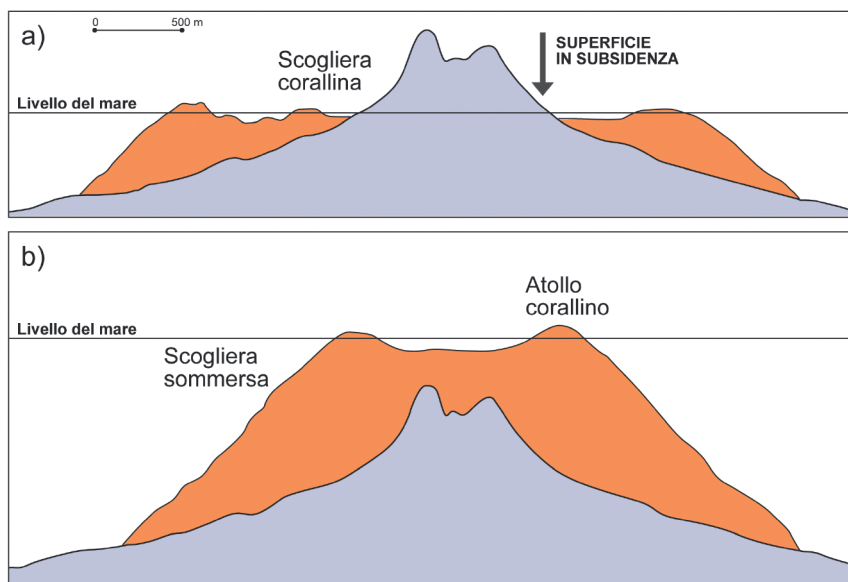


Fig. 5 – a) I coralli si accumulano in acque poco profonde sul perimetro di un'isola subsidente; b) l'isola è completamente sprofondata e i coralli formano un atollo. Darwin comprese che all'interno di una laguna i coralli non crescono perché per svilupparsi necessitano di acqua in movimento, mentre quella lagunare è troppo stagnante (rielaborato da un disegno originale di Darwin)

Fig. 5 – a) Corals grow in shallow waters along the perimeter of a subsiding island; b) The island has completely sunk and corals form an atoll (modified after an original drawing by Darwin)

Quando Darwin vide per la prima volta i ghiacciai della Terra del Fuoco li considerò semplicemente grandi spettacoli della natura, la cui azione si limitava a riflettere e rifrangere la luce del sole e a generare iceberg. Egli non comprese subito il ruolo attivo che essi svolgono nel modellamento del paesaggio e, in particolare, nel trasporto di massi erratici. Per lungo tempo, in seguito alle sue osservazioni dei ghiacciai andini (Fig. 6), Darwin fu convinto che i massi erratici non fossero altro che blocchi di roccia inglobati e trasportati dagli iceberg, per poi essere depositati sui fondali marini in prossimità della costa. La loro presenza anche a quote elevate sul livello del mare poteva spiegarsi con i successivi movimenti di sollevamento delle catene montuose.

In effetti il rapporto che Darwin ebbe con questi fenomeni geologici fu piuttosto tormentato per diversi anni (Darwin, 1839b), in aperta polemica con le interpretazioni dei glaciologi svizzeri dell'epoca. Questi ultimi, capeggiati da Jean de Charpentier (1786-1855), Ignace Venetz (1788-1859) e Louis

Agassiz (1807-1873) avevano giustamente compreso il ruolo attivo che i ghiacciai svolgono nei processi erosivi, nel trasporto dei massi erratici e nella formazione dei *ciottoli striati* e delle *rocce montonate*⁷. I loro studi congiunti, protrattisi per oltre un ventennio, permisero di definire un quadro chiaro e completo sulla grande forza dinamica dei ghiacciai e sulle loro variazioni spazio-temporali (Venetz, 1820; Agassiz, 1838, 1840). Grazie a questi studi, fu inoltre definito il concetto di “glaciazione” (*Eiszeit*).

Per molti anni tuttavia Darwin rifiutò queste interpretazioni, insistendo sulla sua posizione che vedeva gli iceberg e i movimenti tettonici verticali quali unici agenti del trasporto e della distribuzione dei massi erratici. Soltanto nel 1841 egli riconobbe le argomentazioni dei geologi svizzeri, elogiando in particolare i lavori del suo contemporaneo Agassiz. In seguito, dopo avere ritrattato le proprie idee, Darwin ritornò nel Galles per «*riesaminare le azioni dei ghiacciai*» (Darwin, 1842a-c; 1848) alla luce delle interpretazioni di Agassiz (Herbert, 1999).

Un'altra disciplina che ebbe un ruolo importante per Darwin nell'ambito delle scienze della Terra fu la paleontologia. Anche lo studio dell'estinzione di molte specie animali vissute nel passato fornì a Darwin altri elementi basilari per l'elaborazione della sua teoria sull'evoluzione (Darwin, 1859). Durante il viaggio del Beagle, il nostro raccolse una gran quantità di ossa fossili, cercando di determinarne l'associazione geologica, vale a dire la loro posizione in uno strato particolare e il rapporto con quelli vicini. Egli cercò inoltre di ricostruire l'ambiente nel quale esse si erano depositate per poter risalire alle cause della morte e, più in generale, all'estinzione della loro specie.

In quegli anni si era verificata una vera e propria spaccatura nella geologia inglese tra chi – come Charles Lyell (1830-33) – credeva che le specie si estinguessero gradualmente e chi – come William Buckland (1824) – riteneva che le specie scomparissero in modo piuttosto repentino, presumibilmente a causa di cambiamenti delle condizioni ambientali (eruzioni vulcaniche, grandi alluvioni, variazioni climatiche ecc.).

⁷ I ciottoli striati sono caratterizzati da striature diffuse e sottili, formatesi per sfregamento reciproco all'interno del ghiaccio o con la roccia di base; sono soprattutto i calcari che più si prestano a produrre ciottoli striati. Le rocce montonate (o *roches moutonnées*) sono superfici rocciose, spesso associate in gruppi, modellate in gobbe convesse e lisce; esse appaiono sagomate secondo la direzione e il verso del movimento glaciale: lisce e arrotondate sul lato controcorrente, scabre e spezzate sul lato opposto.



Fig. 6 – Il ghiacciaio Serrano in Cile, visto da Darwin nel 1833 (foto www.wideview.it/travel/falklands)

Fig. 6 – The Serrano glacier in Chile, which Darwin saw in 1833 (photo www.wideview.it/travel/falklands)

Darwin optò senza esitazione per l'idea gradualistica, anche in conseguenza delle sue osservazioni sui lenti innalzamenti che, a suo giudizio, stavano avvenendo nell'America Meridionale. Come scrisse nel 1835 quando si trovava in Cile: «*Per quel che riguarda la morte⁸ di alcune specie di mammiferi terrestri nella parte sud dell'America Meridionale, sono vivamente propenso a respingere l'azione di qualsiasi calamità improvvisa*» (Keynes, 1988).

⁸ In questo appunto di viaggio con il termine “morte” (*death*) Darwin intende in realtà “estinzione”

Il ricco materiale fossile raccolto durante il lungo viaggio del Beagle fu poi consegnato a Londra al paleontologo inglese Richard Owen (1804-1892) che si mise subito ad analizzarlo. Ciò che maggiormente colpì Darwin furono le corrispondenze anatomiche messe in rilievo da Owen tra le ossa fossili esaminate e quelle di vari animali viventi tipici dell'America Meridionale: un esemplare, chiamato successivamente *Toxodon platensis*, aveva affinità con l'attuale capibara (*Hydrochoeris hydrochaeris*); un altro, chiamato poi *Macrauchenia patachonica* (Fig. 7), presentava affinità – in seguito contestate – con l'attuale guanaco (*Lama guanicoe*). Le riflessioni indotte da queste corrispondenze anatomiche tra specie fossili e specie viventi, approfondite successivamente da Darwin, diedero un contributo fondamentale alla sua teoria sull'origine ed evoluzione delle specie (Barrett *et al.*, 1987; Keynes, 2002). In particolare, relativamente all'estinzione di grandi mammiferi sudamericani, Darwin rifiutò l'ipotesi di una catastrofe geologica che, per l'estensione della zona interessata, avrebbe dovuto colpire la Terra in maniera più intensa, e che è inoltre contraddetta dall'osservazione del carattere graduale dei mutamenti geologici nelle regioni di La Plata e della Patagonia (Chiesura, 2002).

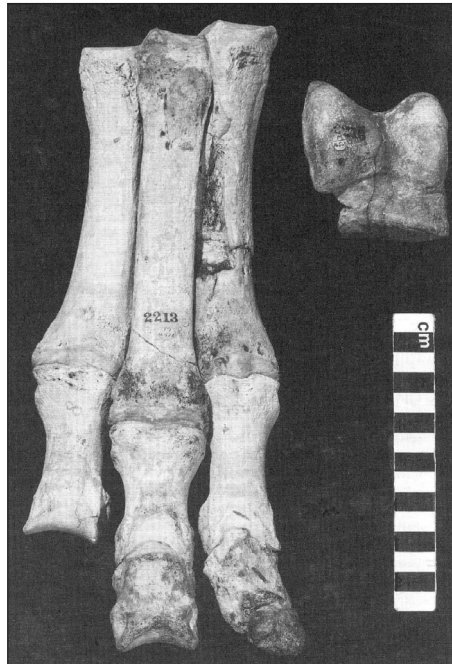


Fig. 7 – Reperti ossei di *Macrauchenia patachonica*, raccolti da Darwin in Argentina e ricomposti e classificati da Owen nel 1838. Si tratta dell'ultimo rappresentante dei Litop-

terna, un ordine di ungulati estinti vissuti in Sud America durante il Cenozoico (© The Natural History Museum, Londra)

Fig. 7 – *Fossil remains of Macrauchenia patachonica, collected by Darwin in Argentina and assembled and classified by Owen in 1838. These bones belong to the last species of Litopterna, an order of extinct ungulates which lived in South America during the Cenozoic* (© The Natural History Museum, London)

Fu pertanto grazie alla sua formazione di geologo e alle sue vaste conoscenze maturate in campo geografico e naturalistico che Charles Darwin fu in grado di correlare i fenomeni geologici da lui osservati alla distribuzione ed evoluzione degli esseri viventi su una Terra in continuo mutamento, dove soltanto gli individui biologicamente meglio selezionati e più adattabili possono sopravvivere e trasmettere la vita, in una continua lotta contro l'onnipresente rischio dell'estinzione.

Bibliografia

- AGASSIZ L., 1838 – *Upon glaciers, moraines and erratic blocks: being the address delivered at the opening of the Helvetic Natural History Society, at Neuchâtel, on 24th of July 1837*. Edinburgh New Philosophical Journal, **24**, pp. 364-383, Edinburgh.
- AGASSIZ L., 1840 – *Études sur les glaciers*. Jent & Gassmann, Neuchâtel.
- BARLOW N., 1958 – *The Autobiography of Charles Darwin*. Collins, London.
- BARRETT P.H., GAUTREY P.J., HERBERT S., KOHN D. & SMITH S. (eds.), 1987 – *Charles Darwin's Notebooks, 1836-1844: Geology, Transmutation of Species, Metaphysical Enquiries*. British Museum and Cornell University Press, London and Ithaca, N.Y.
- BOWLER P.J., 1996 – *Charles Darwin. The Man and His Influence*. Cambridge University Press, Cambridge.
- BOYLAN P.J., 1998 – *Lyell and the dilemma of Quaternary glaciation*. In: D.J. Blundell & A.C. Scott (eds.) "Lyell: the Past is the Key to the Present", Geol. Soc. of London, Spec. Publ. **143**, pp.145-159, London.
- BUCKLAND W., 1824 – *On the excavation of valleys by diluvial action, as illustrated by a succession of valleys which intersect the south coast of Dorset and Devon*. Transactions of the Geol. Soc. of London, 2nd series, **1**, pp. 95-102, London.
- BURCKHARDT F. ET ALII, (1985-2002) – *The Correspondence of Charles Darwin*. 13 vols., Cambridge University Press, Cambridge.
- CHIESURA G., 2002 – *Charles Darwin geologo*. Hevelius Ed., 208 pp., Benevento.
- DARWIN C., 1838a – *Geological notes made during a survey of the east and west coasts of South America, in the years 1832-1835, with an account of a transverse section of the cordilleras of the Andes between Valparaiso and Mendoza*. Proc. Geol. Soc. of London, **2**, pp. 210-212.
- DARWIN C., 1838b – *Observations of proofs of recent elevation on the coast of Chili, made during the survey of H.M.S. Beagle*. Proc. Geol. Soc. of London, **2**, pp. 446-449.
- DARWIN C., 1838c – *A sketch of the deposits containing extinct Mammalia in the neighbourhood of the Plata*. Proc. Geol. Soc. of London, **2**, pp. 542-544.
- DARWIN C., 1838d – *On certain areas of elevation and subsidence in the Pacific and Indian Oceans, as deduced from the study of coral formations*. Proc. Geol. Soc. of London, **2**, pp. 552-554.
- DARWIN C., 1838e – *On the connection of certain volcanic phaenomena and on the formation of mountain chains and volcanoes, as the effect of continental elevation*. Proc. Geol. Soc. of London, **2**, pp. 654-660.
- DARWIN C., 1839a – *Observations on the parallel roads of Glen Roy, and of other parts of Lochaber in Scotland, with an attempt to prove that they are of marine origin*. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, pp. 39-81.

- DARWIN C., 1839b – *On the distribution of the erratic boulders and on the contemporaneous unstratified deposits of South America*. Proc. Geol. Soc. of London, **3**, pp. 426-430.
- DARWIN C., 1840 – *On the connection of certain volcanic phaenomena in South America; and on the formation of mountain chains and volcanoes, as the effect of the same power by which continents are elevated*. Transactions of the Geol. Soc. of London, 2nd series, **5**, pp. 601-631.
- DARWIN C., 1841 – *On a remarkable bar of sandstone off Pernambuco, on the coast of Brazil*. London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 3rd series, **19**, pp. 257-260.
- DARWIN C., 1842a – *On the distribution of the erratic boulders and on the contemporaneous unstratified deposits of South America*. Proc. Geol. Soc. of London, **6**, pp. 426-430.
- DARWIN C., 1842b – *The structure and distribution of coral reefs, being the first part of the geology of the voyage of the Beagle*. Smith, Elder & Co., London.
- DARWIN C., 1842c – *Notes on the effects produced by the ancient glaciers of Caernarvonshire, and on the boulders transported by floating ice*. Edinburgh New Philosophical Journal, **23**, pp. 352-363.
- DARWIN C., 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*. Smith, Elder & Co., London.
- DARWIN C., 1845a – *On the analogy of the structure of some volcanic rocks with that of glaciers*. Proc. Royal Soc. of Edinburgh, **2**, pp. 17-18.
- DARWIN C., 1845b – *Journal of researches into the Natural History and Geology of the countries visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the World*. John Murray, London.
- DARWIN C., 1846a – *Geological observations on South America, being the third part of the geology of the voyage of the Beagle*. Smith, Elder & Co., London.
- DARWIN C., 1846b – *The Geology of the Falkland Islands*. Quarterly Journal of the Geol. Soc. of London, **2**, pp. 267-274, London.
- DARWIN C., 1848 – *On the transport of erratic boulders from a lower to a higher level*. Quarterly Journal of the Geol. Soc. of London, **4**, pp. 315-323, London.
- DARWIN C., 1849 – *Geology*. From *A Manual of scientific enquiry; prepared for the use of Her Majesty's Navy; and adapted for travellers in general*. John F.W. Herschel ed., London.
- DARWIN C., 1851 – *A monograph on the fossil Lepadidae, or Pedunculated Cirripedes of Great Britain*. Palaeontographical Society, **1**, London.
- DARWIN C., 1855 – *On the power of icebergs to make rectilinear, uniformly-directed grooves across a submarine undulatory surface*. Philosophical magazine, **10**, pp. 96-98, London.
- DARWIN C., 1858 – *A monograph on the fossil Balanidae and Verrucidae of Great Britain*. Palaeontographical Society, **2**, London.
- DARWIN C., 1859 – *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, London.
1^a traduz. ital. a cura di G. Canestrini & L. Salimbeni, 1864 – *Sull'origine delle specie per elezione naturale ovvero conservazione delle razze perfezionate nella lotta per l'esistenza*. Nicola Zanichelli e soci, Modena, 403 pp. [ristampa anastatica 1982, Zanichelli, Bologna].
- DARWIN C., 1868 – *The variations of animals and plants under domestication*. John Murray, London.
- DARWIN C., 1890 – *On the structure and distribution of coral reefs; also geological observations on volcanic islands and parts of South America*. John W. Judd (ed.), Ward, Lock & Co., London.
- DARWIN C. & WALLACE A.R., 1958 – *Evolution by Natural Selection*. Cambridge University Press, Cambridge.
- FITZROY R., 1839 – *Narrative of the surveying voyage of H.M.S. "Adventure" and "Beagle"*. 3 vols. + appendix, Henry Colburn, London.
- HERBERT S., 1986 – *Darwin as a Geologist*. Scientific American, **254**, May 1986, pp. 116-123. Traduz. ital.: "Darwin geologo", Le Scienze, **215**, luglio 1986, pp. 88-94, Milano.
- HERBERT S., 1991 – *Charles Darwin as a prospective geological author*. British Journal for the History of Science, **24**, Cambridge.
- HERBERT S., 1999 – *An 1830s view from outside Switzerland: Charles Darwin on the "Beryl Blue" glaciers of Tierra del Fuego*. Eclogae Geologicae Helveticae, **92**, pp. 339-346.
- HERBERT S., 2005 – *Charles Darwin, Geologist*. Cornell University Press, 485 pp., Ithaca, N.Y.
- HUMBOLDT A., 1851 – *Travels to the Equinoctial Regions of America. A Personal Narrative of Travels during the Years 1799-1804*. Globus Publishing, New York, Berlin.
- HUTTON J., 1785-1794 – *System of the Earth. Theory of the Earth. Observations on Granite*. In: V.A. Eyles

- & G.W. White (eds.) Facsimiles of the original editions, London.
- JUDD J.W., 1909 – *Darwin and Geology*. In: A.C. Seward (ed.) “Darwin and Modern Science”, Cambridge University Press, Cambridge.
- KEYNES R., 1979 – *The “Beagle” record: selection from the original pictorial records and written accounts of the voyage of H.M.S. Beagle*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KEYNES R. (ed.), 1988 – *Charles Darwin’s “Beagle” Diary*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KEYNES R., 2002 – *Fossils, Finches and Fuegians: Charles Darwin’s Adventures and Discoveries on the Beagle, 1832-1836*. Harper Collins, London.
- KING P.P., 1831 – *Some observations upon the geography of the southern extremity of South America, Tierra del Fuego and the Strait of Magalhaens*. Journal of the Royal Geogr. Soc., **1**, pp. 155-171, London.
- LYELL C., 1830-1833 – *Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the Earth’s surface, by reference to causes now in operation*. 3 vols., John Murray, London.
- PLAYFAIR J., 1802 – *Illustrations of the Huttonian theory of the Earth*. Cadell & Davies, Edinburgh.
- RHODES F.H., 1991 – *Darwin’s search for a theory of the Earth: symmetry, simplicity and speculation*. British Journal for the History of Science, **24**, Cambridge.
- ROBERTS M.B., 1996 – *Darwin at Llanymynech: the evolution of a geologist*. British Journal for the History of Science, **29**, Cambridge.
- RUDWICK M.J., 1985 – *Darwin and the World of Geology*. In: D. Kohn (ed.) “The Darwinian Heritage”, Princeton University Press.
- RUPKE N.A., 1983 – *The great chain of history: William Buckland and the English school of Geology, 1814-1849*. Clarendon Press, Oxford.
- SECORD J.A., 1991 – *The Discovery of a Vocation: Darwin’s Early Geology*. British Journal for the History of Science, **24**, Cambridge.
- STODDART D.R., 1976 – *Darwin, Lyell and the geological significance of coral reefs*. British Journal for the History of Science, **9**(2), Cambridge.
- VENETZ I., 1820 – *Account of the descent of the glacier of the Weisshorn on 27th December 1819, and the destruction of the village of Randa*. New Philosophical Journal, **3**, pp. 274-277, Edinburgh.