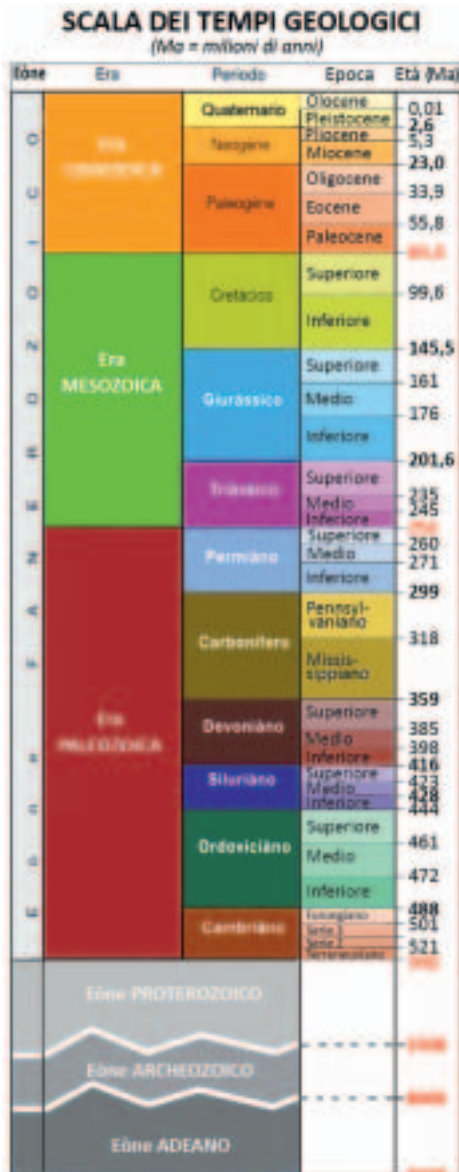


# Museo Geopaleontologico *“Ardito Desio”*

Rocca di Cave





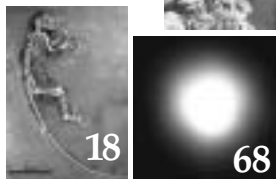
Tratta da: Geological Society of America, 2009

### Schema di classificazione tassonomica

Schema gerarchico delle categorie tassonomiche usate in paleontologia per la classificazione dei fossili: ogni livello è costituito da un gruppo di elementi compresi nella categoria sottostante e comprende più elementi di quella soprastante. Ad esempio, ogni ordine comprende più famiglie, ciascuna famiglia più generi ecc. (disegno modificato da Woese, 1990).



◀ In copertina: Conchiglia fossile di un gasteropode nelle rocce delle antiche scogliere coralline di Rocca di Cave. Sullo sfondo la ricostruzione di un tratto di quelle scogliere. Il piccolo guscio poggiato sulla roccia (freccia) è un lontanissimo discendente del fossile, di cui ripete la forma generale.



**QUADERNI MUSEO**

PERIODICO QUADRIMESTRALE

Anno I - N. 1

In attesa di autorizzazione,  
chiesta al Tribunale di Roma.

Pubblicazione finanziata con il contributo  
della Provincia di Roma, L.R. 42/97

**Direttore responsabile:**  
Paolo D'Angelo

**Comitato scientifico:**  
A. Altamore, L. Campanella,  
A. Kotsakis, C. Marangoni, M. Mattei

**Comitato di redazione:**  
Chiara Amadori, Maurizio Chirri,  
Francesco Grossi, Maurizio Parotto

**Collaborazioni redazionali:**  
C. Amadori  
(disegni, ove non specificamente indicato)  
S. Mora (preparazione testi)

**Sede:**  
Cooperativa "Archimede",  
Via Nomentana, 175 - 00161 Roma  
E-mail: hipparcos.cds@tiscali.it

**Impaginazione e grafica:**  
mario-bardelli@hotmail.it

**Stampa:**  
Tipografia Rotastampa s.a.s.,  
Via Giuseppe Mirri, 21 - 00159 Roma

**Finito di stampare:** Marzo 2011

**PRESENTAZIONE**

- 4 L'augurio dell'Assessore alle politiche culturali della Provincia di Roma, **Cecilia D'Elia**
- 5 **Una voce per il Museo**, introduzione di **Antonio Scipioni** (Sindaco), e **Gabriella Federici** (Ass. alla Cultura del Comune di Rocca di Cave)
- 7 **Perché un museo a Rocca di Cave?** di Maurizio Parotto
- 9 **Il Museo Geopaleontologico "Ardito Desio"** di Francesco Grossi

**RUBRICHE**

- 14 **Pluricellulari antichissimi. Dinosauri «europei». Quasicristalli**
- 18 **Darwinius masillae: un primate da "urlo"**
- 39 Stephen J. Gould, "I have landed"
- 62 **Notizie da Rosetta. Vulcani su Venere. L'interno di Titano**
- 66 **Il tempo che ha fatto: Luglio-Settembre 2010**
- 68 **Stelle variabili: Betelgeuse**
- 70 **Nebulose, supernovae e comete**

**ARTICOLI**

- 22 **I fossili del Museo "Ardito Desio"**  
*Plesioptygmatis nobilis* - Francesco Grossi
- 26 **Paleoecologia. Le scogliere del passato**  
Tassos Kotsakis
- 41 **Didattica. Geomitologia: quando anche gli scienziati ricercano il mito** - Chiara Amadori
- 46 **Museologia. L'ambiente museale** - Luigi Campanella
- 48 **Archivi della Terra: il clima. Gli archivi degli antichi mutamenti climatici e le cause delle variazioni climatiche** (parte prima) - Maurizio Chirri
- 58 **I protagonisti. Giulio Andrea Pirona, storico della natura** - Francesco Grossi

**GEO-QUIZ** (a cura di Akira)

- 35 **Geocruciverba per gli "esperti"**
- 36 **Geocruciverba per i piccoli**

**APPUNTAMENTI AL MUSEO**

- 40 **Attività didattiche:** scuole primarie, scuole medie, scuole medie superiori
- 65 **Programma osservazioni:** Ottobre 2010 - Marzo 2011  
La rocca delle stelle: *Serate osservative del cielo*  
La scogliera fossile: *Escursioni*

Abbiamo ricevuto dall'Assessore alle Politiche Culturali della Provincia di Roma il messaggio che qui riportiamo e al quale vorremmo affidare l'avvio della collana di Quaderni che si affianca alle altre attività del Museo Geopaeontologico "Ardito Desio" di Rocca di Cave



*I musei stanno attraversando un momento di grande vitalità. Sempre più sanno essere protagonisti dell'offerta culturale. Sono luoghi di diffusione e di condivisione dei saperi. Porta per accedere al sapere, disegnano uno spazio pubblico inclusivo in cui la cultura ci fa comunicare, ci unisce, ci rende parte del mondo. Così facendo si rafforza lo spessore culturale di ognuno di noi e la vita civile si fa più ricca, e con essa la democrazia. I musei quindi, anche quando raccontano la paleontologia, raccontano di noi, del nostro tempo e della nostra società.*

*I "Quaderni del Museo" sono un esempio virtuoso di conoscenza del territorio. Ci aiutano a leggere la nostra vita all'interno del contesto in cui agiamo. Il paesaggio, dai fossili alle stelle, si mostra come quel grandioso bene comune che ci rende possibile la vita. Così la sua tutela diventa il nostro obiettivo, fondamentale per tutte le comunità e per noi stessi.*

*Di fronte a progetti come i Quaderni non si può non provare un moto di gratitudine per tutte quelle persone che con professionalità e passione civile animano la vita dei musei, talvolta anche molto piccoli e ingiustamente poco conosciuti. La Provincia di Roma nelle sue politiche culturali ha dato centralità alla rete dei musei del territorio portando a maggiore visibilità la loro ricchezza di contenuti, di idee e di opportunità di conoscenza per tutti.*

**Cecilia D'Elia**

Assessore alle Politiche Culturali  
della Provincia di Roma

## La voce del Museo

Nell'accingerci a queste righe di presentazione e di augurio per questa pubblicazione, la rivista quadrimestrale "I Quaderni del Museo", bollettino del Museo Geopaleontologico Arditò Desio di Rocca di Cave, siamo riandati con la memoria a questi anni di lavoro e fruttuosa collaborazione che il Comune e il nostro Museo cittadino hanno stabilito con il Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università degli studi «Roma Tre». Questa collaborazione è finalizzata a promuovere la ricerca e la conservazione dei beni culturali, ma anche la valorizzazione e la crescita culturale e materiale della nostra comunità. L'Amministrazione Comunale ha guardato ai programmi, ai progetti culturali, al fervore di attività che sono state realizzate come a un'importante risorsa, che si colloca nel contesto di un più ampio programma che ci ha visto conseguire importanti risultati. Ciò ha condotto, tra gli altri, allo sviluppo del turismo, sia didattico che generico, dando impulso alle attività commerciali già presenti nel territorio comunale, come a nuove iniziative imprenditoriali.

La storia del nostro paese è simbolicamente legata alla Rocca Colonna da oltre 10 secoli. Con orgoglio, ripercorrendo le tappe di sviluppo del paese, dall'istituzione del Comune nel 1912 a oggi, possiamo constatare l'importanza che i simboli assumono nel rendere più efficace l'impegno quotidiano, a realizzare iniziative e opere volte a migliorare la vita della collettività. La nostra piccola comunità nei Monti Prenestini è consapevole che l'evoluzione e il progresso, cioè il nostro futuro, poggiano su basi tanto più solide quanto più conserviamo tradizioni e beni culturali.

Dagli ormai lontani anni '80, l'amministrazione del Comune di Rocca di Cave ha compreso che il restauro, il recupero e infine la valorizzazione della Rocca Colonna erano insieme una tappa fondamentale e lo sfondo per ogni incremento e miglioramento. Attraverso due cicli di lavori e restauri, eseguiti negli anni '80, fu ripristinata la cinta muraria dell'XI secolo e fu collocato all'interno del mastio del XIV secolo il serbatoio, che assicura i rifornimenti idrici alle abitazioni della parte alta di Rocca di Cave.

Nel 1994 gli amministratori si convinsero che l'opzione più sicura per giungere al completamento dei lavori di restauro e recupero era legata a una particolare coincidenza: il nostro territorio conserva beni monumentali storici, ma in tutte le rocce su cui poggiano le nostre case, le strade, i campi e gli allevamenti, sono conservati come fossili i resti di un remotissimo passato. Studiosi e scienziati di molti paesi conoscono Rocca di Cave e ne studiano le testimonianze. L'importanza di valoriz-





zare questo insieme di beni della storia e della natura, poteva meglio svilupparsi attraverso una collaborazione con l'Università.

Tale scelta ha valorizzato il nostro progetto permettendo l'approvazione, nell'annualità 1999 del Piano VB 1995-2000, da parte dell'allora Assessore all'Ambiente della Regione Lazio, Dott. Giovanni Herminin, del finanziamento che ha consentito il pieno restauro e l'allestimento museale. Dall'inaugurazione del museo, avvenuta il 28 luglio del 2002, fino a oggi, circa 30 mila presenze di pubblico e scuole testimoniano il successo dell'iniziativa. Nel corso degli anni sono stati apportati incrementi che fanno del museo e dell'osservatorio astronomico annesso un importante riferimento per le scuole della regione, gli appassionati e gli studiosi. Nel 2008 abbiamo formalizzato la collaborazione con l'Università Roma Tre, con una Convenzione che pone in divenire ulteriori importanti sviluppi e programmi.

Vogliamo concludere osservando che è sicuramente ampio il lavoro che l'Amministrazione Comunale e il Museo hanno svolto fino ad oggi, ma che sono sicuramente maggiori gli impegni che ci stanno di fronte, per la loro ampiezza e per le importanti ricadute che conseguiranno al nostro paese. Tra questi, ricordiamo l'obiettivo di realizzare il primo osservatorio ambientale sul territorio della nostra Regione, con il conseguente prevedibile incremento dei flussi di turismo didattico e valorizzazione dell'ostello comunale.

Ringraziamo la Dott.ssa Cecilia D'Elia, *Assessore alle Politiche Culturali della Provincia di Roma*, e le Dott.sse Bruna Amendolea e Laura Indio, dell'*Ufficio Musei dell'Assessorato*, per il sostegno e l'interessamento sempre concessi; il Direttore del *Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università Roma Tre*, Prof. T. Kotsakis, e il Prof. Maurizio Parotto, della medesima università, che segue da sempre le realizzazioni museali, il lavoro scientifico e l'aggiornamento didattico, insieme con i docenti e ricercatori universitari che, volontariamente, collaborano all'iniziativa; gli amici dell'associazione *Hipparcos*, che, altrettanto volontariamente, contribuiscono alle riuscitissime "serate delle stelle", che hanno reso famosa la Rocca; e infine il nostro Direttore Maurizio Chirri che, con l'amico e concittadino Pietro Lunghi, si occupano delle attività per il pubblico e di quanto utile al mantenimento della nostra bella Rocca. Di nuovo auguri a nome di tutta l'Amministrazione al collettivo di redazione, per questa ulteriore iniziativa che contribuirà a far conoscere ancora e meglio, presso le scuole e il pubblico, Rocca di Cave, "il paese dell'antico mare e delle stelle".

*Il Vicesindaco*

Dott.ssa Gabriella Federici  
Ass. Cultura

*Il Sindaco*

Antonio Scipioni

# Perché un museo a Rocca di Cave?

Maurizio Parotto

Dal terrazzo della Rocca Colonna, che corona la sommità del ripido rilievo su cui sorge il paese di Rocca di Cave, all'estremità meridionale dei Monti Prenestini, la vista corre libera su tutto l'orizzonte.

Verso W e NW si apre fino al mare, l'ampia pianura in cui giace Roma, dalla quale si alzano appena, come isole da un mare increspato, i Monti Sabatini, il Monte Soratte e i Monti Cornicolani.

In direzione Nord la vista è portata a percorrere il vicino profilo della dorsale dei Monti Prenestini, lungo i quali si riconoscono, grigi sulla roccia grigia, i paesi di Castel San Pietro (verso sinistra) e quello di Capranica (verso destra): in primavera tra i due paesi si stende un drappo giallo di ginestre.

Proseguendo con lo sguardo verso SE, altre dorsali si inseguono fino a confluire nei Monti Ernici e nel M. Cairo, ultimo rilievo isolato. L'insieme di questi rilievi si interrompe per lasciare spazio all'ampia e larghissima Valle Latina, un corridoio in direzione SE tra Roma e Caserta, limitata sul lato opposto dalla dorsale dei Volsci (con i Monti Lepini in primo piano) che sorge quasi direttamente a sud di Rocca di Cave. Verso SW l'occhio torna a scoprire lontanissimo il mare al di là di un'ampia valle, prima di arrestarsi sul lungo gruppo di colli boscosi che ci riportano alla pianura di Ro-

ma e che nell'insieme disegnano un cono schiacciato, molto più largo che alto: i Colli Albani, disseminati di "castelli".

Uno scenario che varia senza fine al cambiare della luce col passare delle ore, al trascorrere delle nubi, al fluire delle stagioni.

Ma il terrazzo è anche una finestra sulla storia, un territorio ricco di stimoli e testimonianze, a partire dalla Rocca storica, che ben rappresenta il sistema di difesa della struttura feudale dell'inizio del Medioevo, con poderose costruzioni, spesso su crinali o su cime isolate (come Rocca di Cave, a quasi 1000 m di quota). Castelli e rocche erano disseminate nella valle del Sacco e collegate da una rete viaria, e i loro resti narrano lunghe vicende di lotte tra grandi famiglie nobiliari, in un area che, dal XV secolo, divenne di confine tra lo Stato Pontificio e il Regno di Napoli, rimanendo così coinvolta in conflitti ben più importanti.

Ma le tracce della storia vanno ben più indietro: basta riandare ai nomi dei rilievi prima ricordati, per riconoscere quelli di antiche popolazioni italiche: gli Ernici, i Volsci, i Sabini, protagonisti di lunghe guerre con i Latini, che abitavano i Colli Albani. Secoli di storia che vedono l'uomo in primo piano, preceduti da centinaia di migliaia di anni (quasi un milione) nei quali l'uomo aveva raggiunto il Lazio, con l'uomo di Ceprano (nella valle del Sacco, presso la confluenza con il

**Maurizio Parotto:** Ordinario di Geologia,  
*Università degli studi "Roma Tre"*

Fiume Liri), con *l'uomo di Neandertal* (nelle grotte del Circeo), e con *l'Uomo di Saccopastore* (sulle colline ai lati del basso corso del Tevere, dove sorgerà Roma).

Tuttavia il nostro osservatorio può spingersi ben oltre nel tempo, con le rocce su cui sorge Rocca di Cave, ricchissime di resti di vita in forma fossile: può trasportarci sulle rive di un antico oceano, popolato di scogliere coralline in pieno rigoglio circa 100 milioni di anni fa, in piena Era Mesozoica.

Il Museo geopaleontologico è nato proprio su quegli antichi resti geologici, intagliati dall'erosione nelle forme carsiche tipiche dell'estremità più meridionale dei Monti Prenestini. Al suo interno, il museo racconta la storia geologica di Rocca di Cave, una storia di oceani tropicali, di contese tra mari e fiumi, di giganteschi vulcani; all'esterno aiuta a mettere in evidenza i numerosi affiora-

menti di rocce che, con i loro fossili ancora nelle posizioni di quando erano forme vive, offrono con forza l'immagine di momenti lontani del nostro passato.

Infine, il terrazzo è anche una finestra sull'infinito, su un cielo libero alla vista per tutto il giro dell'orizzonte e, soprattutto, libero da quell'inquinamento luminoso che ha reso ormai difficile l'osservazione delle stelle da Roma. Il terrazzo stesso è un posto ideale per osservazioni a occhio nudo o con il binocolo, ma si può andare oltre: la sommità della torre che si innalza nel cortile della rocca ospita, infatti, una cupola che protegge un telescopio per osservazioni astronomiche.

Rocca di Cave, con il suo Museo geopaleontologico, è ormai un porto per viaggi senza limiti: attraverso lo spazio, verso pianeti, stelle e galassie, e attraverso il tempo, tra i resti di antichi mari...





# Il Museo Geopaleontologico

## “ARDITO DESIO”

di Rocca di Cave

Francesco Grossi

Il Museo Geopaleontologico “Ardito Desio” di Rocca di Cave è situato al margine meridionale dei Monti Prenestini, nel Lazio, e le sue collezioni geopaleontologiche sono fortemente legate al territorio. Rocca di Cave sorge in una magnifica posizione panoramica (a circa 1000 metri di quota, fig. 1), a ridosso delle mura della torre di avvistamento che i monaci benedettini edificarono nell’anno 850 per difendersi dalle incursioni dei

Francesco Grossi: PhD, *Dip. di Scienze Geologiche dell’Università degli studi “Roma Tre”*

Saraceni. Nel 1315, Rocca di Cave divenne feudo dei Colonna insieme alla cittadina di Cave alle sue pendici, ed i due paesi appartennero al ramo di Paliano della famiglia fino all’Unità d’Italia. La Rocca (fig. 2) è oggi valorizzata dal Civico Museo Geopaleontologico dedicato al grande geologo Ardito Desio che nel 1954 guidò la prima spedizione sul K2. L’area di Rocca di Cave riveste una notevole importanza paleogeografica, in quanto rappresenta il lembo più occidentale di Cretacico Superiore in facies laziale-abruzzese. Più in particolare,



Figura 1 - Rocca di Cave vista da uno dei sentieri geopaleontologici



Figura 2 - Scorcio della Rocca che ospita il Museo "Ardito Desio"

questo settore costituiva il margine occidentale della piattaforma carbonatica nel Cenomaniano e nel Turoniano, le cui scogliere fossili erano caratterizzate dalla peculiare associazione con bivalvi dominanti (rudiste ed altri), gasteropodi, esacoralli, poriferi e rari echinidi.

La salvaguardia e la valorizzazione del patrimonio geopaleontologico dell'area di Rocca di Cave è attuata attraverso una serie di iniziative e di strutture collegate al Museo "Ardito Desio", dedicate sia ai visitatori più piccoli, sia ai ragazzi, sia ad un pubblico generalista.

Su prenotazione, nelle sale del Museo è prevista una presentazione mirata, corredata, soprattutto per le scolaresche, da esperienze dirette nelle quali è possibile "toccare con mano" le rocce e i fossili presenti nel museo, raggiungendo così un maggiore grado di coinvolgimento, mirando ad una sempre più ampia interattività. Lo scorso anno, più di 4000 visitatori (tra cui tantissime classi di studenti, dalle elementari ai licei) hanno affollato le sale della Rocca, in un percorso museale pensato come un immaginario viaggio indietro nel tempo per salti successivi, dall'attuale all'epoca del supercontinente Pangea, con particolare dettaglio al Cretacico Superiore.

Il percorso all'interno del museo è articolato in 5 sale disposte su due piani. (fig. 3). All'inizio, il visitatore viene introdotto all'uso dei colori in geologia, largamente impiegati nelle sale per evidenzia-

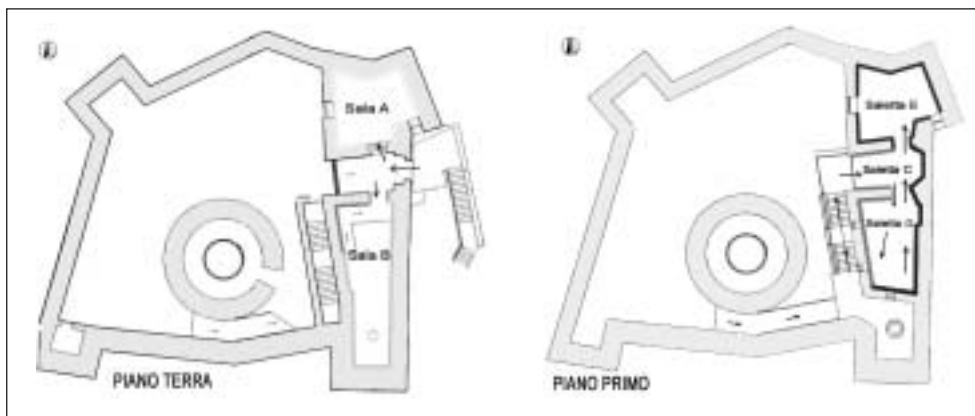


Figura 3 - Pianta del museo



Figura 4 - Parte della sala A con, al centro, le colonne stratigrafiche

re contrassegni e indicatori, affinché ci si possa orientare più agevolmente nella storia della Terra e nell'evoluzione dell'Appennino. L'approccio integrato è favorito dalla presenza di diorami, plastici, globi, che si affiancano alle lezioni teoriche multimediali ed ai numerosi pannelli. Inoltre, sono state recentemente acquisite le audio-guide, per consentire al visitatore di essere accompagnato nella descrizione degli stop più significativi all'interno del percorso museale.

In particolare, nella **sala A** quattro pannelli di immagini e testi, una diafania retroilluminata, un plastico e un globo, permettono al visitatore di rendersi conto dell'attuale aspetto della nostra regione e dei cambiamenti verificatisi negli ultimi 100.000 anni. Al centro della sala sono posizionate due colonne stratigrafiche che riassumono le successioni di rocce che formano l'Appennino laziale-abruzzese e sabino (fig. 4).

Nella **sala B** si inizia il viaggio in un tempo più remoto, circa 65 milioni di anni fa,

con riferimento all'evoluzione geologica del Lazio con particolare riguardo all'area dei Monti Prenestini. Un globo mostra la disposizione dei continenti 10 milioni di anni fa, molto simile a quella attuale, con l'arco alpino ormai emerso, mentre gli Appennini lo sono solo in parte. È inoltre presente un plastico dell'area del Vulcano Laziale, con un motore che ne permette l'apertura per poter apprezzare la posizione della camera magmatica e le strutture che essa coinvolge. Le vetrine raccolgono campioni di roccia e

fossili raccolti nei depositi marini del Pliocene della Campagna Romana.

Salendo al piano superiore della Rocca, si prosegue il viaggio per approdare nell'Era Mesozoica. Con un lungo salto indietro nel tempo ci si sofferma tra i 150 milioni di anni fa, quando l'Oceano Ligure era in pieno sviluppo, ed i 65 milioni di anni fa. Le **sale C e D** sono dedicate prettamente a Rocca di Cave, alla sua antica geografia e agli ambienti del pas-



Figura 5 - Diorama con la ricostruzione di un tratto di antica scogliera, con i fossili più significativi (Sala D)



Figura 6 - Un tratto del perimetro della terrazza, con l'indicazione del nome dei monti visibili

sato. Alcuni pannelli descrivono nel dettaglio le *piattaforme carbonatiche* attuali (cioè le grandi "scogliere coralline", come le Bahamas) ed il confronto con gli analoghi antichi ambienti marini mesozoici in cui si formarono le rocce dell'Appennino: un mosaico di piattaforme carbonatiche separate fra loro da bracci di mare più profondi, in cui gli organismi marini costruivano la loro conchiglia sottraendo il carbonato di calcio all'acqua. Le informazioni sulle piattaforme carbonatiche sono completate dal confronto con una piattaforma attuale: il grande banco coralligeno delle Isole Bahamas. Due globi illustrano la posizione dei continenti nel Cretacico Inferiore e all'inizio del Cretacico Superiore, mentre le numerose vetrine ospitano i tipici calcari fossiliferi ed e fossili isolati provenienti dalle scogliere a rudiste dell'area di Rocca di Cave (esacoralli, bivalvi, gasteropodi, echinidi e poriferi), organizzate secondo un criterio sistematico. Un diorama mostra la ricostruzione dell'antico ambiente di margine di piattaforma con gli organismi biocostruttori e gli abitanti che lo popolavano (fig. 5).

Nella *sala E* si compie l'ultimo balzo indietro nel tempo fino all'inizio del Mesozoico, con i pannelli ed un globo che descrivono la Terra all'epoca del supercontinente Pangea, per illustrare il grande golfo tra la Laurasia, e la Gondwana: la Tètide, il mare in cui, nell'era Mesozoica, si depositeranno i sedimenti che costituiscono i rilievi appenninici.

Oltre alle sale espositive, è di particolare interesse salire sulla sommità della torre

presente nella Rocca, che consente l'osservazione diretta del territorio e della sua morfologia, con una visuale che, specie nelle giornate limpide, spazia nord-sud ed est-ovest per oltre 100 km.

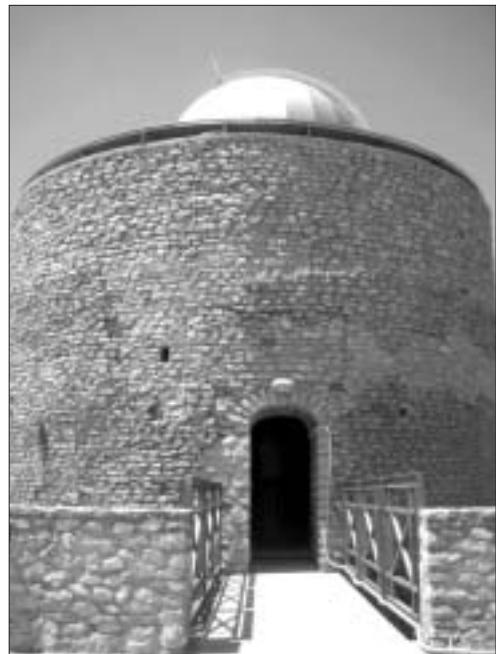


Figura 7 - Sulla torre è anche presente un osservatorio astronomico

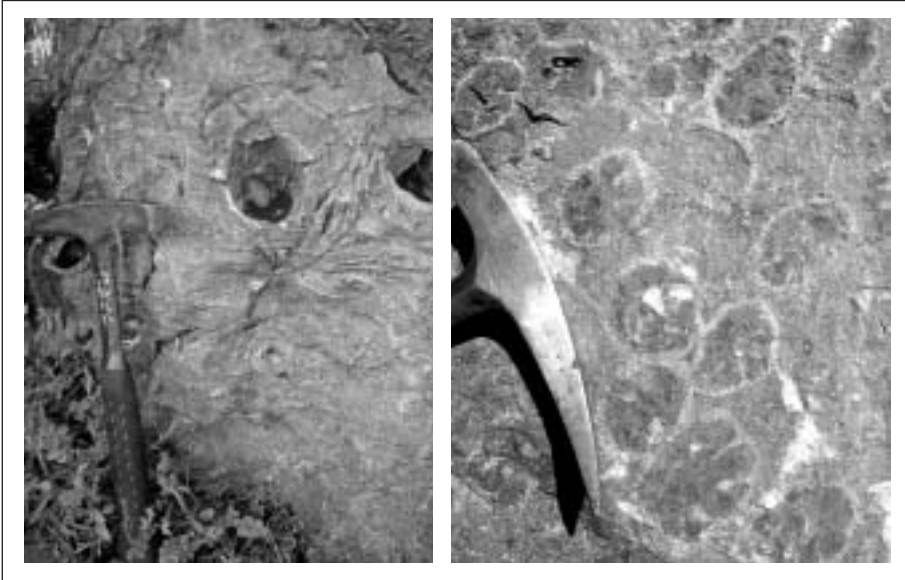


Figura 8 - Due affioramenti a rudiste lungo uno dei sentieri geopaleontologici

Rilievi appenninici, prodotti del vulcano laziale, Campagna Romana: tutti gli elementi visibili, accompagnati dai toponimi più importanti, sono segnalati al visitatore su una striscia che percorre tutto il perimetro della terrazza (fig. 6). Sulla torre è presente un planetario didattico: il calendario delle attività comprende infatti anche delle serate divulgative dedicate all'osservazione del cielo e delle stelle (fig. 7).

Le visite guidate non si esauriscono nelle sale della Rocca, proseguono infatti lungo una serie di percorsi geopaleontologici mirati, evidenziati da cartelli, tutti nell'area prossima al paese (fig. 8). Il materiale distribuito ai visitatori comprende anche figure, disegni, note esplicative riferite ai sentieri, con una parte degli elaborati grafici dedicati alle scuole elementari e basati sull'uso del fumetto: raffigurare i fossili come divertenti protagonisti di situazioni immaginarie per-

mette ai bambini di accostare un mondo a loro sconosciuto a temi ed elementi con i quali si confrontano e crescono ogni giorno.

In un prossimo futuro, si è programmato di implementare sia il materiale divulgativo dedicato agli affioramenti sul terreno che circonda il paese, sia il numero dei percorsi stessi all'esterno del museo.

La tutela dei geositi e l'organizzazione delle conoscenze nei centri museali deve essere affiancata dal tentativo, sempre crescente, di avvicinare i cittadini, grandi e piccoli, al patrimonio naturale italiano, in modo da educare una cittadinanza quanto più responsabile, matura e attenta al rispetto dell'ambiente e della storia naturale del proprio territorio; anche piccole realtà locali (forse, soprattutto queste), come il Museo "Ardito Desio" di Rocca di Cave, devono assolvere a questo compito con rinnovato impegno.





# Pluricellulari antichissimi. Dinosauri «europei». Quasicristalli

a cura di Francesco Grossi e Chiara Amadori

## I primi pluricellulari?

I primi organismi comparvero sulla Terra circa 3,5 miliardi di anni fa ed erano procarioti unicellulari, mentre la comparsa delle prime forme di vita pluricellulari è stata finora messa in relazione alle esplosioni di vita della *fauna di Ediacara* (circa 600 milioni di anni fa) e del Cambriano (540 milioni di anni fa). Tra i due eventi trascorsero quasi 3 miliardi di anni: la storia della vita sulla Terra sembrava essere, dunque, prevalentemente una storia di vita unicellulare. Questa visione del popolamento del nostro pianeta è stata sconvolta alcune settimane fa, quando la prestigiosa rivista *Nature* ha dedicato la sua copertina a uno straordinario ritrovamento (fig. 1).

Si tratta di numerosi resti fossili in ottimo stato di conservazione, oltre 250 esemplari, che sembrerebbero proprio essere organismi pluricellulari risalenti a 2,1 miliardi di anni fa, retrodatando, quindi, uno dei più importanti eventi biologici della storia della Terra di circa un miliardo e mezzo di anni!

Il ritrovamento è stato realizzato in un bacino sedimentario vicino la città di Franceville, in Gabon (Africa centro-oc-



Figura 1 - La copertina di *Nature* dedicata al ritrovamento

cidentale), da un gruppo internazionale di ricercatori guidato da Abderrazak El Albani, dell'Università di Poitiers. I fossili, a cui non sono ancora stati attribuiti nomi scientifici, presentano forme e dimensioni molto variabili, margini frastagliati e irregolari ed elementi radiali. Le

loro dimensioni raggiungono i 12 centimetri di lunghezza per uno spessore che non supera il centimetro.

I ricercatori hanno appurato l'origine organica dei campioni grazie alla misurazione degli rapporti relativi degli isotopi di zolfo in essi contenuti, grazie a una sofisticata tecnica di scansione in 3D, la *microtomografia a raggi X*. Con questa analisi sono stati in grado di ricostruire con buona precisione la struttura interna dei fossili senza danneggiarli.

Spesso non è facile distinguere colonie di organismi unicellulari da un organismo pluricellulare, specie in rocce così antiche, ma in questo caso, secondo gli autori, la morfologia chiaramente definita suggerisce che ci fosse comunicazione tra le singole cellule della colonia, caratteristica tipicamente associata all'organizzazione multicellulare della vita.

Dall'analisi delle strutture sedimentarie dello straordinario giacimento gabonese, i ricercatori hanno appurato che questi organismi vivevano in prossimità delle coste alla profondità di circa 20-30 metri, in acque ricche in ossigeno e solitamente calme, ma interessate periodicamente a episodi di tempesta. Oltre alle dimensioni, anche la loro struttura tridimensionale escluderebbe la possibilità che si tratti di unicellulari straordinariamente grandi e propenderebbe per l'ipotesi di organismi coloniali che rappresenterebbero il primo (finora sconosciuto) tentativo di pluricellularità. (F.G.)

#### Per approfondire

Abderrazak El Albani *et alii*, 2010. Large colonial organisms with coordinated growth in oxygenated environments 2.1 Gyr ago. *Nature*, 466, pp. 100-104. doi: 10.1038/nature09166.

## Dinosauri «europei»

Tre orme di dinosauro recentemente scoperte in una galleria del Monte Pasubio, massiccio calcareo tra le province di Vicenza e Trento, possono riscrivere la storia antica della penisola italiana e, in particolare, ridisegnare l'aspetto paleogeografico del Giurassico. Le orme sono state individuate da Marco Avanzini, conservatore responsabile della sezione di geologia del Museo Tridentino di Scienze Naturali di Trento e noto esperto di *icnologia* (la disciplina che studia le orme fossili) all'interno della galleria del Monte Buso, scavata dagli austriaci durante la prima guerra mondiale. Le tracce sono costituite da tre orme tridattile robuste con

artigli alle estremità delle dita, sono lunghe circa 30 centimetri e sono parzialmente sovrapposte (fig. 2).



Figura 2 - Le tracce fossili del Monte Pasubio



Le hanno lasciate due dinosauri carnivori appartenenti al genere *Dilophosaurus*, bipedi di medie dimensioni e di misure consistenti (circa due metri di altezza, 7-8 di lunghezza e 400 kg di peso). Secondo Avanzini, è probabile che i dinosauri camminassero in una palude di acqua salmastra, bordata verso i margini della «piattaforma carbonatica» di Trento da litorali sabbiosi che si affacciavano sul mare (*piattaforma carbonatica* indica una vasta area caratterizzata da grossi spessori di sedimenti calcarei marini). Accanto alle orme sono stati ritrovati altri resti dell'antico ambiente in cui vivevano: piante (conifere e felci), molluschi di acqua dolce, crostacei, ossa di cocodrilli e pesci.

Quelle orme, secondo gli studi paleogeografici precedenti, in quella galleria non sarebbero dovute esistere: si pensava infatti che, nel Giurassico inferiore e medio (da circa 200 a 160 milioni di anni fa, l'età delle rocce del Pasubio), quel territorio fosse sommerso dal mare, con un ambiente di piattaforma carbonatica simile a quello delle attuali scogliere dei mari tropicali. Già nel 1990, la scoperta di tracce di dinosauri ai Lavini di Marco, nel Trentino meridionale, fece vacillare

questa ipotesi. I ritrovamenti successivi, avvenuti nell'area compresa tra la Valle dell'Adige e il Feltrino, provano che il territorio denominato dai geologi, come ricordato poco sopra, «piattaforma di Trento» era costituito, nel Giurassico inferiore (200-190 milioni di anni fa), in gran parte da terre emerse. Occorre, quindi, spostare in avanti le lancette della sommersione marina del territorio, testimoniata dalle rocce successive, da riferire probabilmente nel Giurassico superiore, 160 milioni di anni fa.

Il nuovo ritrovamento riscrive non solo una parte della storia geologica di quest'area, ma anche la sua antica geografia. I modelli tradizionali ponevano la parte meridionale della piattaforma di Trento in connessione con il continente africano. Se vengono confrontate con quelle coeve, le orme del Monte Buso non presentano però affinità con quelle africane; mostrano invece chiare analogie con quelle rinvenute in Polonia, in Francia, in Scandinavia e in Nordamerica.

I dinosauri giurassici delle Alpi erano dinosauri «europei» e quindi anche la piattaforma di Trento apparteneva all'Eurasia e non al continente africano, come finora ritenuto. (F.G.)

## Quasicristalli: 5 volte rari, 5 volte importanti

I quasicristalli sono dei solidi inorganici (naturali e sintetici) la cui disposizione interna degli atomi ha un ordine molto particolare: una simmetria pentagonale<sup>(1)</sup>.

È molto semplice immaginare una stella a cinque punte inscritta in un piano ma, fino al 1984 (data della scoperta in laboratorio dei *quasicristalli*), la cristallografia classica escludeva la simmetria pen-

tagonale applicabile ad una superficie tridimensionale, se non ricreata in laboratorio sotto determinate condizioni precisamente controllate durante il processo di sintesi.

Non esistevano o meglio, non erano ancora stati scoperti, fino a quella data, dei cristalli naturali a forma di icosaedro<sup>(2)</sup> o dodecaedro<sup>(3)</sup> (fig. 3).

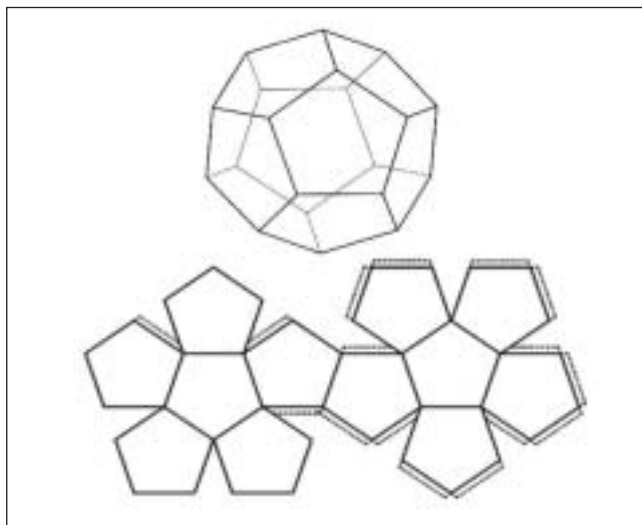


Figura 3 - Dodecaedro regolare

Anche oggi, a distanza di più di 20 anni, la mineralogia ha nuovamente sobbalzato e ricostruito le proprie basi; il merito è di una collaborazione internazionale di nomi illustri ma, con un pizzico di orgoglio, sottolineiamo il primo autore, un ricercatore italiano: Luca Bindi dell'Università di Firenze.

La scoperta di questi minerali così rari è stata fatta quasi per caso, analizzando dei campioni provenienti dalle montagne Koryak in Russia (Kamchatka).

La ricerca ha subito destato l'interesse dell'intera comunità scientifica ed è stata pubblicata sulla prestigiosa rivista americana *Science* lo scorso 2009, nonché presentata in numerosi congressi.

Il principio che anche in natura possano esistere (e mantenersi) tali condizioni, costringe i geologi ad immaginare un modello caratterizzato da pressioni e temperature finora mai studiate. (C.A.)

### Per approfondire

Luca Bindi *et alii*, 2009. Natural Quasicrystals. *Science*, 324 (5932), pp. 1306-1309. doi: 10.1126/science.1170827.

### Note

<sup>(1)</sup> *simmetria pentagonale*: ripetizione della disposizione atomica secondo un asse 5 di rotazione, ovvero lo stesso ordine di atomi si ripete nello spazio come se ruotasse intorno ad un asse, con un angolo di  $360^\circ/5$ .

<sup>(2)</sup> *icosaedro*: poliedro avente 12 vertici, 30 spigoli e 20 facce, le quali sono tutte triangoli equilateri. L'icosaedro è uno dei cinque solidi platonici.

<sup>(3)</sup> *dodecaedro*: poliedro di 12 facce, le cui facce sono pentagoni regolari che si incontrano in ogni vertice a gruppi di tre. Anch'esso è uno dei cinque solidi platonici. La pirite può assumere abito dodecaedrico ma irregolare, detto anche pentadodecaedro, ossia un abito in cui le facce sono pentagoni sì regolari, ma non uguali tra loro, al contrario dei quasicristalli.



## *Darwinius masillae*: un primate da “urlo”

Francesco Grossi

È a uno sconosciuto ricercatore di fossili che si deve quello che è stato considerato uno dei ritrovamenti più importanti della storia della paleoantropologia, *Darwinius masillae* Franzen *et al.*, 2009, un cucciolo di primate femmina vissuto durante il Luteziano (Eocene medio) e datato circa 47 Ma (milioni di anni). Lo scheletro dell'olotipo, soprannominato “Ida”, è stato rinvenuto nel 1983 nel *lagerstätten*<sup>(1)</sup> di Messel (Germania), giacimento i cui scisti bituminosi<sup>(2)</sup> hanno re-



Figura 1 - L'olotipo di *Darwinius masillae* conservato al Museo di Storia Naturale dell'Università di Oslo

stituito un gran numero di reperti fossili. “Ida” era inizialmente stata divisa in due placche e vendute a un museo nel Wyoming (USA) e al Museo di Storia Naturale dell'Università di Oslo (Norvegia) (fig. 1). Nel 2007 le due parti sono state ricongiunte e *Darwinius masillae* è stato sottoposto ad analisi da parte di un team internazionale di ricercatori, che nel maggio del 2009 ha reso noti i risultati sulla rivista online “open access” *PLoS ONE*, istituendo un genere e una specie nuovi, a sottolineare l'importanza del reperto.

*Darwinius masillae* è un *adapide*, fa parte, cioè, dell'infraordine *Adapiformes*, un gruppo di primati estinti, la cui filogenesi è ancora piuttosto dibattuta.

È senza dubbio un reperto in ottimo stato di conservazione (95%), il che lo rende uno dei primati fossili più completi mai ritrovati; nello stomaco ci sono ancora i resti dell'ultimo suo pasto, a base di frutta e foglie. “Ida” è lunga circa 24 cm con una coda di 34 cm ed era una giovane femmina, morta entro il primo anno di vita. Per quanto riguarda la *derivatio nominis*<sup>(3)</sup> del genere, non è un caso l'omaggio a Charles Darwin nel bicentenario della sua nascita; quello della specie ricorda invece il luogo di provenienza dell'olotipo, Messel (in latino *Masilla*). Il fossile è stato presentato nel corso di una conferenza il 19 maggio 2009 all'American Museum of Natural History di New York, in un'atmosfera da grandi



eventi; *History Channel* ha dedicato al primate il documentario "The Link" (ossia "l'anello mancante"), definendo la scoperta «il più importante ritrovamento in 47 milioni di anni», mentre Jørn H. Hurum, paleontologo norvegese coordinatore delle ricerche e coautore in Franzen *et al.* (2009), ha definito "Ida" «il Santo Graal della paleontologia». La presentazione spettacolarizzata e queste dichiarazioni roboanti sono state accompagnate dalla grancassa mediatica, tanto che la piccola "Ida" ha anche ricevuto l'"onore" di campeggiare nel logo di Google (fig. 2)! Tutto ciò ha suscitato più di qualche qualche perplessità, cui Hurum, che intanto spera nel successo del suo libro (anch'esso intitolato *The Link*), ha replicato sostenendo che qualsiasi soluzione è utile se pone l'attenzione del pubblico su scoperte scientifiche degne di nota.

Le iperboli usate sono state numerose, molte delle quali si leggono già nel documento preparato dal museo di Storia Naturale dell'Università di Oslo («*she's the 'Mona Lisa' of fossils*», «*she answers all of Darwin's questions about transitional fossils*» sono alcune tra queste), documento che ha lasciato piuttosto perplessi alcuni commentatori e parte della comunità scientifica internazionale, e che in parte hanno giustificato anche l'eco risuonata nel mondo dell'informazione parascientifica e generalista.

Tornando agli aspetti scientifici della vicenda, "Ida" è considerata una forma di transizione tra le attuali linee evolutive degli *strepisirrhini* e degli *aplorrhini*. Per gli autori della descrizione, l'animale presenta caratteristiche tali da far supporre che sia una forma di transizione verso il sottordine degli *Haplorrhini*, la categoria tassonomica che include i parvordini<sup>(4)</sup> *Platirrhini* (scimmie del nuovo



Figura 2 - Il logo di Google su cui campeggia *Darwinius masillae*

mondo) e *Catarrhini* (scimmie del vecchio mondo); in quest'ultimo raggruppamento è inclusa anche la famiglia *Hominidae*, con la specie *Homo sapiens*: si può quindi comprendere l'enorme interesse scientifico e mediatico che circonda "Ida"...

Secondo gli autori, *Darwinius masillae* porterebbe quindi conferme alla teoria di chi sostiene che gli antenati delle scimmie (e dell'uomo) siano da cercare tra gli adapidi, stravolgendo l'"albero genealogico" dei primati (fig. 3). I critici di questa teoria, però, sottolinearono da subito come le caratteristiche indicate dagli autori potessero essere frutto di convergenze evolutive e non fossero decisive, tanto più quando si riscontrino delle sospette falle dal punto di vista metodologico da parte dei sostenitori del "link" mancante: a questo proposito, sulla prestigiosa rivista *Science*, Ann Gibbons ha trattato la notizia in un articolo ("*Revolutionary Fossil Fails to Dazzle Paleontologists*") nel quale ha raccolto alcune pesanti critiche da parte di colleghi. Tra queste, il confronto di soli 30 tratti caratteristici tra *D. masillae* e altri primati fossili (quando la pratica ne prevedrebbe tra i 200 e i 400 per avere una maggiore attendibilità), il mancato confronto con resti antropoidi di recente scoperta in Egitto e con nuovi ritrovamenti in Asia di *Eosimias* («*they've ignored 15 years of literature*»), il mancato uso



dei moderni metodi di analisi filogenetiche e della cladistica. Ad ascoltare queste critiche, sembra quindi che sia stata posta maggiore cura nella preparazione dell'evento mediatico rispetto all'approfondimento dei dati che avrebbero dovuto corroborare in modo più robusto le affermazioni presenti nell'articolo e nelle dichiarazioni di contorno.

La palma di definizione più caustica si può attribuire ad un articolo di Tim Arango sul *New York Times* («*Seeking a Missing Link, and a Mass Audience*») dove si evidenzia che «*It is science for the Mediocene age*», coniato questa nuova "epoca", a proposito dell'uso dei mezzi di comunicazione per sostenere e amplificare particolari scoperte paleontologiche e, più in generale, scientifiche. Anche il paleontologo Brian Switek ha scritto un articolo dal titolo che non lascia spazio a dubbi (*Poor, poor Ida, Or: Overselling an Adapid*), e mostra anch'esso alcune serie perplessità sul posizionamento tassonomico e sulla rilevanza filogenetica di *D. masillae*, che consente,

secondo gli autori, di modificare le linee evolutive dei primati, attualmente accettate, sulla base di un solo (nuovo) genere e senza usare la cladistica. C'è da notare come anche la redazione di *PLoS ONE* abbia pubblicato un articolo (*Introducing Darwinius masillae*) in cui si descrive come si sia arrivati alla pubblicazione e di come non si concordi con la decisione degli autori di puntare sul concetto di "anello mancante" come principale chiave di interpretazione di questo reperto fossile seppur davvero notevole.

Qualche problema è sorto anche per la formalizzazione del nome della nuova specie: la *International Commission on Zoological Nomenclature* stava per autorizzare anche una procedura per accettare le denominazioni effettuate su riviste on-line, ma la procedura non è attualmente accettata. Peter Binfield, l'editore di *PLoS ONE*, aveva ammesso il problema («*Does Darwinius exist, Revisited: The Official Word Is... Not Yet*») e ha successivamente riferito come stia proceden-

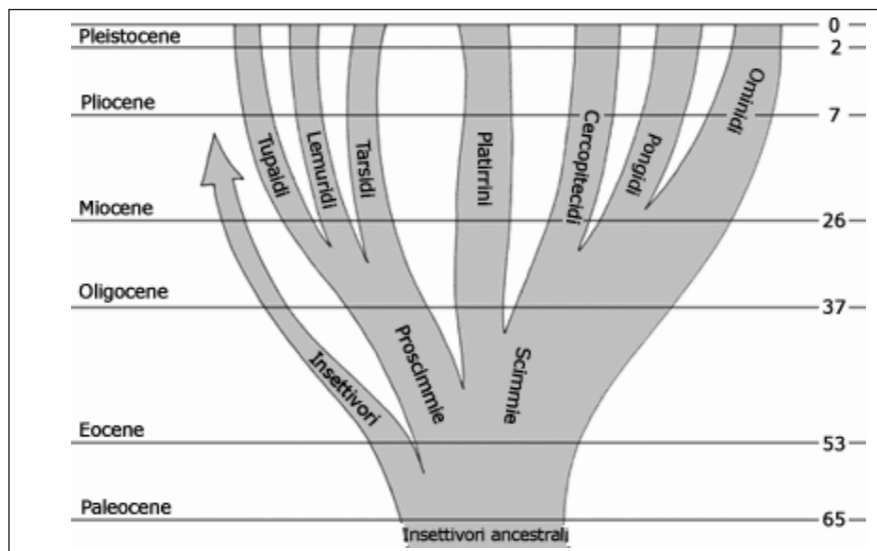
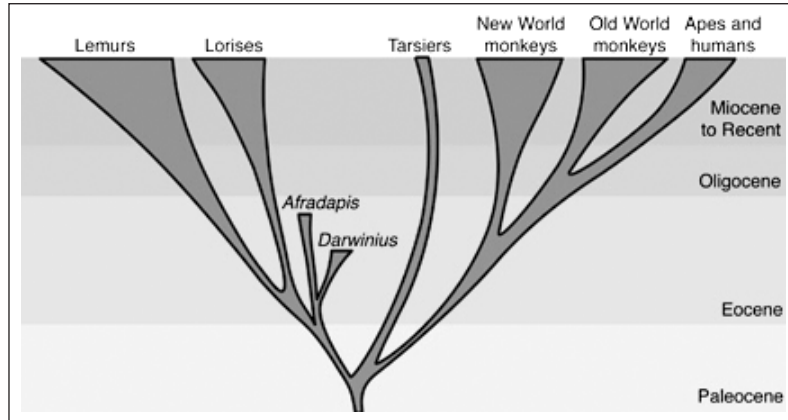


Figura 3 -  
L'albero evolutivo  
dei primati con  
le età in milioni  
di anni

Figura 4 - L'albero evolutivo dei primati secondo Seiffert et al. (2009) con la collocazione del nuovo genere *Darwinius*



do, con apposite versioni a stampa dell'articolo, per ottenere il riconoscimento ufficiale e, quindi, la formalizzazione. Il colpo probabilmente decisivo inferto a "Ida" è arrivato nell'ottobre del 2009, quando il gruppo di ricerca coordinato da Erik Seiffert della Stony Brook University ha pubblicato su *Nature* (Seiffert et al., 2009) i risultati di una ricerca effettuata su alcuni tra i nuovi resti di primati provenienti dal sito di El Fayoum (Sahara egiziano, 37 Ma) e ribattezzati *Afradapis longicristatus*. Secondo gli autori, *Afradapis* e *Darwinius* sono entrambi generi di adapidi fortemente specializzati, soprattutto per quanto riguarda i loro adattamenti dentari, e rappresenterebbero un gruppo di primati eocenici estinto senza lasciare discendenti (fig. 4). I caratteri *anthropoid-like* testimoniati da queste forme sarebbero frutto di convergenze evolutive, come recita il titolo dell'Editor's summary di *Nature* che introduce l'articolo di Seiffert et al.: «aping the anthropoids», ossia "scimmiottando gli antropoidi"...

Al di là di campagne mediatiche più o meno spinte, il rigore scientifico è sempre il pilastro sul quale si deve fondare qualsiasi ricerca: con grande probabilità,

quindi, la stella di "Ida" quale nostra progenitrice ha brillato per una sola notte...

### Bibliografia

- Franzen J.L., Gingerich P.H., Habersetzer J., Humrum J.H. von Koenigswald W., Smith B.H., 2009. *Complete Primate Skeleton from the Middle Eocene of Messel in Germany: Morphology and Paleobiology*. *PLoS ONE*, 4(5): e5723. doi: 10.1371/journal.pone.0005723
- Seiffert E.R., Perry J.M.G., Simons E.L., Boyer D.M., 2009. *Convergent evolution of anthropoid-like adaptations in Eocene adapiform primates*. *Nature*, 461, 1118-1121. doi:10.1038/nature08429.
- Manzi, G., 2007. *L'evoluzione umana*. Il Mulino, pp. 1-144.

### Note

<sup>(1)</sup> *Lagerstätten*: giacimento di rocce sedimentarie caratterizzato da ricchissime associazioni fossili e/o dalla straordinaria conservazione delle stesse.

<sup>(2)</sup> *Scisti bituminosi*: sedimenti a granulometria fine, fittamente stratificati e ricchi in materia organica.

<sup>(3)</sup> *Derivatio nominis*: origine di un nome scientifico nella classificazione binomiale, spesso derivato da un personaggio noto nel mondo delle scienze della Terra, da un luogo o da una caratteristica morfologica.

<sup>(4)</sup> *Parvoordine*: livello di classificazione inferiore all'infraordine e superiore alla famiglia.

# Plesioptygmatis nobilis

Francesco Grossi

Questa rubrica prenderà in esame, per ciascun numero, un fossile tra quelli presenti nella collezione del Museo "Ardito Desio", esaminandone brevemente gli aspetti riguardanti la sistematica, la descrizione morfologica, l'antico ambiente di vita e l'intervallo cronologico in cui visse, per conoscere un po' più da vicino i protagonisti delle antiche scogliere presenti nell'area di Rocca di Cave un centinaio di milioni di anni fa.

In paleontologia, ciascuna specie è inserita, dal punto di vista della classificazione, in un genere di appartenenza assieme ad altre specie ad essa comparabili, così come più generi, simili tra loro per alcune caratteristiche, sono inseriti in una stessa famiglia e così via per livelli superiori, le cosiddette *categorie tassonomiche*, ordinate in maniera gerarchica, secondo una nomenclatura codificata

per la prima volta dal famoso botanico svedese Carl von Linné (Linneo) nel 1758 (si veda lo schema nella 2<sup>a</sup> pagina di copertina).

Così, la prima parte della *scheda identificativa* dell'organismo fossile riguarda la sua collocazione nella grande famiglia di appartenenza, a cui segue la cosiddetta *sinonimia*, ossia la lista delle più importanti citazioni di quella stessa specie in lavori paleontologici.

Questo elenco serve al paleontologo per vedere come nel corso del tempo, dalla prima istituzione, sia cambiato il genere di appartenenza in seguito a nuovi studi, e anche per correggere eventuali errori di classificazione del passato; inoltre, è comunque uno strumento importante per chi volesse approfondire le informazioni sulla specie in questione.

*Phylum* MOLLUSCA

*Classe* GASTROPODA

*Sottoclasse* PROSOBRANCHIA

*Ordine* MESOGASTROPODA

*Famiglia* NERINEIDAE

*Genere* **Plesioptygmatis** BOESE, 1906

*Plesioptygmatis nobilis* (Münster, 1844)

1844 *Nerinea nobilis* - Münster in Goldfuss, p. 4, tav. 176, fig. 9

1852 *Nerinea nobilis* - Zekeli, p. 33, tav. 4, figg. 1-2

1911 *Nerinea nobilis* - Fritsch, p. 22, fig. 96

1925 *Nerinea nobilis* - Dietrich, p. 127

- 1938 *Nerinea nobilis* - Montagne, p. 985, tav. 1, fig. 10  
 1940 *Nerinea nobilis* - Delpey, p. 198, tav. 9, fig. 9  
 1953 *Plesioptygmatis nobilis* - Pčelincev, p. 172, 186, 195, 235  
 1963 *Nerinea nobilis* - Accordi, p. 25  
 1967 *Nerinea nobilis* - Polsak, p. 133, tav. 1, fig. 3  
 1971 *Plesioptygmatis nobilis* - Carbone, Praturlon, Sirna, p. 151-152, fig. 22  
 1980 *Plesioptygmatis nobilis* - Iannone, Laviano, p. 225, fig. 32  
 1995 *Nerinea nobilis* - Sirna, p. 292, tav. 3, fig. 2  
 1996 *Plesioptygmatis nobilis* - Laviano, p. 145, fig. 5

La specie *Plesioptygmatis nobilis* è una delle specie di gasteropodi fossili appartenenti alla Famiglia Nerineidae più diffuse nelle rocce calcaree di Rocca di Cave; l'associazione di facies comprende anche lamellibranchi Radiolitidi e Caprinidi.

È una forma di dimensioni notevoli: oltre il decimetro di sviluppo dall'apice all'apertura, circa 3-4 centimetri di larghezza misurata in posizione *abapicale* (cioè opposta all'estremità appuntita del guscio); il profilo esterno della conchiglia è caratterizzato da giri piano-convessi.

Come per le altre Nerineidi, la classificazione è basata anche sui caratteri interni, per cui è di prioritaria importanza avere una buona sezione *longitudinale* della forma, cioè una sezione tagliata lungo l'asse di sviluppo del guscio. In Tavola I è illustrato un esemplare di *P. nobilis* in sezione longitudinale proveniente dalla collezione del Museo Geopaleontologico "Ardito Desio", ed è possibile osservare, soprattutto in posizione *abapicale*, il caratteristico ordinamento delle *pieghe interne*, il cui numero e la cui morfologia sono caratteri diagnostici della specie: quattro pieghe, di cui due columellari, una palatale (o labiale) ed una parieto-columellare (Tavola I: 1,3).

Sia la piega columellare principale, sia la secondaria, hanno forma subtriangolare

e circa le stesse dimensioni; la piega palatale, anch'essa di forma triangolare, è robusta, soprattutto in posizione *adapicale*, mentre la piega parieto-columellare è meno pronunciata.

In Tavola I: 2 è possibile osservare una sezione trasversale di un altro esemplare di *P. nobilis* esposto nel Museo.

*P. nobilis* sembra non avere particolari preferenze ecologiche nell'ambito dell'antico ambiente di piattaforma-scogliera che costituiva una larga parte dell'attuale Lazio meridionale: a differenza di altri Nerineidi, è stata infatti rinvenuta sia in aree considerate piuttosto interne rispetto al margine di scogliera, (Cori, S. Martino d'Ocre), sia in settori più esterni rispetto alla soglia stessa, dove l'energia del moto ondoso era decisamente maggiore (Rocca di Cave).

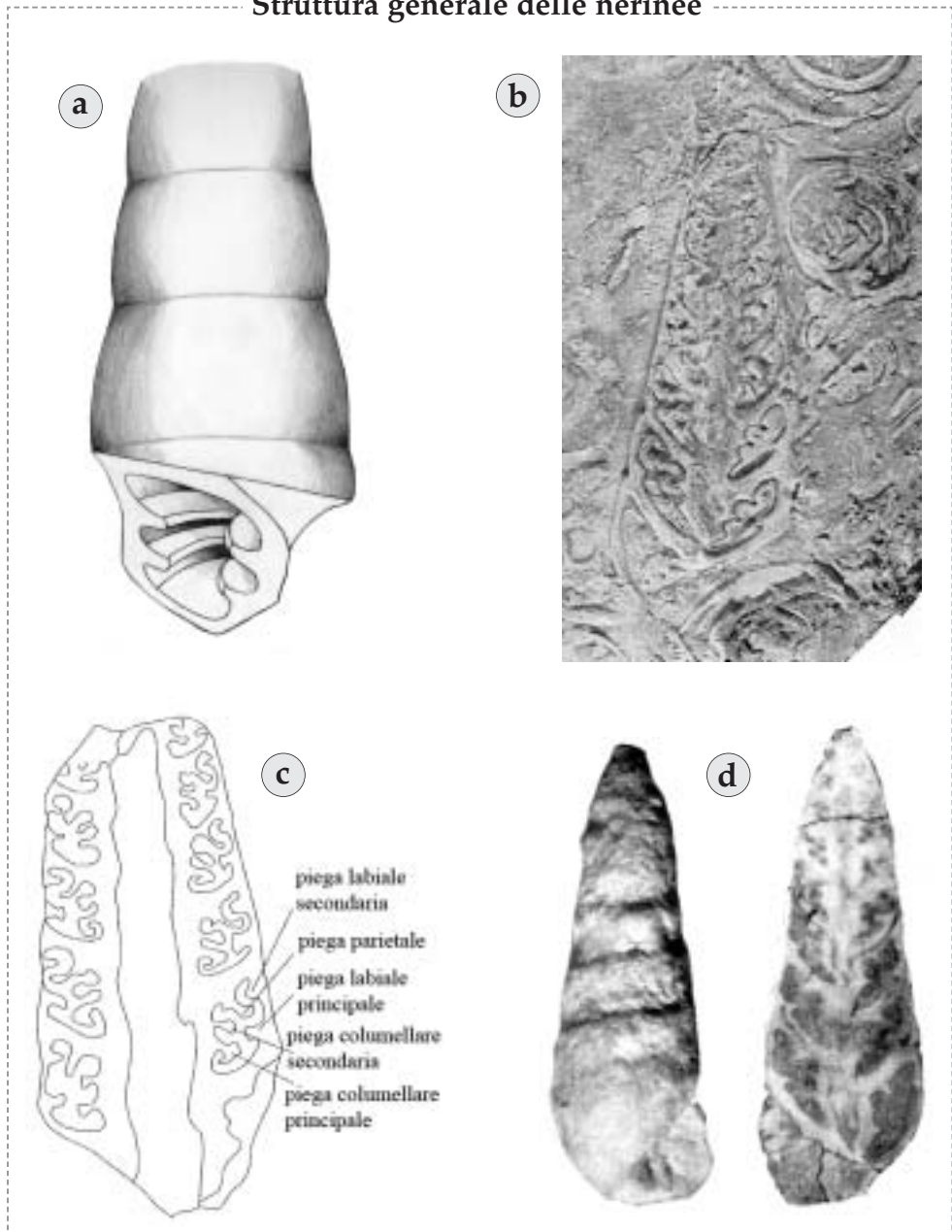
Per quanto riguarda la distribuzione cronostratigrafica, *P. nobilis* è stata segnalata nel Cenomaniano e nel Turoniano inferiore (ossia tra circa 100 e 90 milioni di anni fa) in diversi settori del Mediterraneo.

### Bibliografia

- Sirna, G., 1995. The Nerineids: taxonomy, stratigraphy and paleoecology with particular references to Italian examples. *Geologica Romana*, 31, pp. 285-305.

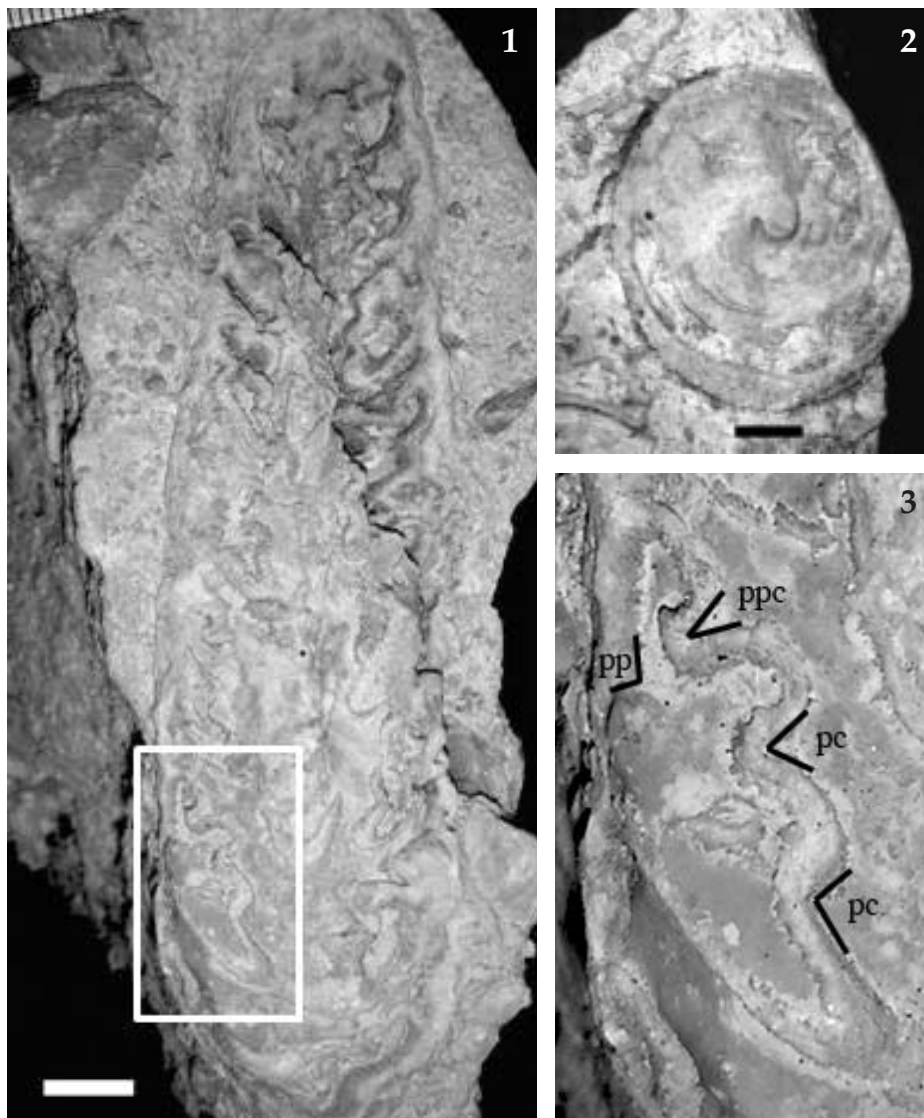


## Struttura generale delle nerinee



**a:** Disegno dell'apertura di un nerineide generico con il dettaglio delle pieghe interne. **b:** Sezione longitudinale di *P. nobilis* (da Carbone *et al.*, 1971). **c:** Nomenclatura delle possibili pieghe di un nerineide (modificata da Sirna, 1995). **d:** *Poliptyxis schiosensis*, esemplare completo (sinistra) e sezione longitudinale (destra) (da Carbone *et al.*, 1971)

## TAVOLA I

*Plesioptygmatis nobilis* (Münster)

1 - Sezione longitudinale naturale (per erosione). La barra corrisponde a 1cm. (Il riquadro bianco indica la parte finale della spira e appare ingrandito in figura 3). 2 - Sezione trasversale (la barra corrisponde a 1 cm). 3 - Dettaglio delle quattro pieghe interne: **pc**: piega columellare; **pp**: piega palatale; **ppc**: piega parieto-columellare.

Da miliardi di anni, organismi marini costruiscono giganteschi ammassi di rocce

## Le scogliere del passato

Tassos Kotsakis

La stampa mondiale riporta quasi ogni giorno notizie dei pericoli che corre (in seguito ad attività antropiche) il più complesso ecosistema delle terre emerse, quello che presenta la maggiore biodiversità: la foresta pluviale tropicale. Più raramente ci si occupa dell'ecosistema marino che ospita la maggiore biodiversità (anche se questo è ugualmente minacciato in modo grave): *la scogliera corallina*.

### *Le scogliere «geologiche»*

Il termine scogliera nel parlare quotidiano ha un significato differente rispetto alla definizione che ne danno marinai da una parte e biologi e geologi dall'altra. A volte si parla di scogliera per indicare una costa rocciosa e le "Bianche Scogliere di Dover" indicano la scoscesa costa inglese che si affaccia sul tratto orientale della Manica. Per i marinai, invece, scogliera è qualsiasi struttura, rocciosa o sabbiosa, che si trova appena sopra o appena sotto la superficie dell'acqua (a non più di due metri di profondità) e costituisce un pericolo per la navigazione. Per geologi e biologi infine la scogliera è una struttura costituita da sedimenti e scheletri di organismi che deve presentare le seguenti caratteristiche:

- 1) *presenza di una impalcatura organica (biocostruzione);*
- 2) *posizione rilevata rispetto al fondo;*
- 3) *resistenza alle onde;*
- 4) *presenza limitata alla zona di penetrazione della luce;*
- 5) *distribuzione in acque calde tropicali (in linea di massima).*

È di queste scogliere «geologiche» che ci occuperemo, seguendone ruolo ed evoluzione nella lunga storia della Terra.

Esistono attualmente vari tipi di scogliere organiche, per esempio quelle composte da ostriche, ma le più massicce e note sono le *scogliere coralline* che costituiscono le scogliere a frangia, attaccate alla costa, gli atolli e le barriere separate dalla costa da una laguna più o meno ampia; fra queste ultime la più famosa è la Grande Barriera Australiana (fig. 1). Una scogliera corallina attuale è un ecosistema estremamente complesso composto da moltissime specie di organismi che possono essere classificati in cinque categorie funzionali: 1) i costruttori, 2) gli intrappolatori, 3) i leganti, 4) i distruttori e 5) gli abitanti.

Alla costruzione prendono parte le tre prime categorie. La prima è costituita dagli organismi *biocostruttori*, che forniscono la maggior parte del volume scheletrico e conferiscono rigidità alla struttura. Come suggerisce il loro nome, gli *intrappolatori* intrappolano e stabilizzano

**Anastassios (Tassos) Kotsakis:** Ordinario di Paleontologia, Dip. di Scienze Geologiche dell'Università degli studi "Roma Tre"



Figura 1 - Grande Barriera Australiana

i sedimenti nelle varie strutture della scogliera e in questo modo ostacolano l'azione distruttrice delle onde. I *leganti* infine fissano in un'unica struttura rigida l'impalcatura scheletrica e i sedimenti intrappolati.

I principali costruttori delle scogliere attuali sono, come abbiamo già detto, i coralli (fig. 2) e in particolare varie specie appartenenti all'ordine Scleractinia<sup>(1)</sup> (noti anche come *esacoralli*). Le specie costruttrici di quest'ordine sono coloniali e vivono in simbiosi con delle piccole alghe unicellulari, note col nome di zooxantelle<sup>(2)</sup>, che vivono nelle cellule endodermiche delle parti molli dei coralli. I coralli hanno bisogno di utilizzare l'anidride carbonica, prodotta dalla respirazione, per produrre il carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) necessario alla formazione del loro scheletro costituito da aragonite<sup>(3)</sup>. Le zooxantelle, organismi autotrofi che hanno bisogno di anidride carbonica per la fotosintesi, agiscono da pompe di  $\text{CO}_2$  e fanno sì che ci sia sempre una grande presenza di questo gas, fatto che accele-

ra il processo di formazione dello scheletro dei coralli di almeno dieci volte rispetto ai coralli che non vivono in simbiosi con le zooxantelle. Il fatto che le zooxantelle abbiano bisogno della luce



Figura 2 - Esacoralli attuali

solare per effettuare la fotosintesi, spiega perché le scogliere coralline siano limitate in profondità nella zona di penetrazione della luce. Le condizioni ottimali per lo sviluppo dei coralli che costituiscono le scogliere dipendono dunque dalla profondità (fino a 25 m), dalla salinità (34-36 per mille di NaCl), dalla temperatura (23°-28°C), anche se si tollerano ampie variazioni di intervallo per ognuno di questi parametri. Condizioni ottimali come quelle descritte si trovano generalmente nei mari tropicali e per questo la distribuzione latitudinale delle scogliere coralline attuali va da 23°N a 23°S, mentre isolate scogliere si possono trovare entro una fascia più ampia, da 35°N a 32°S.

Le barriere coralline sono divise in varie zone (figg. 3 e 4): partendo dalla parte interna possiamo individuare:

- *retroscogliera*, con acque relativamente tranquille, a volte vere lagune, nelle quali si possono sviluppare delle piccole scogliere di laguna (*patch reef*);
- *piana di scogliera*, zona poco profonda, quasi affiorante durante la bassa marea;
- *cresta della scogliera*, che determina il frangersi delle onde, area di grande energia idrodinamica, dove possono sopravvivere solamente organismi incrostanti;
- *fronte della scogliera*, che si estende dalla zona dei frangenti ad una profondità di circa 30-50 m (mediamente) ed è popolata dalla maggioranza dei coralli e delle alghe rosse: i coralli presentano morfologie che vanno da incrostanti, a massicci, a ramificati, a stratiformi, man mano che aumenta la profondità e diminuisce l'idrodinamismo e la penetrazione della luce;

- *avanscogliera*, dove si accumulano i detriti di scogliera e si sviluppano piccoli *biostromi* ad alghe rosse<sup>(4)</sup>.

### *Le scogliere nel tempo*

L'ambiente di scogliera non è esclusivo della nostra epoca. Nella lunga storia della Terra scogliere di vario tipo hanno caratterizzato l'ambiente marino poco profondo. La loro presenza è testimoniata da numerosissimi affioramenti di rocce carbonatiche<sup>(5)</sup> che includono i resti fossili degli organismi costruttori, a volte con spessori di centinaia di metri. Oltre a queste scogliere fossili, che vengono chiamate *bioerme*, nelle successioni carbonatiche si trovano accumuli di materiale organico più sviluppati in orizzontale che in verticale, chiamati *biostromi*, che indicano la presenza di "praterie" occupate da organismi con scheletro duro. Le scogliere fossili sono caratterizzate da alcuni stadi evolutivi:

- *stadio pionieristico* o di *stabilizzazione*, rappresentato da una serie di bassifondi composti da detriti di vari organismi;
- *stadio della colonizzazione*, caratterizzato dalla colonizzazione dell'area da parte di poche specie;
- *stadio della diversificazione*, caratterizzato dal gran numero di specie presenti;
- *stadio della dominazione*, caratterizzato dalla presenza di poche specie.

Prima della comparsa di erbivori marini multicellulari, all'inizio del Cambriano, le *stromatoliti*<sup>(6)</sup> sono state le uniche costruttrici di scogliere. Le più antiche scogliere a stromatoliti sono state rinvenute in Australia occidentale e hanno un'età compresa fra i 3,5 e i 3,0 miliardi di anni.



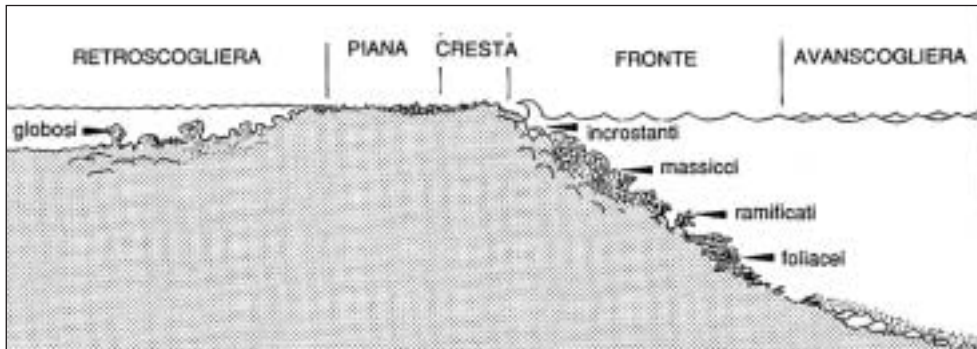


Figura 3 - Profilo di una scogliera (da Raffi e Serpagli, 1993)

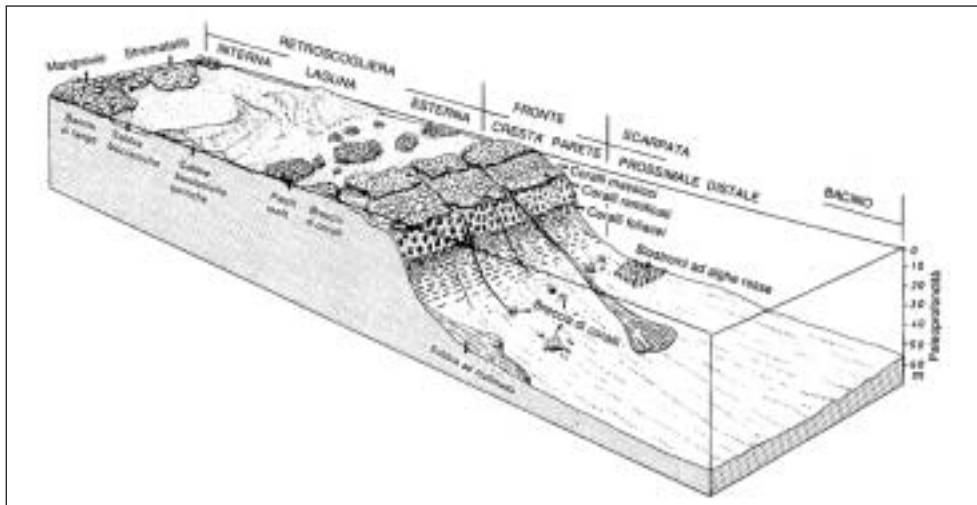


Figura 4 - Blocco-diagramma che illustra l'ambiente di scogliera (da Raffi e Serpagli, 1993)

Durante tutto l'Archeano e il Proterozoico le stromatoliti hanno costruito strutture sempre più complesse.

I primi metazoi<sup>(7)</sup> a costruire scogliere sono state le *archeociate*<sup>(8)</sup>, durante il Cambriano inferiore. Questi organismi (grandi fino a 25 cm in altezza, più intrappolatori che costruttori) hanno dato origine a scogliere di piccole dimensioni, spesso 2 o 3 metri e dal diametro di circa 10-30 m. Queste strutture potevano svilupparsi su substrati mobili e in acque turbolente e alla loro costruzione

partecipavano anche varie alghe incrostanti. La loro distribuzione latitudinale era abbastanza ampia: da 30°N a 60°S. Le archeociate declinarono fortemente alla fine del Cambriano inferiore (scomparevano del tutto alla fine del Cambriano). Durante il Cambriano medio e superiore e l'Ordoviciano inferiore le uniche scogliere presenti erano le piccole strutture costruite da stromatoliti.

A partire dall'Ordoviciano medio hanno fatto la loro comparsa scogliere di grandi dimensioni, costituite da coralli colo-

niali appartenenti agli ordini, oggi estinti, dei *Rugosa*<sup>(9)</sup> e dei *Tabulata*<sup>(10)</sup>, e da spugne *stromatoporoidi*<sup>(11)</sup>. Alla costruzione di tali scogliere parteciparono le alghe calcaree, altri gruppi di spugne e i briozoi<sup>(12)</sup>, mentre hanno dato il loro contributo anche i brachiopodi<sup>(13)</sup> e gli echinodermi<sup>(14)</sup> pelmatozoi<sup>(15)</sup>.

La complessità dell'ecosistema aumentò durante il Siluriano e raggiunse il culmine durante il Devoniano, un periodo caratterizzato da alto livello del mare, che ha dato origine a molti mari epicontinentali<sup>(16)</sup> tropicali, permettendo una distribuzione latitudinale di scogliere estesa dai 40° ai 60° a nord e a sud dell'equatore. Nelle alte latitudini, con acque temperate, predominavano i coralli rugosi. Le scogliere devoniane raggiungevano dimensioni molto grandi, fino a 2000 km di lunghezza, e la biodiversità che le caratterizzava era molto simile a quella attuale. A differenza tuttavia degli organismi costruttori di oggi, la maggioranza delle forme del Paleozoico medio aveva uno scheletro calcitico<sup>(17)</sup> e non aragonitico. L'associazione *rugositabulati-stromatoporoidi* sembra aver occupato acque con limitate risorse di nutrienti, mentre nelle aree dove erano presenti abbondanti nutrienti, altri organismi (spugne diverse dagli stromatoporoidi ecc.) prendevano il sopravvento e, a volte, costituivano delle vere e proprie scogliere. Questo fenomeno sarà ripetuto anche in periodi più vicini a noi, con i coralli coloniali che occupano zone relativamente povere di nutrienti.

Alla fine del Devoniano, a seguito di uno o più eventi, si verificò una grande estinzione. Il mondo delle grandi scogliere scomparve e al suo posto durante il successivo periodo Carbonifero com-

parvero strutture sedimentarie chiamate *mud mounds*, con pochi organismi costruttori veri e propri e prevalenza degli organismi leganti. Dominavano durante questo lasso di tempo associazioni a spugne, alghe, batteri e foraminiferi<sup>(18)</sup>, mentre gli echinodermi crinoidi<sup>(19)</sup> erano a volte molto abbondanti. L'assenza di vere e proprie scogliere durante il Carbonifero inferiore è stata attribuita alla diminuzione generale della temperatura, che ha interessato l'intero globo. Carbonifero superiore e Permiano inferiore continuarono ad essere caratterizzati dall'assenza di costruttori di scogliere e dalla presenza di *mud mounds* dominati da associazioni di alghe calcaree, spugne e briozoi, anche se alcune scogliere del Carbonifero superiore, costruite da *chetetidi*<sup>(20)</sup> erano caratteristiche di questo intervallo di tempo. Molte associazioni del Permiano medio e superiore erano ugualmente dominate da spugne, alghe filloidi e microorganismi, mentre altre, come quelle che vissero nel mare epicontinentale dello Zechstein (Germania), erano costruite da briozoi e stromatoliti e costituivano delle vere e proprie scogliere. Scogliere coralline costituite da coralli rugosi, molto probabilmente simbiotici con zooxantelle, e tabulati, erano presenti nella Tetide<sup>(21)</sup> orientale. Nelle stesse strutture si trovavano briozoi, foraminiferi e brachiopodi. Fra questi ultimi particolarmente interessanti sono i rappresentanti della famiglia *Richthofeniidae*, che presentano una forte convergenza morfologica con i coralli rugosi. Quasi tutte queste scogliere erano concentrate nell'area tropicale. Durante il Permiano i sistemi carbonatici depositi in acque tropicali e subtropicali cominciarono ad essere dominati dalla

presenza dell'aragonite invece della calcite, presentando così una decisa somiglianza mineralogica con quanto avviene nei mari attuali.

La fine del Permiano è caratterizzata dalla più grande estinzione di organismi nella storia della Terra. La quasi totalità delle specie che facevano parte delle scogliere del Permiano finale si è estinta e un intervallo di circa 10 milioni di anni separa queste associazioni dalle prime e poco sviluppate associazioni di scogliera del Triassico inferiore. Le scogliere triassiche erano composte da organismi unicellulari, coralli, spugne, alghe calcaree, bivalvi e serpulidi<sup>(22)</sup>. Le scogliere del Triassico inferiore erano di piccole dimensioni e dominate da organismi unicellulari; quelle del Triassico medio dalle spugne calcaree e quelle del Trias-

sico superiore dai coralli scleractini, antenati diretti delle nostre forme attuali. Durante questo lasso di tempo le scogliere si sono espanse dalla zona tropicale e sono arrivate, durante il Triassico superiore, ad avere una distribuzione latitudinale che andava dai 35°N ai 35°S. Fra le più imponenti scogliere triassiche si possono segnalare quelle delle Dolomiti. Tuttavia, nonostante notevoli somiglianze con le scogliere attuali, le scogliere triassiche presentano grandi differenze. Quasi tutti gli organismi presenti, compresi i coralli scleractini, si comportavano da intrappolatori e leganti e non da costruttori. Inoltre un grande numero di specie di scleractini di questo periodo erano colonizzatori di fondali sabbiosi e fangosi, mentre quelli attuali colonizzano fondali duri.



Figura 5 - Particolare di una scogliera fossile a rudiste (radiolitidi) nei pressi di Rocca di Cave

Alla fine del Triassico una grande estinzione ha portato alla quasi totale scomparsa degli organismi di scogliera triassici e l'inizio del Giurassico è caratterizzato da grande rarità di scogliere. In seguito, l'innalzamento del livello marino e la frantumazione del Pangèa<sup>(23)</sup> durante questo periodo hanno portato a una proliferazione delle scogliere. La loro distribuzione latitudinale durante il Giurassico inferiore copriva una fascia che si estendeva da 30°N a 30°S, per ampliarsi a 35°N durante il Giurassico medio e arrivare a 45°N durante il Giurassico superiore. Le scogliere giurassiche erano costruite principalmente dai coralli scleractini, ma partecipavano alla loro formazione anche spugne, microrganismi, e bivalvi (antenati di ostriche e di rudiste). Le scogliere del Cretacico erano caratterizzate dalla massiccia presenza di un gruppo di bivalvi dal guscio molto robusto, in grado di resistere alle sollecitazioni meccaniche, le *rudiste*<sup>(24)</sup>, molto diffuse nelle rocce di Rocca di Cave (fig. 5).

Numerose specie di rudiste svolgevano un ruolo di pioniere, colonizzando fondali incoerenti e formando un substrato sul quale si sviluppavano coralli o altre specie di rudiste. Questo gruppo di bivalvi era composto da numerose specie appartenenti a varie famiglie. Specie appartenenti alle famiglie Caprinidae e Caprotinidae erano diventate le principali costruttrici di scogliera durante il Cretacico inferiore, mentre durante la parte recente del Cretacico inferiore diventavano abbondanti i rappresentanti della famiglia Radiolitidae, che rimanevano fra i principali costruttori anche durante il Cretacico superiore, affiancate durante questo ultimo intervallo di tempo dai rappresentanti della famiglia Hippuriti-

dae. Durante il Cretacico inferiore le rudiste erano spesso associate con i coralli scleractini, mentre durante il Cretacico superiore spesso costituivano delle scogliere monotipiche (fig. 6). Infatti le scogliere a rudiste erano caratterizzate da bassa biodiversità, poco consistenti, di limitate dimensioni. Inoltre erano limitate nelle aree con abbondanti nutrienti e ristrette nella fascia della Tetide tropicale e subtropicale. La loro distribuzione latitudinale, che andò espandendosi durante il Cretacico, era comunque limitata fra 30°N e 30°S durante il Cretacico superiore, mentre le scogliere a coralli si estendevano di circa altri 10° a nord e a sud ed erano presenti nelle zone con bassa presenza di nutrienti anche nella zona tropicale.

La grande crisi biotica della fine del Cretacico ha portato all'estinzione delle rudiste e a un forte declino dei coralli scleractini. All'inizio del Terziario erano presenti limitati *mud-mound* e piccole scogliere a briozoi. Il recupero delle scogliere coralline sarà lento e attraverserà l'intero Paleocene ed Eocene, fino a ristabilirsi completamente solamente nell'Oligocene. Nel Terziario le scogliere raggiunsero la loro massima estensione verso N durante il Miocene. In questa epoca fiorenti scogliere ad alta biodiversità erano ancora presenti nel Mediterraneo. Verso la fine del Miocene, invece, le scogliere mediterranee erano composte dal solo genere *Porites*. Dall'inizio del Pliocene le scogliere scompaiono dal Mediterraneo. Le scogliere plioceniche e pleistoceniche erano quasi identiche a quelle attuali e ristrette latitudinalmente entro gli stessi limiti (o quasi).

Oltre alle bioerme sviluppatesi in acque poco profonde e calde, esistono e sono

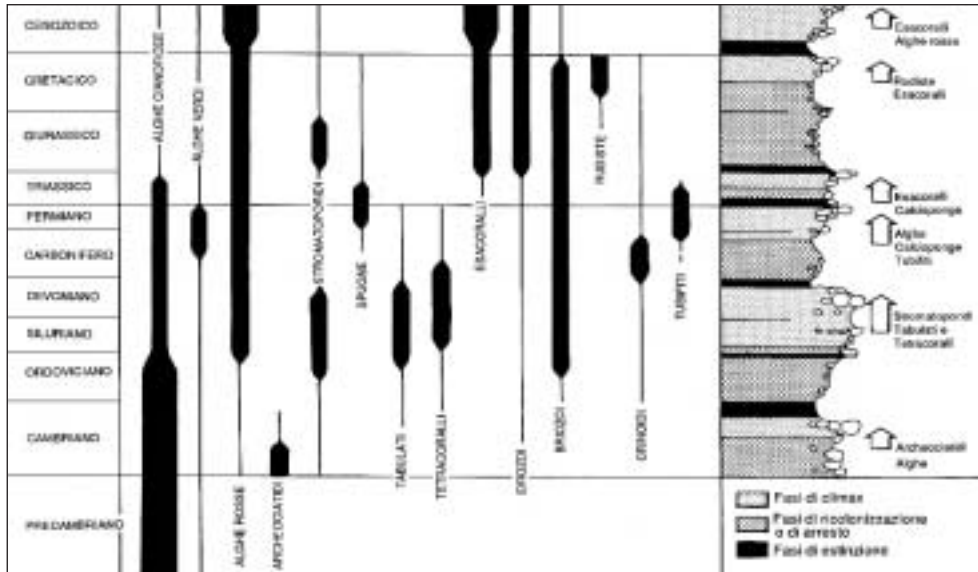


Figura 6 - Evoluzione nel tempo dei principali organismi biocostruttori (da Raffi e Serpagli, 1993)

state presenti anche nel passato, biocostruzioni di altri ambienti. Attualmente esistono strutture carbonatiche che si sviluppano anche a profondità di oltre 1000 m, chiamate *litoermi*, costituite principalmente da coralli scleractini *aer-matipici*, cioè non simbiotici con le zooxantelle, e da altri organismi come gli ottocoralli<sup>(25)</sup>. È possibile che alcuni *mud-mound* del Paleozoico fossero della stessa origine. Durante tutto il Mesozoico e in particolar modo durante il Giurassico, erano presenti biocostruzioni silicee, fatte da spugne silicee esactinellidi<sup>(26)</sup>. Negli ultimi venti anni sono state scoperte anche recenti strutture di questo tipo, strutture che sembravano scomparse alla fine del Cretacico. Anche in ambiente salmastro o iperalino (cioè a salinità molto elevata) si sono sviluppate delle biocostruzioni prodotte da ostriche, da associazioni di briozoi e serpulidi e da vermetidi<sup>(27)</sup>. Tali costruzioni si sono svi-

luppate specialmente nel mare della Paratetide<sup>(28)</sup>, caratterizzato da salinità fortemente variabile, ma anche in altre aree geografiche.

### Testi consigliati

#### Generali:

- Allasinaz A. (1999) - *Invertebrati fossili*. UTET.  
 Bosellini A. (1991) - *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*. Italo Bovolenta Editore.  
 Raffi S. & Serpagli E. (1993) - *Introduzione alla Paleontologia*. UTET.

#### Di approfondimento:

- Rohwer F. & Youle M. (2010) - *Coral reefs in the microbial seas*. Plaid Press.  
 Sellwood B.W. (2005) - *Reefs ("Build Ups")*. In Selley R.C., Cocks L.R.M. & Plimer I.L. (Eds.) - *Encyclopedia of Geology*, vol. 4, pp. 562-570, Elsevier.  
 Sheppard C.R.C., Davy S.K. & Pilling G.M. (2009) - *The biology of coral reefs*. Oxford University Press.  
 Veron J.E.N. (2010) - *A reef in time: the Great Barrier Reef from beginning to end*. Belknap Press of Harvard University Press.



## Note

(1) *Scleractinia*: ordine di coralli sia coloniali sia solitari, dallo scheletro aragonitico, presenti dal Triassico all'Attuale.

(2) *Zooxantelle*: alghe unicellulari che vivono in simbiosi con coralli e bivalvi.

(3) *Aragonite*: forma cristallina metastabile di carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

(4) *Alge Rosse*: alghe pluricellulari marine della famiglia Corallinaceae, caratterizzate dalla presenza di carbonato di calcio nelle pareti delle cellule che costituiscono il tallo, presenti dall'Ordoviciano all'Attuale.

(5) *Rocce carbonatiche*: rocce composte di carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

(6) *Stromatoliti*: strutture biosedimentarie composte da un'alternanza di tappeti di cianobatteri (microscopici organismi procarioti) e altri organismi unicellulari, e di sedimento intrappolato dal tappeto.

(7) *Metazoa*: tutti gli animali pluricellulari.

(8) *Archeociate* (*Archeocyatha*): gruppo di animali marini estinti simili alle spugne considerato da alcuni studiosi un phylum a sé e da altri come classe particolare dei Porifera (= spugne), presenti durante il Cambriano.

(9) *Rugosa*: ordine estinto di coralli sia coloniali sia solitari, dallo scheletro calcitico, presenti dall'Ordoviciano al Permiano.

(10) *Tabulata*: ordine estinto di coralli coloniali, con scheletro calcitico, presenti nel tempo dall'Ordoviciano al Permiano.

(11) *Stromatoporoida*: estinto gruppo di animali marini spesso accostato ai Cnidaria ma recentemente assegnato ai Porifera, presente dall'Ordoviciano al Cretacico.

(12) *Briozoi* (*Bryozoa*): phylum di animali prevalentemente marini, esclusivamente coloniali, presente dall'Ordoviciano all'Attuale.

(13) *Brachiopodi* (*Brachiopoda*): phylum di animali marini solitari, caratterizzati dalla presenza di una valva ventrale e una dorsale, presente dal Cambriano all'Attuale.

(14) *Echinodermata*: phylum di animali marini, a simmetria pentaraggiata, comprendente gli attuali ricci di mare, stelle marine ecc., presente dal Cambriano all'Attuale.

(15) *Pelmatozoa*: sottophylum di echinodermi peduncolati, fissi, esclusivamente marini, presente dal Cambriano all'Attuale.

(16) *Mare epicontinentale*: mare generalmente poco profondo che copre aree composte da crosta continentale (SiAl).

(17) *Calcite*: forma cristallina stabile del carbonato di calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

(18) *Foraminiferi*: gruppo di animali unicellulari marini (ordine Foraminiferida), sia planctonici sia bentonici (= abitanti del fondo), con scheletro prevalentemente calcareo, che hanno lasciato un enorme numero di fossili, presenti dal Cambriano all'Attuale.

(19) *Crinoidea*: classe di echinodermi pelmatozoi, presenti dal Cambriano medio all'Attuale.

(20) *Chetetidi* (*Chaetetida*): gruppo enigmatico di organismi coloniali marini considerato dalla maggioranza dei paleontologi come facente parte dei tabulati. Presente dall'Ordoviciano al Permiano. Ad esso furono attribuiti anche alcuni fossili mesozoici.

(21) *Tetide*: Vasto oceano che si estendeva in senso latitudinale lungo l'equatore, separando i continenti boreali da quelli australi dal Carbonifero al Triassico (*Paleotetide*) e dal Triassico all'Eocene (*Neotetide*).

(22) *Serpulidi*: vermi marini del phylum Annelida che vivono in un tubo calcareo da essi costruito, noti dal Cambriano all'Attuale.

(23) *Pangèa*: supercontinente che si formò dall'unione di tutti i continenti durante il Permiano e cominciò a frantumarsi alla fine del Triassico.

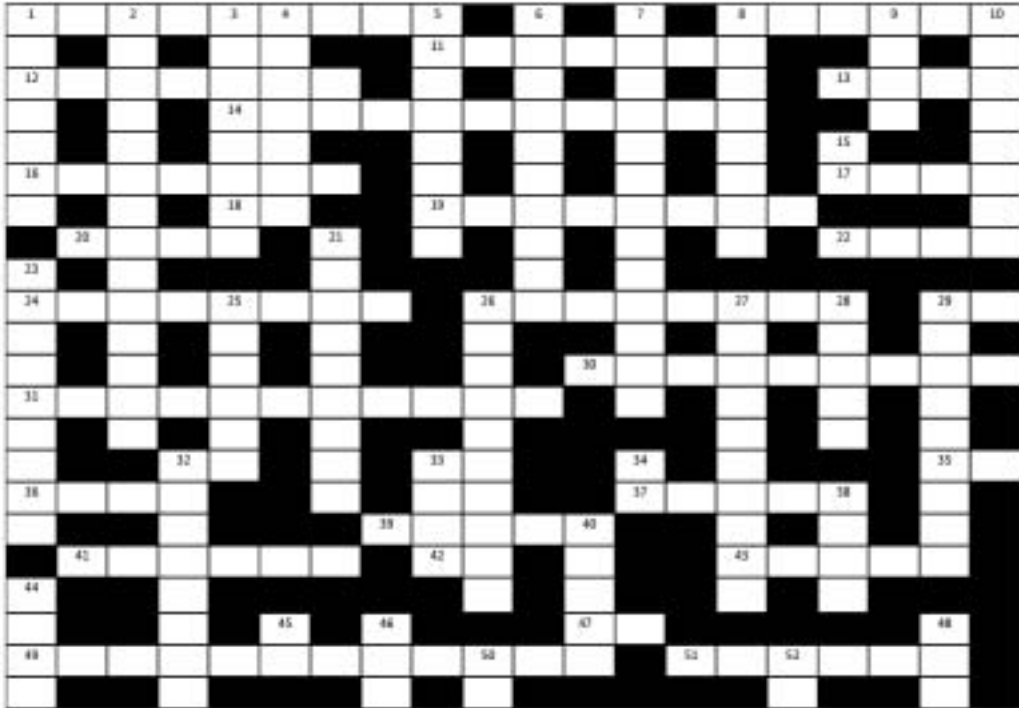
(24) *Rudiste*: bivalvi marini dell'estinto ordine degli Hippuritoida, generalmente di grandi dimensioni (le più grandi raggiungevano dimensioni di oltre due metri di altezza e 60 cm di diametro) con valve fortemente modificate, costruttori di scogliera, presenti dal Giurassico superiore al Cretacico terminale. Sono assegnate a sette famiglie: *Diceratidae*, *Requeniidae*, *Monopleuridae*, *Caprotinidae*, *Caprinidae*, *Radiolitidae* e *Hippuritidae*.

(25) *Ottocoralli* (*Octocorallia*): organismi marini, coloniali, appartenenti ad una sottoclasse di coralli della classe Anthozoa, scarsamente rappresentati fra i fossili, presenti dal Siluriano all'Attuale.

(26) *Esactinellidi* (*Hexactinellida*): classe di spugne con spicole silicee, esclusivamente marine, note dal Cambriano all'Attuale.

(27) *Vermetidae*: famiglia di gasteropodi marini, con guscio che si avvolge in maniera irregolare, incrostanti, nota dal Cretacico all'Attuale.

(28) *Paratetide*: mare sviluppato dall'Eocene superiore al Pliocene, esteso dal Bacino di Vienna al Lago di Aral. Gli attuali Mar Nero, Mar Caspio e Lago di Aral sono resti di quel mare.

**GEOCRUCIVERBA PER GLI "ESPERTI"** (di Akira)

**DEFINIZIONI ORIZZONTALI**

- 1** - Branca della geologia che individua aree, omogenee dal punto di vista geologico, della crosta terrestre e ne descrive i lineamenti geologici tipici, delineandone la storia geologica ed i rapporti reciproci con le regioni confinanti.
- 8** - Il primo eone.
- 11** - È preceduto dal Paleogene e seguito dal Quaternario.
- 12** - Roccia intrusiva a chimismo intermedio.
- 13** - Progetto per la Cartografia Geologica.
- 14** - Sistema cristallino con i tre assi tutti di lunghezza differente ma tutti con angoli di 90°.
- 16** - Oggetti vetrosi naturali formati in seguito ad un grande impatto meteoritico sulla superficie terrestre.
- 17** - Particella elettricamente carica.
- 18** - Sigla del titanio.
- 19** - Materiale che, con particolari caratteristiche, può opporsi al passaggio di calore e/o della corrente elettrica.
- 20** - Cristallizzazioni secondarie alla mesoscala, spesso discordanti, che si ramificano all'interno di una formazione.
- 21** - Lo studio sulla sua riflessione è un metodo chiave per identificare la temperatura in fase di diagenesi dei sedimenti all'interno di bacini.
- 22** - Strato di rocce basiche contenenti Silicio e Magnesio posto sotto il Sial.
- 24** - Rocce a composizione basica e a densità molto elevata. I minerali presenti sono anidri.



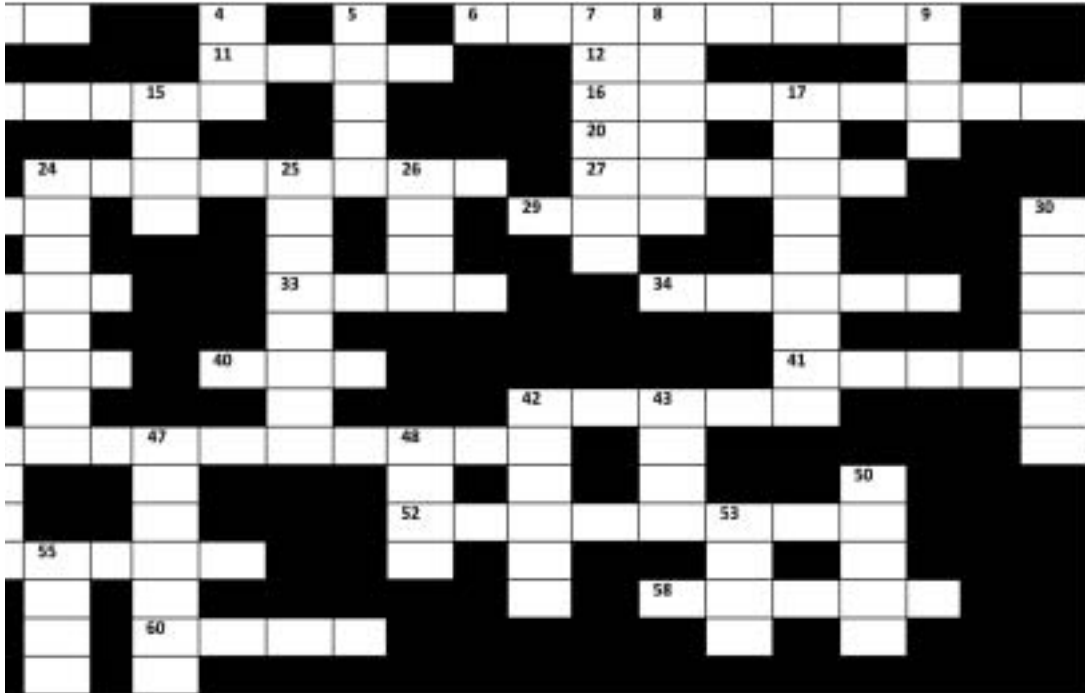
## GEOCRUCIVERBA



### DEFINIZIONI ORIZZONTALI

- 1 - La scienza che studia i fossili.  
 6 - Lo respiriamo per vivere.  
 10 - È nel cielo. È bianca con il bel tempo e nera quando piove.  
 11 - Il viso del cane.  
 12 - Le prime due lettere di Italia.  
 13 - Albero alto e sempre verde. Come frutto ha le pigne.  
 14 - Grande rettile estinto del Giurassico. Cugini dei cocodrilli.  
 16 - Si attacca al ferro senza colla.  
 18 - Regione italiana bagnata dal Mar Adriatico che confina con Umbria e Abruzzo.  
 20 - L'articolo determinativo più famoso.  
 21 - Sono dure e formate da tanti minerali.  
 24 - Cristalli preziosi che formano le rocce.  
 27 - Si legge e si studia a scuola.  
 28 - È molto alta e quando c'è neve ci si va a sciare.  
 29 - Si urla alla partenza.  
 31 - Il cane lo nasconde e lo rosicchia.  
 32 - Chiamato il Pianeta Rosso.
- 33 - Si dice per salutare un amico.  
 34 - Materiale trasparente con cui sono fatte le finestre.  
 35 - Quando è bel tempo è azzurro.  
 37 - Lo sono i fiori e le verdure.  
 39 - Può essere sia un principe sia un aquila.  
 40 - Gli uccelli le sbattono per volare.  
 41 - Si chiede dopo aver mangiato al ristorante.  
 42 - Lo è ogni roccia trovata per terra.... Se si lancia fa male!  
 44 - Gennaio è il primo dell'anno.  
 46 - Si trova al mare sia in acqua sia nella sabbia. Spesso si colleziona.  
 49 - Lo porta la Befana ai bambini cattivi e brucia molto facilmente.  
 51 - È tonda, gira e ci viviamo tutti sopra.  
 52 - Uccello che vive vicino al mare.  
 54 - Fa tremare la Terra... e nel 2009 è successo in Abruzzo.  
 56 - Momento della giornata in cui si possono vedere le stelle.  
 58 - Lo sono la rosa e la margherita.  
 59 - Isola italiana a sud della Corsica.

## PER I PIÙ PICCOLI (di Akira)



- 60 - Punto cardinale indicato dalla bussola.  
61 - Momento della giornata in cui il cielo diventa rosa.

### DEFINIZIONI VERTICALI

- 1 - Lo zio di Qui Quo Qua.  
2 - È bianca e cade dal cielo quando fa molto freddo.  
3 - La scienza che studia il pianeta Terra.  
4 - Si attacca alla lenza per pescare.  
5 - Parte di terra emersa circondata dalle acque.  
7 - Isola italiana a forma di triangolo.  
8 - La nostra nazione.  
9 - Ci si condisce l'insalata insieme a sale e aceto.  
10 - Il contrario di amico.  
15 - Vive negli stagni e gracidia.  
17 - Mare che bagna l'est dell'Italia.  
19 - Capitale d'Italia.  
22 - Il miglior amico dell'uomo.  
23 - Organismi morti intrappolati nella roccia.  
24 - Serve per attaccare i chiodi al muro e per rompere le rocce.  
25 - Piccoli fiumi di montagna.

- 26 - È luminosa e può essere piena o a spicchi.  
30 - Serve per orientarsi in qualsiasi luogo.  
31 - Dopo il sette c'è...  
32 - Il Mare che bagna il Lazio.  
35 - L'insieme di tutti i cambiamenti delle stagioni nei secoli dipende dal...  
36 - Sulla Terra esiste quello Nord e quello Sud, separati dall'Equatore.  
37 - Quando erutta emette fumo e lava.  
38 - Animale cui piace tanto dormire.  
42 - Sulla spiaggia ci si fanno i castelli.  
43 - Se interrati e annaffiati fanno crescere le piante.  
45 - Formato da 12 mesi.  
46 - Luoghi dove si estraggono materiali utili.  
47 - Può essere stradale, geografica o politica.  
48 - Ci si può fare il bagno d'estate e non è il mare.  
50 - È la parte più alta dei castelli e negli aeroporti c'è quella di controllo.  
53 - I pesci non la possono respirare.  
55 - Si dice che una al giorno tolga il medico di turno.  
57 - Punto cardinale da cui sorge il sole.

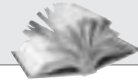
seguito di pag. 35

- 26** - Supercontinente che sarebbe esistito fra i 600 ed i 540 milioni di anni fa. Viene anche chiamata il Supercontinente vendiano.
- 29** - Sigla del Rutenio
- 30** - meteorite rocciosa caratterizzata dall'assenza di condrule.
- 31** - L'ultimo piano dell'Eocene.
- 35** - Sigla dell'Argon.
- 37** - Materiale inizialmente inutilizzabile estratto insieme al materiale utile.
- 39** - Nel gennaio 2010 vi è avvenuto un terremoto di Mw 7,0.
- 41** - Fondatore dell'Attualismo, è considerato il padre della geologia moderna.
- 42** - Logaritmo naturale.
- 43** - *Ardito*: geologo, geografo ed esploratore italiano che guidò la prima salita sul K2.
- 49** - Organismo di grande abbondanza e grande espansione geografica, utilissimo per la datazione relativa delle rocce.
- 51** - Miscela complessa di Columbite e Tantalite.

## DEFINIZIONI VERTICALI

- 1** - Bivalve che era il principale costruttore di barriere nel Cretacico superiore.
- 2** - La scienza che unisce la ricerca archeologica con i concetti e metodi delle Scienze della Terra.
- 3** - Rocce verdi: porzioni di crosta oceanica sollevata e affiorante grazie all'orogenesi.
- 4** - Dipendono dallo stato di ossidazione dell'Azoto quando esso è +5.
- 5** - È una funzione di stato che quantifica l'indisponibilità di un sistema a produrre lavoro.
- 6** - Scienza che ha come oggetto di studio l'universo nel suo insieme.
- 7** - Situato lungo i margini continentali
- 8** - Grande classe delle meteoriti che raccoglie quelle pietrose.
- 9** - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici
- 10** - La sua chimica è basata sul carbonio.
- 15** - Sigla del silicio.
- 23** - Zona pianeggiante, talora con rilievi residui; costituisce lo stadio finale cui tende, a causa dell'erosione subaerea e in opportune condizioni climatiche, ogni rilievo.
- 25** - Porzione di crosta terrestre sprofondata a causa di un sistema di faglie dirette in regime tettonico distensivo.
- 26** - Catena monuosa di origine calcarea situata a sud-est di Roma.
- 27** - Tra i generi più noti vi sono *Calpionella*, *Calpionellites*, *Tintinnopsella* e *Amphorellina*.
- 28** - Promontorio africano.
- 29** - La formazione di questi bacini è un fenomeno essenzialmente oceanico in ambienti geodinamici associati a zone in subduzione.
- 32** - Processo di fusione parziale di una roccia metamorfica all'interno della crosta terrestre.
- 33** - La parte di crosta terrestre composta prevalentemente da Silicio e Alluminio.
- 34** - Sigla dell'Argento.
- 36** - Gas nobile utilizzato nelle lampade.
- 38** - Quello terrestre è inclinato rispetto alla perpendicolare all'eclittica di 23°27'.
- 40** - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- 44** - La più diffusa tra le rocce piroclastiche.
- 45** - Sigla del Cloro.
- 46** - Formula chimica del Cinnabro.
- 47** - Sigla dei Rubidio.
- 48** - Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- 50** - Satellite di Giove.
- 52** - Sigla del Lutezio.





## Stephen J. Gould *"I have landed"*

a cura di Francesco Grossi



*"I have landed"* è l'ultima raccolta di saggi di Stephen J. Gould, curata poco prima della sua prematura scomparsa, avvenuta nel maggio del 2002. Gould, paleontologo evoluzionista dalla cultura enciclopedica, è stato da sempre un instancabile editorialista per riviste e giornali, tra cui *"Natural History"*, *"Time"* e *"New York Times"*, un uomo che, come pochi altri, ha lasciato un segno nel panorama scientifico del XX secolo, e allo stesso tempo straordinario divulgatore. Un gioco di numeri caratteristica questa sua ultima raccolta di lavori: il saggio numero 300 di Gould esce a gennaio del 2001, alba del nuovo millennio, sorta di testamento spirituale, ed il 2001 è anche

il centesimo anniversario del viaggio americano intrapreso dalla famiglia dell'autore, l'arrivo a Ellis Island del nonno di Gould che, tredicenne, annota sulla sua grammatica inglese, appena acquistata, la frase *"I have landed"*. Era l'11 settembre 1901...

*"Le storie, la Storia"*, come recita il sottotitolo, perché l'autore tiene molto a sottolineare il parallelo tra le vicende personali di ciascuno in relazione alla propria famiglia, gli eventi storici che cambiano le esistenze di tutti e la vita sulla terra attraverso l'evoluzione. La sezione conclusiva chiude il cerchio con alcuni capitoli proprio dedicati al dramma dell'11 settembre 2001, cento anni dopo quella frase, *"un messaggio di tragica speranza"* che l'autore sente doveroso. In mezzo, decine di saggi raccolti in sezioni, in cui Gould, con la consueta arte affabulatoria e instancabile passione, parla del rapporto tra la scienza e le altre discipline (letteratura, storia, arte), dei pensatori prima della rivoluzione scientifica, degli attacchi del creazionismo, di come il concetto di evoluzione permei la nostra vita al di là della nostra percezione, porta infiniti esempi che spieghino, al grande pubblico e agli specialisti, quali siano le trame dell'evoluzione, scorrendo di Linneo, Agassiz, dinosauri piumati, presunte razze superiori e inferiori.

La sua curiosità per ogni espressione della creatività umana, dalla sua amata



scienza alla politica, dall'arte al baseball, dai Simpson alla letteratura, sono state la cifra del suo percorso intellettuale, e come nelle centinaia di altri suoi saggi, il suo modo di essere si tramuta in una divertente e divertita varietà di **scrittura**, che trova in questa raccolta una delle sue massime espressioni, perché permeata dal testamento spirituale di un uomo sempre ben calato nella realtà politica e sociale, amante della vita, non solo "fossile". "I have landed" è uno spaccato completo della sua scrittura, capace di trasmettere il talento, l'acume, la lievità ma allo stesso tempo la profondità

di uno degli intellettuali più influenti del Novecento. Un testo imprescindibile per tutti gli appassionati delle scienze evoluzionistiche, per gli amanti della storia naturale del pianeta ma, anche, per tutti coloro che vogliono lasciarsi guidare con intelligenza ed ironia attraverso temi di grande interesse.

**Stephen J. Gould**

**"I have landed"**

Codice Edizioni, 2009, 452 pp. Edizione italiana a cura di Telmo Pievani, traduzione di Isabella C. Blum.

## ATTIVITÀ DIDATTICHE DEL MUSEO

Ufficio Comune (lunedì-sabato ore 9-13.30): tel. 06 9584098/9574952; fax 06 9584025  
siti web: roccadicave@provincia.roma.it / [www.hipparcos.it](http://www.hipparcos.it) mail: hipparcos.cds@tiscali.it

**Orari di apertura.** *Pubblico:* sabato e domenica: 10.00 - 13.00 e 16.00 - 19.00

*Scuole e gruppi:* martedì e venerdì su prenotazione (per scuole e gruppi superiori alle 20 unità). Costi: euro 4-5 (per tipologia di attività)

*Note:* Le attività si svolgono durante l'intero periodo scolastico. Attività previste: Visita al museo; Laboratorio; Percorso esterno; Intervento in classe: su richiesta.

■ **SCUOLE PRIMARIE - Alla scoperta delle rocce e dei fossili;** Età: 8-10 anni; classi: 3-4-5; durata attività: 3 ore; costi: 4 euro.

*Obiettivi didattici:* Introduzione all'osservazione del territorio della regione, l'orientamento geografico, il riconoscimento delle rocce e dei fossili.

■ **SCUOLE MEDIE - La storia del Lazio raccontata dalle rocce e dai fossili;** Età: 10-13 anni; durata: 3 ore; costi: 4 euro.

*Obiettivi didattici:* Introduzione all'osservazione del territorio della regione, l'orientamento geografico, il riconoscimento delle rocce e dei fossili, le fasi dell'evoluzione dell'Appennino.

■ **SCUOLE MEDIE SUPERIORI - Sulle sponde di un altro mare: l'evoluzione geologica dell'Appennino centrale;** Età: 14-18 anni; durata: 3 ore; costi: 4 euro.

*Obiettivi didattici:* Introduzione all'osservazione del territorio della regione, il riconoscimento delle rocce e dei fossili, le principali fasi dell'evoluzione e della strutturazione della catena appenninica, la nascita del Mar Tirreno e dei vulcani laziali.

### MODULO DIDATTICO "ESPLORIAMO IL CIELO"

**Laboratorio:** Serata astronomica (o Planetario didattico, sostitutivo per cause meteorologiche o su richiesta); durata: 150'-180'; costi: 5 euro; **Attività previste:** Visita al museo; Seminario; Osservazione astronomica; Planetario (opzionale); Percorso esterno.



# *Geomitologia:* quando anche gli scienziati ricercano il mito

Chiara Amadori

La *geomitologia* è la scienza che analizza le relazioni tra i fenomeni geologici e la letteratura orale o scritta pre-scientifica. In particolare, valuta le descrizioni di questi eventi naturali (terremoti, inondazioni, fossili, vulcani ecc.) così come sono state tramandate nella mitologia e nel folklore locale. L'uomo ha sempre avuto l'esigenza di capire le cause di ciò che gli accadeva intorno, soprattutto

quando avvertiva di non avere l'assoluto controllo sulla natura.

Le credenze religiose e folkloristiche non sono altro che la testimonianza della sete di "reale" e fin dalle origini dell'uomo hanno fornito gli strumenti per decifrare gli eventi allora incomprensibili e le loro cause. Molte di esse infatti sono state chiarite solo in epoca moderna grazie alla tecnologia e alla ricerca scientifica. Si può comprendere, quindi, come caratteristiche montagne, grotte, rocce e altri particolari luoghi e forme

Chiara Amadori: Collaboratrice del Museo Geopaleontologico "Ardito Desio"



Figura 1 - Tellus sull'Ara Pacis (Roma)



naturali, siano stati oggetto di venerazione, e in molti casi continuino ad esserlo. Lo stesso vale per l'acqua, portatrice di vita e per i punti di emissioni gassose, spesso letali, che hanno assunto connotazioni soprannaturali e legami con il mondo sotterraneo, considerato il regno dei morti. Tutte queste sono informazioni sull'evoluzione della regione locale che oggi, vagliate con la dovuta cautela, forniscono dati persino sulla ciclicità di alcuni eventi della quale non era noto il periodo di ritorno, come frane, alluvioni e terremoti. Tutti questi fenomeni oggi vengono visti solo come un ostacolo per l'uomo mentre nella preistoria questi erano guardati sì con terrore, ma anche con grande sacralità e rispetto. La figura principale in tutte le religioni era infatti la Grande Dea Madre. La sua rappresentazione principale era quella di Gea, la Madre Terra, ma è nota anche con molti altri nomi. I Romani la conoscevano col nome di *Tellus* o Terra (fig. 1), i Celti la chiamavano Dea Oscura o Dea Nera e in Messico Tonantzin, la dea Azteca della Terra. Tutte le preghiere ed i riti erano quindi rivolti verso il basso, verso Terra, e l'elemento fondamentale che la caratterizzava era la fertilità.

Col passare del tempo vennero associati vari dèi ai singoli fenomeni naturali: i più noti sono quelli greci e romani, ma si hanno altrettante figure mitologiche legate ai culti sud americani e orientali. Particolare attenzione era rivolta agli dèi associati ai terremoti. Da sempre queste enormi e soprattutto inaspettate liberazioni di energia erano viste come una punizione per l'uomo o peggio ancora come avvertimento di catastrofi maggiori. Una delle principali figure legate

al mito era Ercole (*Heracle*), figlio di Zeus, che percuoteva con la sua enorme clava il suolo creando montagne, capace addirittura di deviare il corso dei fiumi. La presenza mitica è rintracciabile attraverso i numerosi templi a lui dedicati: questi infatti sono posizionati lungo la famosa Via Eraclea, sulla parte sismica del territorio nazionale che coincide con linee *tettonico-strutturali* (lungo le quali, cioè, affiorano grandi lacerazioni – note come *faglie* – che tagliano fino a grande profondità le masse rocciose). Noto è il Tempio di Ercole Curino (Sulmona), del IV secolo a.C., dove si può osservare il posizionamento dell'area sacra a cavallo della traccia di una faglia *attiva*, lungo la quale le masse rocciose che essa taglia si muovono a intervalli più o meno lunghi, provocando terremoti. Si può quindi pensare che proprio particolari fenomeni naturali lungo questa traccia abbiano influenzato l'ubicazione dei luoghi sacri. Dopotutto oggi la cosa non deve sorprendere.

Sulmona è nota per il catastrofico terremoto del 1706 di magnitudo 6.6 in cui le vittime furono più di 1000. Tutta l'area dell'Appennino abruzzese è considerata ad alto rischio sismico e le prove di eventi passati sono da ricercare anche in siti archeologici di costruzioni pagane di questo tipo, grazie alle quali possiamo ricavare informazioni utili. Il dio greco del mare *Poseidone*, in origine anche dio dei terremoti, era figlio del titano Crono e di Rea, e fratello di Zeus e di Ade. Capriccioso e irascibile, non perdeva mai occasione per dimostrare il suo potere distruttivo. Troviamo molte testimonianze degli Achei, che vivevano nel terrore delle sue ire e cercavano di blandirlo offrendogli doni e sacrifici,

ma il dio non si lasciava convincere facilmente e con il suo tridente scuoteva i monti e le valli del Peloponneso, facendo tremare le città dei Troiani. Terrorizzava anche il signore dell'Ade a tal punto che egli temeva potesse aprire la terra fino al suo regno. Divinità simili a Poseidone del mondo antico furono *Rodon* nella mitologia illirica, *Nethuns* nella mitologia etrusca e Nettuno in quella romana.

Gli antichi romani vedevano nei fenomeni sismici una sorta di tramite tra il mondo degli dèi e quello degli uomini, ma molto spesso preludio di catastrofi. Nella terza orazione di Cicerone contro Catilina si parla di un cielo infiammato di meteore, di cadute di fulmini e di terremoti. Cicerone così commenta: «[...] Per non parlare degli altri prodigi che si sono verificati durante il mio consolato in un numero così grande da far pensare a un vero e proprio presagio, da parte degli immortali, degli attuali avvenimenti». L'opinione dei Romani venne poi quasi convalidata nel 79 d.C., quando violenti terremoti colpirono la costa campana, anticipando l'eruzione esplosiva del monte Somma-Vesuvio che provocherà la distruzione di Pompei. In Sicilia si credeva che i terremoti e le eruzioni dell'Etna fossero causate da Tifone (fig. 2), un enorme mostro con 100 teste di drago che Zeus aveva sconfitto gettandogli addosso proprio la Sicilia. A volte Tifone, provando a liberarsi, causava fenomeni sismici e vulcanici comuni in tutta la regione.

Anche nel Cristianesimo si riscontrano ansie e superstizioni simili; il Clero raccomandava al popolo di cantare le Litanie dei Santi per scongiurare i disastri. Il verificarsi di una crisi sismica provoca

inevitabilmente terrore e nervosismo facendo riemergere antiche superstizioni e credenze popolari cosa che, ovviamente, il Cristianesimo ha sempre cercato di evitare attribuendo ogni causa a intervento di Dio. Nei Fioretti di San Francesco (1370-1390), si narra che intorno al 1228, poco dopo l'inizio dei lavori per la costruzione della famosa Basilica di Assisi, Frate Leone, uno dei primi compagni del santo, contrario alla pomposa ostentazione, pronunciò un anatema con le seguenti parole: «*Francesco non l'avrebbe voluta e prima o poi crollerà*».

Cosa accadde in seguito alla Chiesa, lo ricordiamo tutti... Un altro esempio è scritto nella profezia biblica di Zaccaria (Zc, 14, 4-5): «*In quel giorno i suoi piedi si poseranno sopra il monte degli Ulivi che sta di fronte a Gerusalemme verso oriente,*



Figura 2 - Affresco etrusco raffigurante Tifone (Tomba di Tifone, Tarquinia)





Figura 3 - Daimyojin

e il monte degli Ulivi si fenderà in due, da oriente a occidente, formando una valle molto profonda; una metà del monte si ritirerà verso settentrione e l'altra verso mezzogiorno. Sarà ostruita la valle fra i monti, poiché la nuova valle fra i monti giungerà fino ad Asal; sarà ostruita come fu ostruita durante il terremoto, avvenuto al tempo di Ozia re di Giuda". Per un geologo questo passo è un'accurata descrizione del movimento di una faglia trascorrente (una faglia, cioè, lungo la quale due ammassi rocciosi si muovono in direzioni opposte) e si può ricavare anche la cinematica dei blocchi, cioè il loro movimento reciproco. Ciò ha poi trovato conferma nelle indagini scientifiche effettuate sulla grande faglia del Mar Morto.

La necessità di trovare un colpevole, una personificazione di quella forza ignota accompagna davvero tutte le popolazioni, tra le quali non mancano quelle orientali e americane, che però preferiscono utilizzare animali particolarmente emblematici per forza e resistenza. Ad esempio, in India i bramini raccontano che la causa dei terremoti è da attribuire alla stanchezza di uno dei sette serpenti incaricati dal dio *Visnù* di sostenere la Terra. Nell'intento di scaricare il peso sulle spalle del vicino, il serpente provoca sconvenienti movimenti della crosta. Per altri i sismi sono prodotti da un'enorme rana che vive nelle profondità del pianeta e che ogni tanto si scuote. Nella mitologia dei tartari del Caucaso i terremoti sono generati invece da un toro gigantesco che porta la Terra sulle corna: ogni volta che l'animale agita violentemente la testa, il mondo trema.

Anche i giapponesi hanno personificato i terremoti con orribili esseri dal corpo di uomo e la testa di pesce-gatto. Nel tempio di Kashina è rappresentata una divinità celeste che ordina al dio Daimyojin (fig. 3) di conficcare, a colpi di martello, un cuneo di legno nella testa del mostro, chiamato anche *nanazu*, colpevole di aver provocato il terremoto di Edo, l'attuale Tokyo. Durante la cerimonia, gli altri *nanazu* che assistono alla scena rappresentano altrettanti terremoti storici giapponesi: Kwanto, Osaka, Koshu, Echigo, Odawara e Sado. La frequenza continua dei terremoti sarebbe da attribuire alla momentanea disattenzione di Daimyojin.

Gli Indiani Gabrielino, del sud della California, hanno creato un mito più articolato, che in qualche modo ricorda

la moderna teoria della tettonica delle placche. Essi infatti immaginano la Terra supportata sulla schiena di otto tartarughe marine divise in due file. Una di queste file cominciò a nuotare verso est, mentre l'altra verso ovest; la Terra quindi fu soggetta a forze opposte che tendevano ad assottigliarla e, non riuscendo a sopportare tale stress, si spaccò con un forte boato. Le tartarughe non poterono proseguire a lungo per via del peso che portavano, ma di tanto in tanto tornano a muoversi, provocando appunto terremoti.

Meno complessa e più ironica è la visione dei nativi Tzotzil del Messico meridionale, i quali credevano che un giaguaro cercasse sollievo ai suoi pruriti strofinandosi proprio contro i pilastri dai quali la Terra era sostenuta. Una credenza popolare proveniente dal Cile meridionale vuole che la causa dei terremoti sia da attribuirsi a due serpenti: *Cai-cai* e *Treg-treg*. Il primo rappresenta la signora dell'idrosfera e vive in una grotta sotterranea; quando ne esce causa maremoti e inondazioni. *Treg-treg* invece vive nelle viscere di una collina e da lì controlla l'attività di *Cai-cai*. Ogni tanto i due si scontrano e le forti codate di *Treg-treg* provocano frane che seppelliscono *Cai-cai*. Quest'ultimo, per liberarsi dal peso dei macigni, si agita violentemente, provocando scosse.

Infine, anche i miti nordici associano i terremoti alla punizione del dio *Loki* (fig. 4), incatenato ad una rupe nel regno sotterraneo con sopra un enorme serpente che gli fa gocciolare veleno sulla faccia. La moglie devota raccoglie il veleno con un vaso, ma quando questo è pieno ed ella deve allontanarsi per vuotarlo, il veleno cade su *Loki* che,



Figura 4 - "Il castigo di Loki",  
 incisione di Louis Huard

scuotendosi per il tremendo dolore, fa tremare la terra.

La geomitologia deve essere quindi considerata come una scienza interdisciplinare: essa può fornire grandi informazioni se integrata con la storia, l'archeologia e l'antropologia, creando una fitta trama da rileggere tutta in chiave geofisica. È d'obbligo a questo punto sottolineare un fatto oggi più che mai attuale: cioè il paradosso della continua ricerca, del dover scavare in un passato sempre più lontano per acquisire dati utili alla prevenzione, quando, gli insegnamenti della storia recente degli ultimi fatti drammatici vengono persi in pochi anni o in poche generazioni.

# L'ambiente museale

Luigi Campanella

Il degrado di un'opera d'arte, fortemente accentuato in questi ultimi anni, si manifesta subito dopo la realizzazione del manufatto e continua progressivamente a contatto con l'ambiente. Tale fenomeno, anche in assenza di fattori di degrado antropogenico, è un processo naturale, progressivo e irreversibile, in quanto soggiace al Secondo Principio della Termodinamica, cioè rientra nell'ordine naturale delle cose. Si può affermare che queste trasformazioni sono la diretta conseguen-

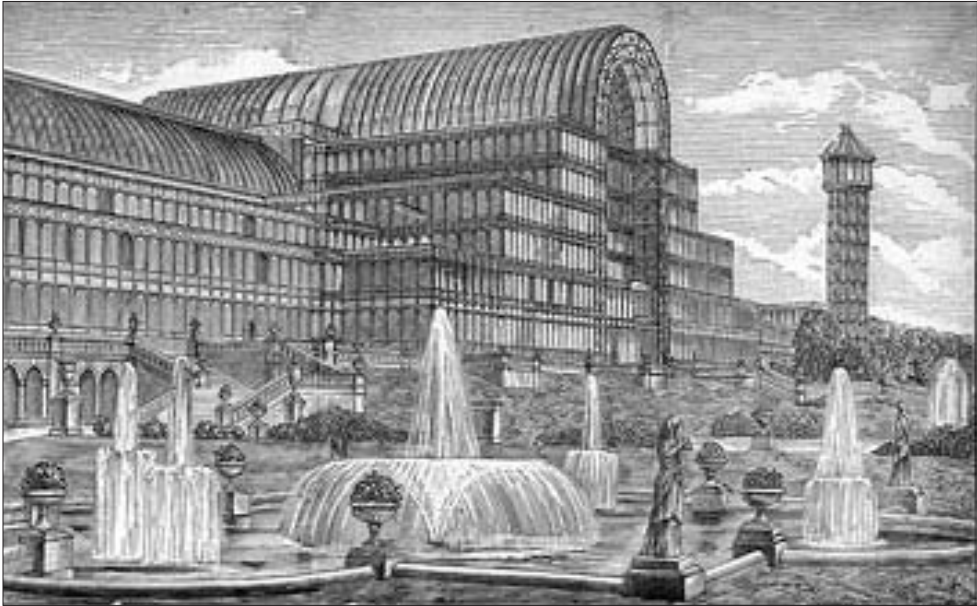
za di un disequilibrio che si manifesta tra le due entità fondamentali cui fa riferimento il ragionamento termodinamico, cioè tra il "sistema" e il "mezzo", intendendo per "sistema" il corpo o la porzione di materia che si intende studiare, e per "mezzo" l'ambiente circostante che può interagire con il sistema.

Una condizione di disequilibrio si produce ogni volta che una o più grandezze fisiche scelte per rappresentare lo stato del sistema o del mezzo assumono nelle due entità valori diversi. Questo ragionamento può essere esteso per analogia anche ai fenomeni di deterioramento dei materiali storico-artistici. Infatti se si attribuisce al-

Luigi Campanella: Ordinario di Chimica analitica, Università "Sapienza" di Roma, Presidente della Società Chimica Italiana, Presidente del MUSIS



Una tipica WunderKammer (Camera delle Meraviglie) del Seicento



Il Crystal Palace (*Palazzo di Cristallo*) di Londra, del 1851

l'oggetto-bene culturale il carattere di "sistema" e quello di "mezzo" all'ambiente in cui l'oggetto è conservato, si può sostenere che ogni processo di deterioramento, prodotto da cause diverse, di natura fisica, chimica o biologica, è riconducibile a trasformazioni termodinamiche. Le trasformazioni più frequenti sono rappresentate da trasferimenti di calore dal sistema al mezzo (o viceversa), spesso accompagnati da trasferimenti di acqua in fase liquida o di vapore. Il modello termodinamico consente di dedurre che la maggior parte dei processi di degrado potrebbe essere evitata se si potesse realizzare una condizione di perfetto equilibrio tra oggetto da conservare e ambiente di conservazione. Esso fornisce inoltre l'indicazione concreta di un criterio generale di conservazione, fondato sulla possibilità di ottenere un rallentamento dei processi di deterioramento con procedimenti capaci di ridurre l'entità degli squi-

libri tra oggetto e ambiente. I fenomeni di degrado sono determinati da quei fattori che agiscono nell'alterare l'aspetto, le dimensioni, o il comportamento chimico del materiale, sia nei suoi elementi individuali, sia come parti nell'insieme della struttura. Lo studio del fenomeno è reso complesso a causa della difficoltà di separare gli effetti dei vari agenti di degrado. Nessun fattore agisce da solo; l'importanza di ognuno è influenzata dall'effetto concomitante degli altri, ossia l'esposizione all'azione di uno può rendere il materiale maggiormente suscettibile alla successiva azione degli altri. È quindi chiaro che l'effetto osservato è dovuto alla somma di più fattori. Da ciò si comprende come da un lato sia complessa la manutenzione di un museo, ma anche dall'altro come essa sia preziosa per salvaguardare importanti testimonianze di cultura di cui si rischia di perdere la possibilità di trasferimento alle future generazioni.



## Gli archivi degli antichi mutamenti climatici e le cause delle variazioni climatiche

*(parte prima)*

Maurizio Chirri



Nelle immediate adiacenze dell'area di Rocca di Cave, nella zona compresa fra Capranica Prenestina e Castel S. Pietro (foto qui sopra), si possono vedere rocce decisamente differenti rispetto ai duri calcari organogeni che contengono i resti fossili delle scogliere cretatiche di oltre 70 milioni di anni fa, esposti nel museo geopaleontologico. Lungo la strada provinciale SP 58/a si possono agevolmente osservare, in fitta alternanza, livelli di calcari marnosi, marne calcaree e marne argillose, con intercalati strati di

calcareniti, dai colori variabili dal giallo al bruno chiaro, al grigio azzurrognolo, esposti lungo la strada, con una potenza complessiva di circa 6-700 metri. Sono le testimonianze di una successione di sedimenti di scarpata sottomarina, depositasi in un intervallo compreso all'incirca fra 23 e 15 milioni di anni fa, chiamata Formazione di Guadagnolo (età: Aquitano p.p.-Langhiano p.p.). A Rocca di Cave modesti lembi di queste rocce tenere e varicolori affiorano nei pressi del cimitero comunale, appoggiate direttamente sui calcari cretatici, più antichi di circa 50 milioni di anni (punto 5 del percorso geopaleontologico); il loro spesso-

**Maurizio Chirri:** Direttore del Museo, Docente a contratto, *Università degli studi "Roma Tre"*



re aumenta rapidamente verso nord. Alcuni livelli di queste rocce sono note per il ricco contenuto in resti di spugne ed echinodermi, e per la presenza di granuli di *glauconite*, minerale dal tipico colore verde, (campioni di queste rocce e di esemplari di fossili sono esposti nella sala B del Museo).

Negli ultimi 30 anni, i sedimentologi hanno riconosciuto nelle successioni degli strati sedimentari anche i riflessi di fattori astronomici: gli effetti di lunghissimo periodo (decine di milioni di anni) definiscono i cosiddetti *cicli di primo e secondo ordine*, quelli di minore estensione temporale (circa 1 milione di anni), sono connessi a variazioni eustatiche del livello dei mari e costituiscono i *cicli di terzo ordine*, riconducibili a perturbazioni periodiche astronomiche. Probabilmente nelle rocce sedimentarie sono registrate, come un "rumore di fondo", anche le variazioni di quei fattori orbitali che perturbano il clima del pianeta, e la cui frequenza si scandisce in periodi compresi fra duecentomila e circa ventimila anni, costituendo di fatto cicli di ordine superiore.

Nell'ultimo decennio alcune particolarità della Formazione di Guadagnolo, come di altre formazioni analoghe in varie parti del globo, sono state interpretate come conseguenza, nella sedimentazione marina, di cicli di origine cosmica.

Il pianeta, nel corso delle ere geologiche, ha mantenuto costante il valore del semiasse orbitale, collocandosi sempre all'interno della fascia dell'acqua liquida, la zona del Sistema solare in cui l'energia irradiata dalla stella è in grado di mantenere oceani sulla superficie di un pianeta.

Tuttavia, sia la quantità dell'irraggiamento solare che raggiunge la superficie esterna dell'atmosfera terrestre, conseguenza della cosiddetta "costante solare" (oggi pari a  $1367 \text{ watt/m}^2$ ), che la stessa atmosfera che circonda il pianeta hanno subito sensibili variazioni dall'era Archeozoica al presente. La composizione chimica, la pressione, la temperatura sono, insieme alla varia disposizione dei continenti e delle quote dei loro rilievi, alla distribuzione degli oceani e all'obliquità della Terra, i cosiddetti "fondamentali" per la composizione del Clima definibile come *l'insieme delle caratteristiche di temperatura, pressione, umidità, insolazione, piovosità, e loro distribuzione periodica, che caratterizza le differenti regioni geografiche del pianeta*. Il clima delle diverse regioni e la sua evoluzione modella la morfologia e il paesaggio, lasciando testimonianze geologiche nei sedimenti continentali o marini. Le registrazioni geologiche delle vicissitudini climatiche attestano che la dinamica di queste variazioni è stata talora lentissima, altre volte ha subito brusche accelerazioni. La storia dell'evoluzione climatica del pianeta (Rhodes W. Fairbridge) è il risultato di fenomeni con origini varie e della loro reciproca interazione. Schematizzando è possibile riconoscere cause, periodi, intensità delle modifiche climatiche, ampiamente differenti tra loro:

#### *Cause astronomiche*

- Attività del Sole e interazione con l'ambiente cosmico  
(*periodo secolare, circa 100-1000 anni*)
- Variazioni dei parametri orbitali del pianeta  
(*periodo plurimillennario, compreso fra 20-200 mila anni*)

### Cause geologiche

- Variazioni della distribuzione delle correnti oceaniche  
(periodo millenario)
- Variazione delle altitudini delle terre emerse (variazione della curva ipso-  
metrica)  
(periodi di durata geologica,  
decine di milioni di anni)
- Distribuzione delle aree continentali alle differenti latitudini  
(periodi di durata geologica,  
da decine a centinaia di milioni di anni)
- Variazioni maggiori (geofisiche) dell'obliquità dell'asse  
(periodi di durata geologica,  
decine - centinaia di milioni di anni)

### L'attività del Sole e l'interazione con l'ambiente galattico

La costanza della "costante solare" rappresenta la testimonianza evidente dell'attività stabile e duratura del motore

energetico della nostra stella. Il Sole presenta tuttavia dei fenomeni, alcuni dei quali ciclici, relativi alle cosiddette regioni attive, come quello undecennale delle macchie solari, che producono lievi variazioni dell'energia irradiata.

I dati osservativi del satellite Nimbus 7 estesi per un intero ciclo solare, dal 1980 al 1991, hanno confermato che l'energia ricevuta alla soglia atmosferica, fra il massimo e il minimo undecennale, è variata dello 0,3%.

Gli astrofisici hanno cercato conferme alle oscillazioni del flusso energetico solare in diverse direzioni. Gli studi delle registrazioni telescopiche delle macchie dal 1600 (fig. 1), le descrizioni delle stesse e di altre manifestazioni solari nelle antiche cronache astronomiche, le citazioni in opere classiche di eclissi e fenomeni astronomici e climatici, dati dalla *dendrocronologia*, hanno confermato periodici, e in alcuni casi insospettati, mutamenti dell'attività solare.

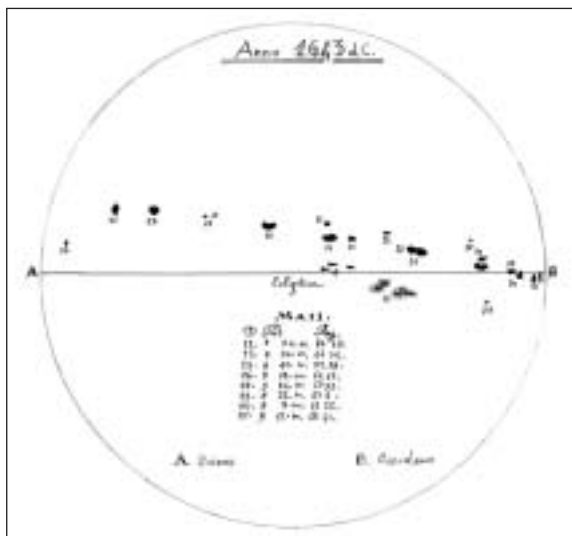


Figura 1 - Registrazione di macchie solari alla metà del secolo XVII

### Le macchie solari mancanti e la scoperta del minimo di Maunder

L'astronomo britannico Edward W. Maunder (1851-1928) studiò le registrazioni delle macchie solari a partire dalla metà del 1600, e identificò un periodo di bassa attività solare durato quasi un secolo, fra il 1650 e il 1730. Gli effetti del "Sole quieto" dal punto di vista climatico furono considerevoli e si estesero durante l'intero secolo XVIII. Estati brevi e insolitamente miti, se non fredde, si susseguirono in tutta l'Europa continentale, protrahendosi per oltre mezzo secolo

dalla ricomparsa del ciclo undecennale. Nel vecchio continente le bizzarrie climatiche determinarono carestie e crisi economiche e contribuirono a innescare sommovimenti sociali, (il più ampio tra i quali ebbe inizio nel 1789, ed è noto come "Rivoluzione Francese").

Le conseguenze a livello regionale nei due emisferi hanno evidenziato ghiacciai montani in avanzata, banchisa polare artica in espansione, ghiacciai continentale come in Groenlandia in ampliamento. La correlazione climatica, con uno scarto di 1 o 2 decenni, e i minimi di attività solare è ottima. Durante la prima delle mini-glaciazioni si verificò un abbassamento della temperatura media di circa 1,5 °C, che ebbe come conseguenze, nel XV secolo, la glaciazione di ampie porzioni del Baltico. Nei due successivi periodi freddi si verificarono eventi climatici eccezionali, quali per esempio ripetute glaciazioni invernali rispettivamente del Tamigi e della Senna.

### L'attività solare interagisce con la magnetosfera terrestre

L'interazione del "vento solare" con la magnetosfera terrestre, produce la tipica forma allungata del CMT (*campo magnetico terrestre*) (fig. 2), e, nello stesso tempo, modula la produzione di isotopi del carbonio, determinando nei periodi di massima attività solare uno schermo ai raggi cosmici di origine galattica responsabili della formazione nella stratosfera dell'isotopo pesante  $^{14}\text{C}$ . La conseguen-

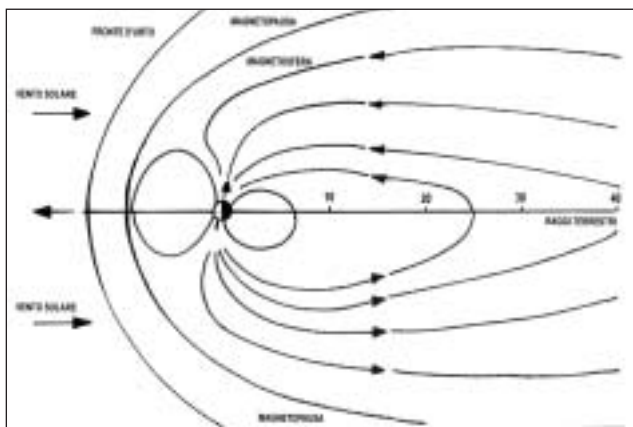


Figura 2 - Schema del campo magnetico terrestre modellato dagli effetti del vento solare

za diretta è che durante prolungati minimi o massimi dell'attività solare il rapporto fra i due isotopi del carbonio nei tessuti degli organismi viventi subisce variazioni. Durante i minimi aumenta la produzione di  $^{14}\text{C}$  e il conseguente assorbimento dello stesso nei tessuti degli organismi biologici. Una ridotta attività del Sole consente ai raggi cosmici di origine galattica di interagire nell'alta atmosfera terrestre con l' $^{14}\text{N}$  che si trasforma in  $^{14}\text{C}$ .

Il carbonio presente nell'atmosfera è assorbito dagli organismi e accumulato nei tessuti organici. Questo effetto costringe i ricercatori nel campo delle analisi radiometriche per scopi cronologici, a calibrare i metodi di lettura, ma suggerisce importanti indicazioni agli studiosi del clima del passato.

Di particolare interesse l'accumulo nei tessuti vegetali. L'analisi delle serie di anelli di accrescimento di alberi negli ultimi 600 anni ha consentito di estendere nel tempo la serie dei dati climatici, e di mettere così in evidenza che per ben tre volte il livello di  $^{14}\text{C}$  si è incrementato.



Figura 3 - Eclisse totale durante il massimo del ciclo nel 1958

Gli eventi sono registrati per i primi decenni del quattrocento, alla metà del cinquecento e quindi nel settecento. Il primo e l'ultimo evento sono rispettivamente noti come minimo di "Spörer" e di "Maunder".

### Eclissi, corona solare, aurore boreali

L'osservazione delle eclissi totali permette di rendersi conto dell'attività della stella con l'osservazione dell'estensione della *corona*, a volte assente, in altri casi estesissima (fig. 3).

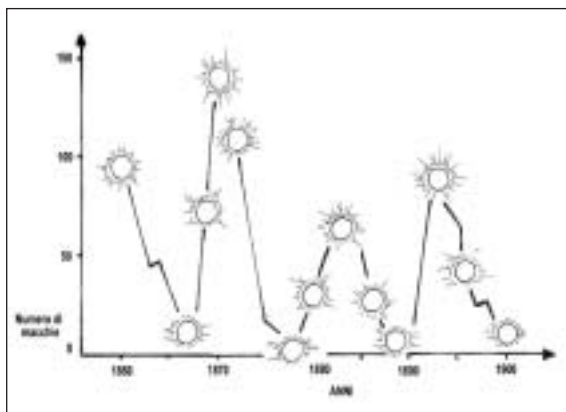


Figura 4 - Registrazioni coronali e attività solare

Le registrazioni storiche delle eclissi, dunque, assumono un'importanza notevole per lo studio dell'attività pregressa del Sole. Nonostante che eventi naturali spettacolari come le eclissi totali di Sole siano state seguite e descritte nel corso dei secoli con notevole attenzione, le registrazioni della corona risultano accurate a partire dal 1800 (fig. 4).

In epoca storica antica, classica e medievale la corona probabilmente veniva interpretata come un fenomeno atmosferico e non si riscontrano menzioni dirette del fenomeno nelle varie fonti (con la rimarchevole eccezione di Plutarco ne *Il volto della Luna*, riferibile all'eclisse del 75 D.C. probabilmente osservata dall'autore a sud di Roma).

Registrazioni indirette dello stato dell'attività solare sono ricavate anche dalla registrazione delle aurore boreali: i fisici solari ammettono, infatti, che la frequente ripetizione di aurore è un chiaro indizio di un'incrementata attività solare, strettamente connessa con l'andamento del ciclo undecennale delle macchie.

Lo studio delle registrazioni delle aurore, evidenzia periodi con frequenti manifestazioni e periodi con rari fenomeni (Fritz H., *Catalogo delle aurore boreali (503 A.C.-1870 D.C.)*, Vienna 1873).

### Correlazioni fra attività solare dedotta dalle registrazioni climatiche storiche

Le comparazioni fra i dati climatici dedotti da documentazione storica e metodi di indagine basati sul metodo del carbonio, hanno ulteriormente esteso il periodo di indagine delle perturbazioni climatiche.



Figura 5 - La piana di Giza con le tre piramidi

Si deve verosimilmente al “peggioramento” climatico nel XIII secolo, la scomparsa delle colonie vichinghe in Groenlandia: gli insediamenti furono letteralmente sepolti dai ghiacciai in avanzata e i viaggi nell’Atlantico setten-

trionale resi proibitivi dall’estensione del pack e dai frequenti iceberg.

Appare notevole il tentativo di correlazione fra alcuni periodi storici e gli optimum climatici costituiti dai massimi di attività solare, quali il massimo “delle piramidi” (figg. 5 e 6), quello “romano” o “basso medievale” (curva superiore). La fioritura greca del VI-IV sec. A.C. corrisponde a un periodo di peggioramento climatico. I dati dalla dendrocronologia, confermano le testimonianze contenute in alcuni “*parapegmi*” o calendari natura-



Figura 7 - L'osservatorio glaciologico di Luis Agassiz a Neuchatel, (tratto da un disegno del 1844)

li diffusi, all’epoca, in Grecia e nelle isole. Di particolare interesse risulta il para-

pegma di Democrito scritto nel IV sec A.C., che riporta i fenomeni atmosferici medi nel corso dell’anno per località comprese fra i 45° e i 31° di latitudine Nord nel Mediterraneo orientale.

La periodicità di piogge e precipitazioni nevose attesta di un clima decisamente più freddo ell’attuale, probabilmente con temperature medie di almeno 2 °C inferiori alle attuali (vedi il

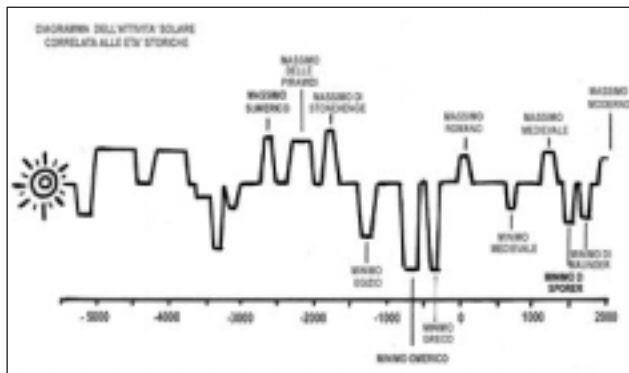


Figura 6 - Eventi storici degli ultimi cinque millenni e correlazione con massimi e minimi secolari dell’attività solare





Figura 8 - Carote di ghiaccio per studi climatici (Base McMurdo, Antartide)

grafico di fig. 6). (*I presocratici*” Democrito, a cura di Diels H. e Kranz W., Bompiani, 2006). Si evidenzia inoltre un buon accordo con quanto noto sullo sviluppo dei ghiacciai.

### Cause astronomiche delle glaciazioni

Alcune rocce sedimentarie di origine continentale, la cui diffusione è ubiquitaria sui continenti, chiamate *tilliti*, sono il risultato della litificazione di sedimenti morenici lasciati dai ghiacciai.

Vasti orizzonti, o più piccole “lenti” di

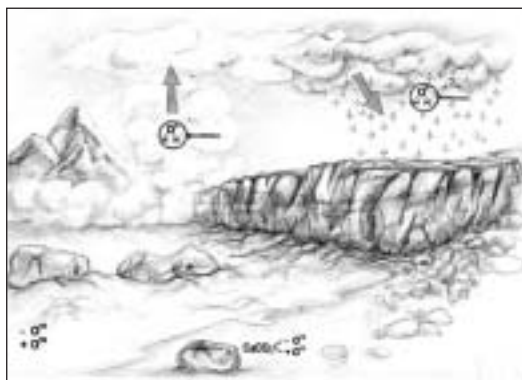


Figura 9 - La conchiglia dell’«ospite freddo» Artica islandica, il cui guscio risulta arricchito in isotopi dell’<sup>18</sup>O, per l’accumularsi dei ghiacciai continentali (diagramma pittorico di Olivia Iacoangeli)

fini sabbie eoliche, caratterizzano ampie aree dell’emisfero nord, dall’Italia settentrionale (Lombardia) al bacino dell’Hoang Ho (Fiume Giallo) in Cina, e rappresentano gli accumuli della polvere fine che i venti sollevavano dalle aree desertiche periglaciali.

J. L. Agassiz (geologo svizzero), J. Adhemar (astronomo francese) e J. Croll, (astronomo britannico), nei decenni fra il 1830 e il 1870, riconobbero le testimonianze e intuirono le cause delle cicliche manifestazioni della macchina del clima.

Il primo studiò le testimonianze del glacialismo nelle valli svizzere e in Germania (fig. 7) individuando i segni delle forme glaciali e periglaciali, mentre i due astronomi riconobbero l’origine astronomica di cicliche variazioni nell’intensità della radiazione solare incidente sui due emisferi.

La Terra osservata dallo spazio durante l’ultimo milione di anni, ha mostrato un pianeta i cui cappucci polari si sono espansi e ritirati per almeno cinque volte, originando le glaciazioni pleistoceniche.

Le carote di ghiaccio antartico permettono di ricostruire le variazioni climatiche degli ultimi 600 mila anni (fig. 8). L’analisi delle vescicole atmosferiche intrappolate nel ghiaccio ha permesso di riconoscere le variazioni della composizione chimica della miscela atmosferica, particolarmente in relazione ai costituenti minori quali CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>, tra i gas responsabili dell’effetto serra, e di verificare che le variazioni nella concentrazione seguono l’alternanza dei cicli glaciali-interglaciali, in buon accordo con le previsioni astronomiche e le risultanze delle concentrazioni isotopiche marine.

### Ghiacciai, conchiglie, isotopi: un termometro naturale per gli oceani

L'isotopo  $^{18}\text{O}$ , il carbonato di calcio delle conchiglie e i ghiacciai sono collegati da una precisa relazione. Durante i raffreddamenti climatici, l'accumulo dei ghiacci continentali avviene a spese dell'acqua degli oceani.

Le precipitazioni nevose sono infatti costituite dall'acqua evaporata dalla superficie marina. L'ossigeno della molecola dell'acqua si presenta in due forme isotopiche, quella prevalente dell' $^{16}\text{O}$  e quella, più rara, dell' $^{18}\text{O}$ . Le molecole d'acqua costituite da  $^{16}\text{O}$  evaporano più facilmente, per cui si determina un arricchimento selettivo nell'acqua residua negli oceani di  $^{18}\text{O}$ , che è utilizzato per la costruzione dei gusci degli organismi marini (fig. 9).

Negli anni '60 dello scorso secolo, tale metodo fu utilizzato per confermare l'attendibilità delle previsioni di Milankovitch. Migliaia di analisi delle carote sedimentarie hanno dimostrato che le va-

riazioni del rapporto  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  dell'ossigeno contenuto nei gusci dei *foraminiferi*, seguono la periodicità delle variazioni orbitali, confermando la teoria astronomica delle glaciazioni (Hays J.D., Imbrie J., Shackleton N., 1976).

### Parametri orbitali

Il ruolo delle periodicità dell'orbita terrestre nel clima del pianeta fu chiarito da Milutin Milankovitch, geofisico jugoslavo, che durante gli anni 1920-1940 descrisse e definì matematicamente i parametri astronomici che controllano ciclicamente le variazioni del flusso solare incidente sulla superficie terrestre (fig. 10).

Stabili, così, che ogni 200 mila anni circa la quantità di radiazione solare che raggiunge le latitudini medio-alte dell'emisfero boreale diminuisce del 20%. Milankovitch provò, infatti, che quando gli effetti della massima eccentricità dell'orbita, del minore valore angolare dell'obliquità, del passaggio della Terra all'afelio nell'estate boreale, si sommano fra loro, determinano la cospicua diminuzione della radiazione solare alle latitudini medio-alte di uno dei due emisferi.

### L'assetto della Terra nello spazio

L'inclinazione dell'asse terrestre, l'*obliquità*, è il principale fattore di controllo della radiazione solare incidente. L'inclinazione dell'asse di rotazione oscilla fra  $22^{\circ} 30'$  e  $24^{\circ} 30'$ . La causa dell'oscillazione è dovuta principalmente agli effetti gravitazionali di Giove. Il gigante gassoso fa oscillare il piano dell'orbita terrestre con una periodicità di circa 40 mila anni.

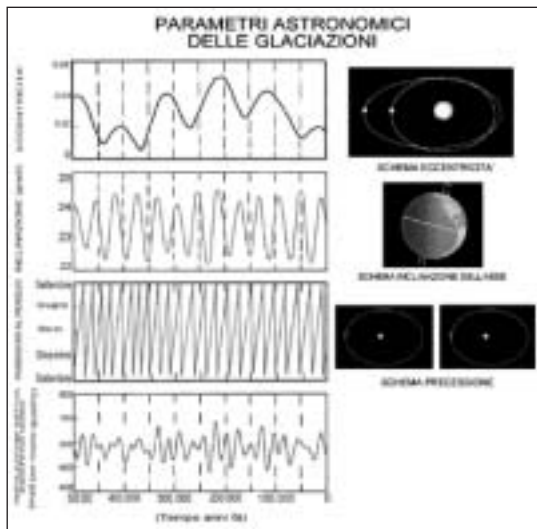


Figura 10 - I parametri astronomici delle glaciazioni



Figura 11 - Stonehenge: anche i monumenti archeologici forniscono preziose indicazioni della variazione dell'inclinazione della Terra

La forma dell'orbita subisce sensibili modificazioni, da un assetto quasi circolare a un'ellisse più spiccata. In circa 100 mila anni l'*eccentricità* (il cui valore attuale è 0,017) varia fra i valori di 0,003 e 0,057, anche in questo caso principalmente per il disturbo gravitazionale esercitato dal pianeta Giove sul semiasse maggiore dell'orbita della Terra.

Inoltre, per effetto della *precessione equinozionale* e del contemporaneo moto antiorario della *linea degli apsidi*, ogni 10.500 anni si inverte la stagione in cui si verifica il passaggio al perielio.

### Testimonianze dall'Archeologia dell'inclinazione dell'asse di rotazione

Anche i dati archeologici (fig. 11) e storici confermano l'attuale lenta diminuzione del valore dell'obliquità di circa 44" al secolo. È interessante verificare la corrispondenza di questo decremento con i dati dell'obliquità registrati da astronomi del passato: dai mesopotamici, ai greci, agli arabi.

*Tabella dell'obliquità ricavata da testimonianze storiche:*

XV sec AC: 23°58'  
(media osservatori pre-greci)

III sec AC: 23°50'  
(media astronomi greci)

X sec DC: 23°33'  
(media astronomi arabi, Al Battani)

XXI sec DC: 23°26'  
(valore attuale).

### Oceani e variazioni climatiche

La distribuzione delle correnti oceaniche a sviluppo longitudinale permette una redistribuzione efficace del calore intertropicale. L'interruzione delle correnti Sud-Nord (p.e. la Corrente del Golfo), che riscaldano le latitudini medio-alte, può determinare irrigidimenti climatici di ampie regioni. Un'interruzione della Corrente del Golfo si verificò circa diecimila anni fa, (fenomeno noto come "*evento Dryass*" dell'8000 A.C.). Il clima sulle due sponde dell'Atlantico settentrionale subì un drastico e repentino peggioramento. Le temperature medie di una vasta porzione dell'emisfero settentrionale crollarono di 2-3 °C, forse in solo 50 anni. Il limite delle nevi perenni scese di circa 1200 metri in tutta l'Europa, favorendo un ampio sviluppo di una specie di margherita diffusa nei climi nivali, la *Dryass octopetala*, fenomeno che ha dato il nome all'evento climatico.

Le analisi delle "carote" dei fanghi oceanici a foraminiferi hanno confermato, con la brusca variazione delle popolazioni dei planctonici, sia il raffreddamento climatico della *Dryass*, sia un evento simile, verificatosi durante l'ultimo interglaciale Riss-Wurm.

### Le calotte glaciali, una configurazione non permanente della Terra

Attualmente i ghiacciai coprono circa il 10% delle superficie delle terre emerse. All'apice dell'ultima glaciazione, la

“Wurm”, questi si estendevano per circa il 35% delle superfici continentali. L'esistenza di passate ere glaciali era stata riconosciuta dai geologi nel corso del secolo XIX. Come si è evidenziato, fondamentali sono stati gli studi del geologo svizzero Louis Agassiz, di Karl Schimper (geologo tedesco), con i quali la comunità scientifica ha accettato delle deroghe alla “teoria uniformitaria” di Hutton e Lyell. Per almeno cinque volte nel corso dell'ultimo milione di anni (Pleistocene), i ghiacciai sono avanzati e si sono ritirati. Tuttavia le testimonianze geologiche confermano che per il 90% della sua storia il pianeta è stato “acriogenico”, in pratica quasi privo di ghiacci, con nevai o limitati ghiacciai solo alle alte quote; inoltre la Terra non è mai stata totalmente ghiacciata. Altri fattori intervengono nel determinare il valore della temperatura media della Terra, fattori senza i quali le variazioni astronomiche descritte non sono sufficienti a innescare la “macchina del freddo”.

(fine della prima parte)

## Bibliografia

- AA.VV., *Encyclopedia of Planetary Science*, Chapman & Hall.  
 Preston Cloud, *Oasis in Space: Earth history from the Beginnings*, Norton & Company.  
 Bosellini A., Mutti E., Ricci Lucchi F., *Rocce e successioni sedimentarie*, UTET.  
 AA.VV. (a cura di U. Villante), *Sole e Terra*, Le Scienze, I Quaderni, n° 80.

## Glossario

- corona solare**: strato dell'atmosfera del Sole, sovrastante la cromosfera, esteso fino a 2 raggi solari, caratterizzato da bassissima densità ( $10^{-6}$  atmosfere), osservabile durante le eclissi totali.
- curva ipsometrica**: curva di tipo cumulativo che descrive le variazioni di quota e le relative estensioni, in percentuale, delle superfici continentali e dei fondi marini e oceanici.
- dendrocronologia**: la scienza che studia le informazioni ricavate dal tipico accrescimento annuale a cerchi concentrici degli alberi.
- eccentricità**: parametro orbitale che descrive lo schiacciamento di un'orbita planetaria.
- foraminiferi**: organismi marini unicellulari della Classe dei *Rhizopoda*, con dimensioni da 0,1 fino a decine di mm e con una notevole varietà morfologica. Sono caratterizzati da un guscio con numerose minuscole perforazioni, da cui prende il nome l'intero ordine. Rivelano notevole importanza come fossili a scopo stratigrafico.
- glauconite**: silicato idrato di Fe e K, minerale dal caratteristico colore verde intenso, che ha consentito la datazione radiometrica della parte basale della Formazione di Guadagnolo, risultata di 21 (+/-1) milioni di anni fa.
- linea degli apsi**: linea che unisce i punti di afelio e perielio di un'orbita planetaria.
- obliquità**: definita come l'inclinazione dell'asse di rotazione rispetto alla normale al piano dell'orbita: oscilla fra 22° 30' e 24°30'. La causa dell'oscillazione è dovuta principalmente agli effetti gravitazionali di Giove sul piano dell'orbita terrestre, che presentano una periodicità di 40 mila anni.
- perielio**: in un'orbita planetaria, punto di minima distanza dal Sole.
- raggi cosmici**: particelle elementari e nuclei atomici che viaggiano nello spazio cosmico a velocità prossime a quelle della luce. Sono pertanto dotati di elevatissima energia, e quando attraversano l'atmosfera collidono con molecole, dando origine a raggi cosmici secondari e alla creazione di isotopi, come p.e. il  $^{14}\text{C}$ .
- Teoria Uniformitaria o dell'Attualismo** è alla base delle Scienze geologiche, e afferma che tutti i processi geologici riconosciuti attualmente si sono verificati anche nel passato dando luogo agli stessi fenomeni: “*Il presente è la chiave del passato*”.
- tilliti**: nome, di origine scozzese, di rocce costituite da sedimenti di origine glaciale.
- variazioni eustatiche**: sono oscillazioni del livello marino riconducibili a cause geodinamiche (come la variazione di volume delle dorsali oceaniche) oppure connesse a fattori climatici di carattere globale, quali modifiche delle temperature delle acque oceaniche, e formazione o scioglimento di ampie calotte.

# Giulio Andrea Pirona

## storico della natura

Francesco Grossi

Giulio Andrea Pirona fu una personalità di spicco del mondo scientifico della seconda metà dell'800 (figg. 1 e 4). Nacque a Dignano al Tagliamento il 20 novembre del 1822 e, rimasto orfano di madre a meno di tre anni, venne affidato ad Udine allo zio Jacopo, abate e umanista molto legato alla sua terra, il Friuli, regione che divenne parte importante anche nella vita di Giulio Andrea. Pirona si laureò in medicina a Padova nel 1846, ma oltre ad esercitare saltuariamente la professione fu docente di scienze naturali nel Ginnasio di Udine, paleontologo, botanico, geologo e zoologo, dando dimostrazione di approfondire con grande originalità di ricerca e fervente impegno discipline molto diverse. La sua curiosità e l'appassionata visione a 360° della conoscenza non si fermò alle materie scientifiche: con straordinario spirito moderno, seppe integrare la cultura umanistica a quella scientifica: al nome Pirona è infatti legato uno strumento ancora fondamentale per lo studio del friulano, il primo Vocabolario Friulano.

Fu uno dei padri fondatori della Biblioteca Civica, che contribuì ad istituire nel 1866, stesso anno in cui inaugurò anche il Museo Friulano.

Egli si rese conto che gli sforzi delle ricerche degli studiosi locali, per quanto



Figura 1 - Giulio Andrea Pirona

ampi e produttivi, dovevano trovare necessariamente un riferimento in un'istituzione come il Museo Friulano, inteso come *“un centro della cultura cittadina, un deposito delle patrie memorie, un santuario pel culto della patria”*. Un progetto culturale di indubbia portata, che volle vedere unite le Lettere e le Scienze, la biblioteca e i musei, attraverso un centro culturale sviluppato modernamente mediante itinerari e percorsi didattici. In Pirona, le convergenze tra le ricerche naturalistiche e quelle lessicografico-umanistiche sono notevoli anche rispet-



to ai suoi contemporanei, grazie al concetto unitario sotteso dietro entrambe, la conoscenza e la salvaguardia del territorio. L'indagine dei fenomeni linguistici e di quelli geologico-biologici sono la manifestazione della continua volontà del friulano di entrare in contatto con una realtà complessa, con la "storia naturale" del proprio territorio, altro concetto che è andato via via attenuandosi, come sottolinea anche Poldini (1997), proprio perché andato progressivamente perso il senso della profonda unità dei fenomeni.

Per quanto riguarda la botanica, fondamentale la sua *summa*, il "*Florae Forojuvensis Syllabus*" (1855), il primo trattato sulla flora friulana, nel quale elenca e descrive 2046 *taxa*, numero non distante rispetto a quello attuale. Pirona curò anche il *Vocabolario Botanico Friulano* (1862), a riprova della sua decisa volontà di coniugare il sapere del campo naturalistico con quello lessicografico. Da ricordare anche il trattato *Piante indigene del Friuli utili all'industria* (1859), nel quale ancora una volta è testimoniata la volontà del friulano di abbattere qualsiasi tipo di barriera che separi forme di conoscenza diverse, mettendo, in questo caso, la botanica al servizio delle applicazioni industriali. Il Pirona geologo produsse, nel 1861, la prima carta geologica del Friuli (in scala 1:332.000), oltre numerosi lavori anche

nel campo della geologia applicata. Occorre fare qualche accenno anche alle sue opere zoologiche, per rendere ancor più la misura della vastità del suo appassionato impegno di ricercatore.

Si interessò ai vertebrati, entrando in contatto con i maggiori studiosi dell'epoca; produsse un *Vocabolario Zoologico* (1871), così come diversi lavori applicativi anche in questo settore, dalla pesca alla zootecnia. La sua specializzazione furono però i molluschi, la loro classificazione e distribuzione geografica, tanto che diversi autori dedicarono a Piro-



Figura 2 - Prima pagina del lavoro sui fossili cretaci del Friuli (1884)

na nuove specie. In Pirona (1884) (fig. 2), l'autore istituisce 6 nuove specie di molluschi fossili: 4 gasteropodi riferiti al genere *Nerinea*, un gasteropode riferito al genere *Nerita* e un Pectinidae, *Janira zitteli*, attribuita poi da Redlich nel 1901 al genere *Neithea*, *taxon* istituito già nel 1825 da Drouet. Dal punto di vista della nomenclatura, è interessante notare come, nel lavoro di Pirona, il nome specifico sia riportato in maiuscolo come era in uso ai tempi nel caso la specie fosse dedicata ad una personalità del mondo scientifico, in questo caso al noto paleontologo tedesco Karl Zittel. In ogni caso, Pirona approccia anche le questioni paleontologiche con vivo taglio geologico: "L'importanza del fatto esige che sieno fissate con sicurezza le relazioni che i calcari a fauna urgoniana dell'altipiano di Col de Schiosi hanno coi calcari e colle arenarie

verdi a fauna giurese, e coi calcari più recenti che più a nord formano le cime del Trémol e del monte Cavallo (m. 2248). Ciocché, se la salute e l'energia non mi faranno difetto, spero di intraprendere tra non lungo tempo". In quest'ultima frase, poi, sembra essere racchiusa tutta la passione e l'eclettico spirito dell'autore (all'epoca ultrasessantenne), guidato dalla stella polare della Ricerca e della successiva organizzazione e conservazione delle conoscenze acquisite. La precisione tassonomica del lavoro, poi approfondito in ulteriori pubblicazioni del periodo, tra le quali Pirona (1887), fu confermata proprio da Zittel, a cui Pirona aveva inviato alcuni esemplari per una consulenza. I suoi lavori sulle faune fossili a molluschi vennero apprezzati fin da subito: il paleontologo tedesco George Boehm esaminò il materiale raccolto

da Pirona, recuperò altri esemplari nei terreni esaminati dall'autore e, a conferma di un'importante intuizione del friulano, dedicò nel 1885 al collega la nuova specie di rudista *Diceras pironai*, genere che si riteneva estinto alla fine del Giurassico e che Pirona aveva identificato in livelli di età indiscutibilmente cretacea. Pirona istituì un unico nuovo genere in tanti anni di ricerche e decine di pubblicazioni, *Synodontites* (una rudista): ciò è prova della sua meticolosità nel ricercare le informazioni e



Figura 3 - Esemplare di *Neithea zitteli* esposto al Museo "Ardito Desio"

nel confrontare i propri dati (in questo caso tassonomici) con quelli già noti, della volontà di non aumentare la confusione che spesso regnava (e regna tuttora) nel mondo della sistematica. Purtroppo, solo una parte delle sue raccolte paleontologiche è conservata presso il Museo Friulano di Storia Naturale, in gran parte perse a seguito delle due guerre mondiali. La morte lo sorprese il 28 dicembre 1895, mentre si recava alla stazione di Udine, dove il treno per Venezia lo avrebbe portato ad una riunione dell'Istituto Veneto di Scienze, Arti e Lettere, di cui era ancora appassionato collaboratore.

Il Museo "Ardito Desio" è recentemente entrato in "contatto" con la multiforme figura di Giulio Pirona durante la risistemazione delle collezioni geopaleontologiche: ad arricchire il patrimonio paleontologico del Museo è infatti presente un esemplare di *Neithea zitteli* (Pirona, 1884) (fig. 3), il primo dei ritrovamenti della specie in Appennino centrale, che ha permesso di estendere la sua distribuzione rispetto all'area friulana al centro degli studi di Pirona.

Occorre quanto più possibile che il patrimonio paleontologico italiano sia dapprima tutelato, poi conservato e valorizzato, anche per il doppio nodo tra questo patrimonio, inteso come bene culturale, ed il territorio. Nel solco tracciato da personalità come quella di Giulio Andrea Pirona, i centri museali, specie quelli fortemente legati alle realtà locali, dovrebbero avere come propria stella polare la ricerca scientifica, la salvaguardia e l'organizzazione delle conoscenze e dei patrimoni acquisiti e la loro divulgazione ad un pubblico il più

Figura 4 - La firma dell'autore

vasto possibile, in modo che, sempre più, si possa entrare in contatto con la storia naturale del proprio territorio.

In chiusura, un'esortazione tratta dal *Florae Foro juliensis Syllabus*, con le quali Pirona chiude l'introduzione del volume, dedicata agli adolescenti ("*Adolescentes dilectissimi*"):

*"Eja igitur adolescentes strenui, si non incassum naturalis historiae studiis operam dedistis, experiamini quam dulce sit patriae telluris opes et nosse, et in lucem proferre"*. ("Orsù, dunque, ragazzi coraggiosi, se vi foste dedicati alla non inutile impresa dello studio della storia naturale, avreste sperimentato quanto sia dolce conoscere le forme della terra patria e portarle alla luce").

### **Bibliografia**

- Pirona G.A., 1855. *Florae Foro juliensis Syllabus*, 1-170, Udine.
- Pirona G.A., 1859. Piante indigene del Friuli utili all'industria, Udine.
- Pirona G.A., 1884. Nuovi fossili del terreno cretaceo del Friuli. *Memorie dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, 22, 1-12.
- Pirona G.A., 1887. Nuova contribuzione alla fauna fossile del terreno cretaceo del Friuli. *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti*, 5, 1335-1340.
- Poldini L., 1997. Giulio Andrea Pirona botanico. In: Vecchiet R. (ed.), Giulio Andrea Pirona 1822-1895 - Atti del Convegno di studi su Giulio Andrea Pirona nel centenario della morte, Udine, 81-91.



# Notizie da *Rosetta*. Vulcani su Venere. L'interno di Titano

a cura di Maurizio Chirri

## L'asteroide 21 Lutetia sorvolato dalla sonda *Rosetta*

L'asteroide, scoperto nel 1852, e il cui nome è dedicato a Parigi, *Lutetia* è infatti il nome latino della capitale francese, è stato raggiunto dalla sonda *Rosetta* dell'Agenzia Spaziale Europea, durante il sesto anno del lungo viaggio che la porterà nel maggio del 2014 a incontrare la cometa *67P/Churyumov-Gerasimenko* con l'obiettivo, tra gli altri, di analizzare la composizione chimica e mineralogica di quell'oggetto celeste.

Il 10 luglio 2010 *Rosetta* ha effettuato un *fly-by* (sorvolo ravvicinato) alla minima distanza di 3160 km. L'asteroide, appartenente alla Fascia Principale (se-

miasse maggiore orbitale min-max 3,2-2,7 U.A.), ha la forma di un ellissoide a tre assi, con l'asse maggiore lungo 130 km (fig. 1). Presenta l'asse polare inclinato di quasi 85° rispetto al piano dell'orbita, risultando circa parallelo al piano orbitale. Le analisi spettroscopiche da Terra avevano fatto pensare che fosse un oggetto di tipo M, ovvero avesse una composizione metallica.

Lo spettrografo di bordo OSIRIS (acronimo per *Optical, Spectroscopic and Infra-red Remote Imaging System*) ha stabilito che almeno il materiale superficiale, per uno strato di regolite di circa 600 metri, appartiene al tipo C, costituito da materiale di tipo condritico: la densità è 3,4 g/cm<sup>3</sup>.

Questo è il secondo "corpo minore" raggiunto dalla sonda, dopo l'incontro con *Mathilde* verificatosi nel 2006. Un importante obiettivo nella conoscenza dei corpi minori del nostro Sistema sarà raggiunto nel luglio del 2011, quando la sonda *Dawn* raggiungerà *4 Vesta*, entrando in orbita intorno ad esso, con lo scopo di studiare l'enigmatico pianettino, che, nonostante le limitate dimensioni, presenta una superficie di tipo basaltico, analoga a quella della Luna.



Figura 1 - *Lutetia* ripreso dalle telecamere di *Rosetta*, durante il "fly-by" (ESA released)



## Vulcani attivi su Venere?

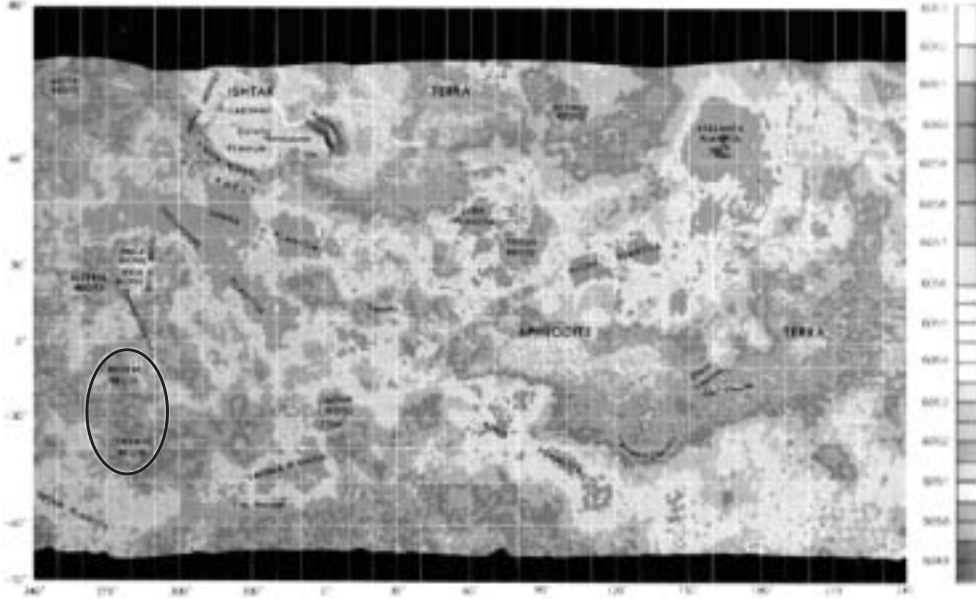


Figura 2 - La regione dei vulcani attivi è nell'ellisse in nero (cartografia da Pioneer Venus, USA 1977)

La sonda *Venus Express* dell'ESA, ha rilevato, tramite lo spettrometro di bordo VIRTIS (acronimo per *Visible and InfraRed Thermal Imaging Spectrometer*), tracce di recente attività vulcanica. Le precedenti missioni *Venera 15* e *16* (URSS, 1983) e *Magellan* (USA 1990-1994) avevano confermato la presenza di vulcani imponenti sul pianeta gemello della Terra, che suggerivano l'esistenza di un vulcanismo tipo "hot spot", analogo a quello delle isole Hawaii. Le stesse riprese al suolo delle sonde *Venera 13* e *14* (rispettivamente ottobre e novembre del 1981) avevano messo in evidenza estese pianure laviche, la cui composizione, analizzata dallo spettrometro di bordo, era risultata rispettivamente analoga ai tipi terrestri noti come basalti leucititico e tholeitico.

Il team di gestione dello spettrometro VIRTIS, progettato dai ricercatori dell'INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica), ha mappato alcune regioni attive, chiamate *Imdr*, *Dione* e *Themis* (fig. 2), rilevando, sulla base dell'analisi colorimetrica, deviazioni di 2°-3°, dalla temperatura prevista al suolo.

In effetti l'alterazione prodotta dall'atmosfera altamente corrosiva e dalle alte pressioni tipiche, deteriora efficacemente le rocce basaltiche, procurando un effetto di sbiancamento. Le colate laviche mappate da *Venus Express* erano, invece, decisamente scure, suggerendo un'età di emissione recente, forse di solo poche migliaia di anni: geologicamente parlando, si può dunque affermare che alcuni vulcani di Venere sono ancora attivi.





## Titano: la struttura interna differisce da quella di altri satelliti giganti

La sonda Cassini, giunta nel sistema di Saturno nel luglio 2004, continua il programma di esplorazione del pianeta e dei suoi satelliti, fornendo un'impressionante mole di informazioni. I dati ricavati dalle variazioni delle orbite permettono di indagare e svelare la costituzione fisica dei satelliti.

Titano, la "sesta luna", con un diametro di 2575 km, sulla cui superficie si è posata nel gennaio 2005 la "sonda figlia" *Huyghens*, ha svelato il suo enigmatico aspetto, celato dalla coltre di spesse e opache nebbie atmosferiche, rilevando

la presenza di bacini e laghi di idrocarburi (fig. 3).

Questi sarebbero alimentati da un ciclo del metano analogo a quello idrologico della Terra, come previsto dagli astrofisici Tobias Owen e Carl Sagan con circa trent'anni di anticipo. L'atmosfera di Titano è composta dal 98% di azoto e dal 2% circa di idrocarburi, fra cui prevale il metano, e altri componenti minori, con una pressione di 1,5 bar. La crosta della luna, risulta composta da ghiaccio d'acqua, che alla temperatura di  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  (95 K) si comporta come un materiale

più duro del granito. Le perturbazioni gravitazionali indotte sulla sonda Cassini, hanno fornito preziose informazioni sul coefficiente d'inerzia del satellite, dimostrando che Titano presenta un modesto grado di differenziazione del suo interno. Non si potrebbe dunque parlare di una struttura interna suddivisa in nucleo, mantello e crosta, come per esempio per le lune di Giove, ma di una composizione prevalentemente omogenea di ghiaccio misto a silicati.

Successivi sorvoli ravvicinati ("*fly-by*"), permetteranno di confermare o escludere l'ipotesi di un oceano sotto la crosta ghiacciata. La missione congiunta NASA-ESA-ASI della Cassini è stata estesa fino al 2017.

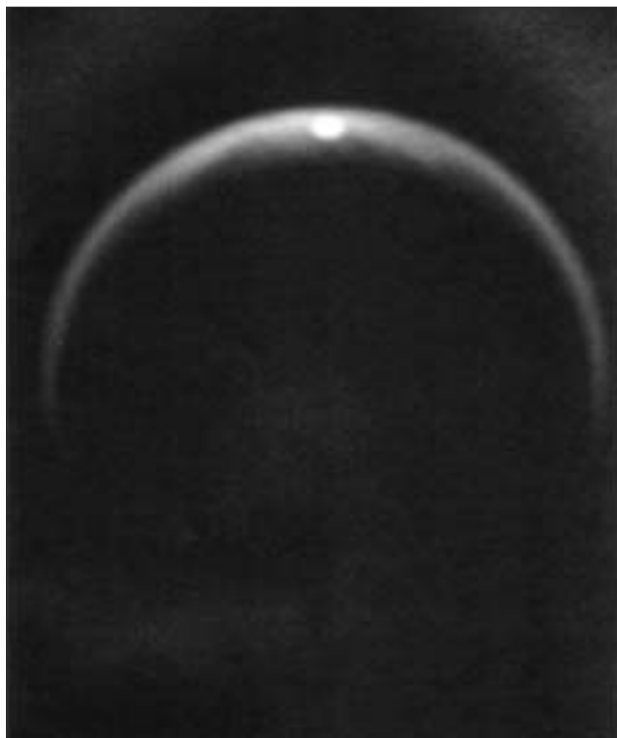


Figura 3 - Riflesso solare sulla superficie del Kraken Mare, al polo nord di Titano (Cassini, luglio 2009, NASA released)

## MUSEO GEOPALEONTOLOGICO ARDITO DESIO PROGRAMMA OSSERVAZIONI

ottobre 2010-marzo 2011

### LA ROCCA DELLE STELLE SERATE OSSERVATIVE

Il programma prevede una breve conferenza introduttiva seguita dall'osservazione guidata della volta celeste a occhio nudo, al binocolo e al telescopio. Il calendario può subire delle modificazioni per imprevisti meteorologici: si consiglia di telefonare al numero indicato per ogni serata. L'appuntamento è fissato alla Rocca Colonna. Le serate si svolgono a circa 1000 metri di quota, pertanto si consiglia un abbigliamento adeguato.

(*info: Comune lun-ven, ore 9-13 - tel.: 06-9574952-9584098; fax: 06-9584025.*  
*È richiesta la prenotazione per gruppi o associazioni. Costi: 5 euro*)

**Sabato 16 ottobre 2010 - Serata Luna**  
 ore 21.00 – 23.30; info 06-5566271

**Sabato 29 gennaio 2011**  
 ore 18.00 – 21.00; info 335-6575023

**Sabato 30 ottobre 2010**  
 ore 18.00 – 21.00; info 06-5566271

**Sabato 26 febbraio 2011**  
 ore 18.00 – 21.00; info 06-5566271

**Sabato 27 novembre 2010**  
 ore 18.00 – 21.00; info 06-5566271

**Sabato 12 marzo 2011 - Serata Luna**  
 ore 18.00 – 21.00; info 06-5566271

**Sabato 11 dicembre 2010 - Serata Luna**  
 ore 18.00 – 21.00; info 335-6575023

**Sabato 26 marzo 2011**  
 ore 18.00 – 21.00; info 335-6575023

### LA SCOGLIERA FOSSILE ESCURSIONI

Il programma prevede una breve conferenza introduttiva dalle terrazze del Museo, con la descrizione della vista di un'ampia parte della regione e di aspetti rilevanti della storia geologica del Lazio. Segue l'escursione alla scogliera fossile. Il calendario può subire delle modificazioni per gli imprevisti meteorologici: si consiglia di telefonare al numero indicato. L'appuntamento è fissato al Museo presso la Rocca Colonna. Le visite sono collegate alle serate osservative astronomiche; si consiglia un abbigliamento adeguato.

(*info: Comune lun-ven, ore 9-13 - tel.: 06-9574952-9584098; fax: 06-9584025.*)

*È richiesta la prenotazione anche per i singoli visitatori oltre che per gruppi o associazioni; la visita si effettua con almeno 10 richieste. Costi: 4 euro, prenotazione obbligatoria almeno un giorno prima all'indirizzo [hipparcos.cds@tiscali.it](mailto:hipparcos.cds@tiscali.it))*

**Sabato 16 ottobre 2010**  
 ore 16.30 – 18.30; info 06-5566271

**Sabato 26 febbraio 2011**  
 ore 15.30 – 17.30; info 06-5566271

**Sabato 11 dicembre 2010**  
 ore 15.00 – 16.30; info 335-6575023

**Sabato 26 marzo 2011**  
 ore 16.00 – 18.00; info 335-6575023



# Il tempo che ha fatto

Associazione Onlus *Edmondo Bernacca*

In questo spazio vengono presentati i dati registrati dalla stazione meteorologica del Museo Geopaleontologico: temperatura (minima e massima), vento (direzione e velocità), precipitazioni e stato del cielo.

RM013 - Rocca di Cave, 946 mt.							STATO
LUG	T	T	WIND	Rain	Neve	DEL	
2010	MIN	MAX	dom. Km/h	cum.	cm.	CIELO	
1	17,4	25,1	SSW 33,8	10,0	0,0	M	
2	19,6	25,8	ENE 53,1	9,8	0,0	M	
3	15,9	26,4	NE 53,1	41,0	0,0	M	
4	17,8	26,1	NE 66,0	15,8	0,0	M	
5	18,9	26,1	NE 25,7	0,0	0,0	S	
6	19,6	25,9	N 29,0	0,0	0,0	M	
7	17,9	24,6	SSW 59,5	3,2	0,0	M	
8	17,5	22,7	SW 32,0	0,0	0,0	S	
9	17,2	26,2	S 29,0	0,0	0,0	S	
10	17,8	26,2	SSW 27,4	0,0	0,0	S	
11	18,5	26,1	SSW 30,6	0,0	0,0	S	
12	17,8	25,9	SSW 66,0	38,8	0,0	M	
13	19,4	26,7	SSW 24,1	0,2	0,0	M	
14	21,1	28,6	NE 22,5	0,0	0,0	S	
15	22,4	29,2	SSW 24,1	0,0	0,0	S	
16	24,4	31,1	SSW 24,1	0,0	0,0	S	
17	24,4	30,4	SW 30,6	0,0	0,0	S	
18	21,5	29,1	SW 37,0	0,0	0,0	S	
19	19,7	26,8	SSW 37,0	0,0	0,0	M	
20	19,4	26,8	SSW 49,9	0,0	0,0	M	
21	19,3	26,9	SW 37,0	0,6	0,0	M	
22	20,4	28,6	NE 25,7	0,0	0,0	S	
23	20,3	29,1	NE 29,0	0,0	0,0	S	
24	17,1	23,5	S 48,7	12,4	0,0	M	
25	16,3	23,4	NNW 49,9	0,0	0,0	S	
26	13,5	22,0	NNW 37,0	0,0	0,0	M	
27	13,3	22,3	NE 35,4	0,0	0,0	S	
28	15,9	23,3	NE 27,4	0,0	0,0	S	
29	15,4	22,2	S 43,5	0,0	0,0	S	
30	14,8	20,1	SSW 57,9	1,2	0,0	M	
31	14,8	21,3	NNW 35,4	0,0	0,0	S	
2010	T	T	WIND	Rain	Neve	STATO	
LUG	MIN	MAX	dom. Km/h	cum.	cm.	DEL	
.1 dec	18,0	25,5	66,0	79,8	0,0	CIELO	
.2 dec	20,9	28,1	66,0	39,0	0,0	17 S	
.3 dec	16,5	23,9	57,9	14,2	0,0	14 M	
MEDIA	18,4	25,8	SSW 66,0	133,0	0,0	0 C	

RM013 - Rocca di Cave, 946 mt.							STATO
AGO	T	T	WIND	Rain	Neve	DEL	
2010	MIN	MAX	dom. Km/h	cum.	cm.	CIELO	
1	15,8	24,4	SW 40,2	0,0	0,0	S	
2	18,6	26,3	S 29,0	0,0	0,0	S	
3	18,2	25,0	S 27,4	0,0	0,0	S	
4	15,6	23,7	S 48,3	29,4	0,0	M	
5	14,1	20,8	SSW 38,6	0,0	0,0	M	
6	11,2	18,5	SW 40,2	8,6	0,0	M	
7	13,6	21,9	NNW 37,0	0,0	0,0	S	
8	17,5	23,6	SW 35,4	0,0	0,0	S	
9	18,8	24,9	S 37,0	0,0	0,0	S	
10	19,6	25,3	E 25,7	0,0	0,0	S	
11	19,5	24,4	SSW 30,6	0,0	0,0	S	
12	16,8	23,9	SSW 24,1	0,0	0,0	S	
13	17,9	23,5	SSW 32,2	0,0	0,0	S	
14	17,8	21,8	ENE 70,8	0,4	0,0	M	
15	16,4	23,9	SSW 51,5	10,2	0,0	M	
16	14,3	22,6	SSW 35,4	0,0	0,0	S	
17	13,7	21,6	S 24,1	0,0	0,0	S	
18	14,2	22,4	SSW 30,6	0,0	0,0	S	
19	19,1	25,2	SSW 24,1	0,0	0,0	S	
20	21,3	27,6	SSW 30,6	0,0	0,0	S	
21	20,5	27,8	NNW 32,2	0,0	0,0	S	
22	21,4	26,3	SW 30,6	0,0	0,0	S	
23	21,8	28,0	SSW 27,4	0,0	0,0	S	
24	20,4	25,4	SSW 29,0	0,0	0,0	S	
25	21,1	26,1	SSW 29,0	0,0	0,0	S	
26	21,4	26,8	SSW 27,4	0,0	0,0	S	
27	21,3	26,5	SSW 27,4	0,0	0,0	S	
28	17,5	23,3	S 35,4	0,0	0,0	S	
29	15,4	22,2	NE 41,8	0,2	0,0	S	
30	13,6	19,4	SSW 40,2	1,4	0,0	M	
31	12,9	19,6	NNW 53,1	0,0	0,0	M	
2010	T	T	WIND	Rain	Neve	STATO	
AGO	MIN	MAX	dom. Km/h	cum.	cm.	DEL	
.1 dec	16,3	23,4	48,3	38,0	0,0	CIELO	
.2 dec	17,1	23,7	70,8	10,6	0,0	24 S	
.3 dec	18,8	24,9	53,1	1,6	0,0	7 M	
MEDIA	17,5	24,0	SSW 70,8	50,2	0,0	0 C	



Associazione  
Edmondo Bernacca  
onlus

L'Associazione Edmondo Bernacca - Onlus è nata grazie alla volontà ed alla dedizione di alcuni giovani uniti dalla stessa passione: la meteorologia.

L'Associazione racconta questa scienza a 360° tramite la divulgazione e l'informazione della meteorologia passata, presente e futura. Fra i soci fondatori, oltre a molti meteo-appassionati, il figlio di Edmondo, Paolo, il Gen. Andrea Baroni, l'amico e collega di sempre, la Dottoressa Franca Mangianti

(Presidente dell'Associazione), responsabile dell'Osservatorio meteorologico del Collegio Romano di Roma, e i noti meteorologi Giancarlo Bonelli (Vice presidente) e Francesco Laurenzi.

Proprio in quest'ottica è nato il **Progetto CLIMA**, in cui rientra la centralina meteo posta a Rocca di Cave, la quale riveste un ruolo importante vista la sua posizione dominante sulla Provincia Romana.

Solo studiando il clima possiamo capire il luogo dove viviamo, gestire al meglio le nostre attività lavorative e il tempo libero, rispettare l'ambiente prevenendo disastri.

RM013 - Rocca di Cave, 946 mt.							STATO
SETT	T	T	WIND	Rain	Nevic	DEL	CIELO
2010	MIN	MAX	dom. Km/h	cum.	cm.		
1	14.3	20.6	SSW 29.0	0.0	0.0	S	
2	14.2	21.1	SSW 32.2	0.0	0.0	S	
3	14.9	22.8	N 37.0	0.0	0.0	M	
4	15.3	22.5	SW 35.4	0.0	0.0	S	
5	16.6	22.4	SSW 30.6	0.0	0.0	S	
6	15.3	20.9	NE 32.2	1.4	0.0	M	
7	13.6	22.3	SSE 54.7	0.2	0.0	M	
8	13.7	20.1	SSE 56.3	15.4	0.0	M	
9	13.2	19.2	S 30.6	0.0	0.0	M	
10	13.1	18.6	NNW 64.4	0.0	0.0	M	
11	13.5	21.5	NNW 54.7	0.0	0.0	M	
12	14.7	21.3	WNW 30.6	0.0	0.0	S	
13	13.7	20.8	NNE 35.4	0.0	0.0	M	
14	12.8	22.1	NNW 38.6	0.0	0.0	M	
15	14.5	20.6	SSW 24.1	0.0	0.0	M	
16	13.8	20.2	SSW 29.0	0.0	0.0	M	
17	13.6	20.7	SE 43.5	0.2	0.0	S	
18	14.2	19.3	SE 57.9	1.0	0.0	M	
19	13.5	18.0	SSW 56.3	13.0	0.0	C	
20	12.5	19.6	NNW 25.7	0.2	0.0	S	
21	14.4	17.8	NNW 22.5	0.4	0.0	C	
22	14.3	20.6	NNE 24.1	0.2	0.0	M	
23	14.2	20.3	SSW 25.7	0.0	0.0	S	
24	12.1	15.9	E 57.9	0.4	0.0	M	
25	10.4	16.7	NE 53.1	5.0	0.0	M	
26	9.2	15.7	SSW 30.6	7.4	0.0	M	
27	8.4	13.1	SSW 38.6	1.2	0.0	M	
28	9.2	15.0	S 32.2	0.0	0.0	M	
29	9.8	15.3	NNW 33.8	0.0	0.0	S	
30	10.3	16.4	S 24.1	0.0	0.0	M	
2010	T	T	WIND	Rain	Nevic	STATO	
SETT	MIN	MAX	dom. Km/h	cum.	cm.	DEL	CIELO
1 dec	14.4	21.1		64.4	17.0	0.0	CIELO
2 dec	13.7	20.4		57.9	14.4	0.0	9 S
3 dec	11.2	16.7		57.9	14.6	0.0	19 M
MEDIA	13.1	19.4	SSW	64.4	46.0	0.0	2 C

# Stelle variabili: *Betelgeuse*

Marco Vincenzi

Iniziamo questa rubrica occupandoci di una stella variabile peculiare, e cioè *Betelgeuse*, la stella alfa della costellazione di Orione (fig. 1).

*Betelgeuse*, una stella supergigante di colore rosso, è stata classificata come variabile semiregolare di tipo *c*.

Questa stella ha attirato su di sé l'attenzione e la curiosità di tutta la comunità astronomica in almeno un paio di occasioni. Infatti, nel 1920, fu la prima stella di cui si riuscì a misurare direttamente il diametro, utilizzando uno strumento appena inventato, l'interferometro. *Betelgeuse* fece ancora parlare di sé qualche anno fa, in quanto fu la prima stella della quale si riuscì ad ottenere, grazie al Telescopio Spaziale Hubble, un'immagine diretta della sua atmosfera (fig. 2).

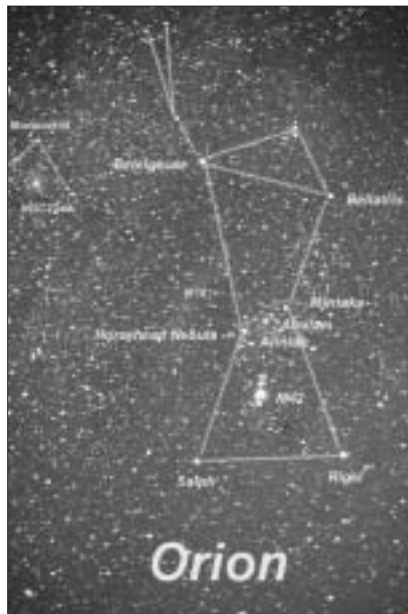
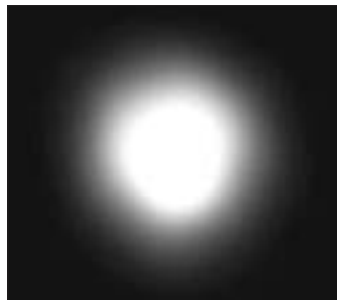


Figura 1 -  
Orione

Figura 2 -  
Immagine  
dell'atmosfera  
di *Betelgeuse*  
ottenuta  
dal Telescopio  
Spaziale Hubble



Ma le sorprese non finirono qui, perché, proprio dall'esame di queste immagini, gli astronomi riuscirono a rivelare quello che non era mai stato possibile rivelare su nessun'altra superficie stellare, e cioè la presenza di una sorta di area più chiara di cui, inizialmente non si riuscì ad intuire il significato.

Le prime misure relative alle sue dimensioni ed alla sua temperatura, evidenziarono che si trattava di una formazione che possedeva un diametro dieci volte maggiore di quello della Terra, e che la sua temperatura era all'incirca 2.000 gradi Kelvin più elevata rispetto a quella delle zone circostanti.

L'immagine suggeriva che un fenomeno completamente nuovo e inaspettato poteva originarsi nell'atmosfera di alcune stelle, ma naturalmente, per poter appurare un fatto del genere, saranno necessarie ulteriori, approfondite campagne di osservazioni condotte con i maggiori telescopi a disposizione della comunità scientifica.

In particolare, si dovrà verificare se questa "macchia calda" sia associata alle oscillazioni tipiche delle stelle supergiganti, e, soprattutto, se esiste una varia-



zione delle dimensioni e della posizione di questa formazione, dovuta magari all'influenza di potenti campi magnetici.

### Le variazioni di luce

Le reali cause delle variazioni di luce di Betelgeuse ancora oggi non sono state ben comprese e si ipotizza che esse siano dovute alla lentissima e continua espansione degli strati esterni della stella, seguite da nuove contrazioni. Sono movimenti che avvengono su tempi di alcuni anni, e che, in definitiva, non fanno altro che modificare la superficie totale della stella, provocando aumenti della temperatura superficiale, seguiti da diminuzioni della stessa, con il risultato che da Terra si osservano le variazioni di luce di cui si è detto.

### La classificazione

Abbiamo in precedenza accennato al fatto che Betelgeuse è stata classificata come variabile di tipo *SRc*, ossia semiregolare appartenente alla sottoclasse c.

Questo vuol dire che siamo di fronte a una supergigante, cioè una stella estremamente luminosa e massiccia.

L'ampiezza della variazione luminosa è abbastanza contenuta (dell'ordine di alcuni decimi di magnitudine), e la curva di luce, ovvero il grafico che la rappresenta in funzione del tempo, mostra delle oscillazioni che non sono esattamente periodiche, alternate con dei periodi nei quali la variazione non è presente (fig. 3).

### Le osservazioni

Le osservazioni di questa variabile non sono semplici da ottenere, soprattutto perché, data la magnitudine apparente della stella, non è semplice trovare stelle di confronto di luminosità adeguata nelle immediate vicinanze.

Con questa stella, data la grande luminosità, i metodi di osservazione più utilizzati sono quello visuale e quello tramite fotometro fotoelettrico.

L'AAVSO, la maggiore organizzazione a livello mondiale che si occupa dell'osservazione e dello studio delle stelle variabili, ha approntato uno specifico programma osservativo per poter seguire questa interessante stella.

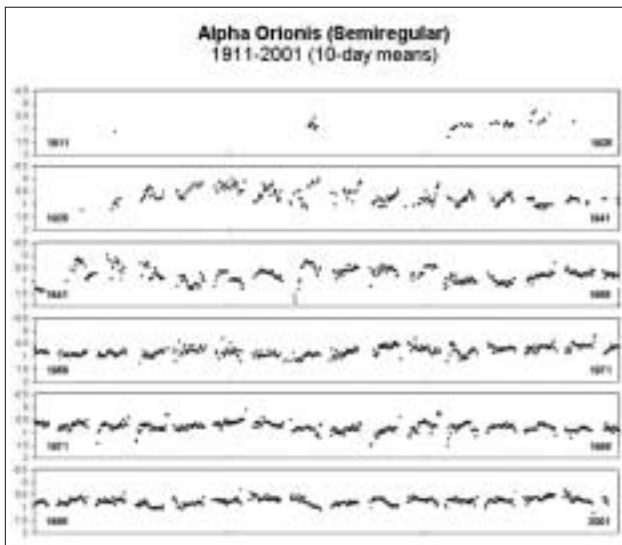


Figura 3 - La curva di luce di Betelgeuse nel periodo compreso tra il 1911 e il 2001

### Bibliografia

- Burnham, R. Jr., 1966. *Burnham's Celestial Handbook v. 2. Dover Publications*, New York, pp. 1280-1299.
- Davis, G.A., 1955. The meaning of Betelgeuse. *Sky and Telescope*, p. 237.
- Gilliland, R., Dupree, A.K., 1996. First image of the surface of a star with the Hubble Space Telescope. *Astrophysical Journal Letters*, v. 463, p. L26.
- Goldberg, L., 1984. The variability of Alpha Orionis. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 96, pp. 366-371.



# Nebulose, supernovae, comete... e altro

a cura di Bruno Pulcinelli

Il terrazzo alla sommità della torre della Rocca Colonna ospita una stazione per l'osservazione della volta celeste, sia direttamente, sia utilizzando strumenti astronomici, fra cui un riflettore Schmidt-Cassegrain da 36 cm, con l'aiuto e la guida degli astronomi dell'*Associazione Hipparcos*. La strumentazione consente anche di ottenere splendide immagini degli oggetti celesti: in attesa dell'imminente arrivo della nuova camera CCD, ecco una breve panoramica di immagini astronomiche realizzate a Rocca di Cave mediante una reflex digitale Canon EOS350D predisposta per una sensibilità di 800 ISO.

## **Nella pagina a fronte**

Figura 1 - Le nebulose *Laguna* (M8) e *Trifida* (M20).

Figura 2 - La nebulosa *Crescent* (NGC6888).

Figura 3 - Il *Velo del Cigno*, il resto di una supernova intorno alla stella *Sadr*.

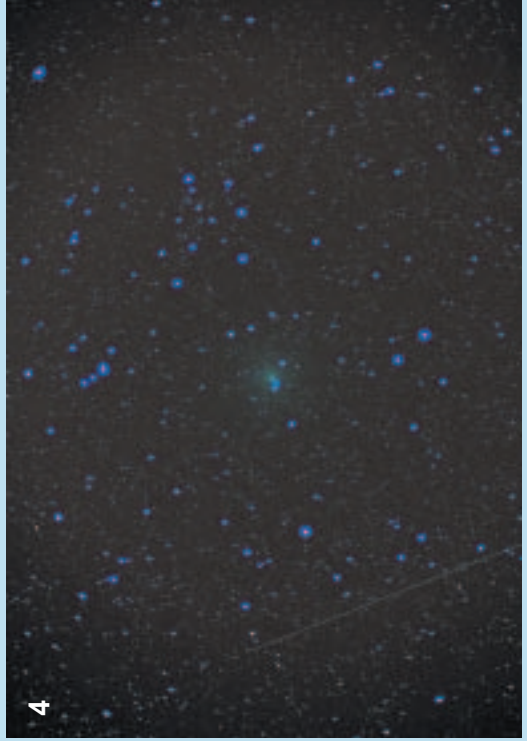
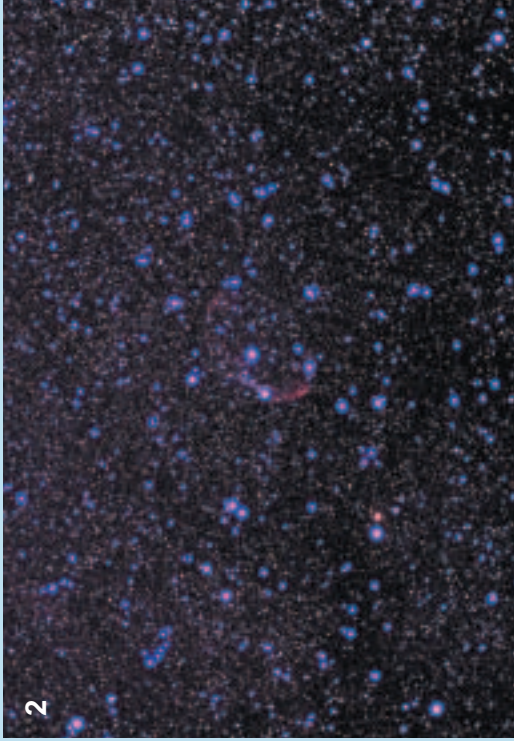
Figura 4 - Un'immagine della cometa *103/P-Hartley*, una cometa periodica che passa nei pressi della Terra ogni 6,5 anni, ripresa il 2 ottobre 2010, quando si trovava a metà strada tra Cassiopea e Andromeda (in basso a sinistra si nota la fortuita traccia di un satellite artificiale).

Le immagini sono state ottenute attraverso il riflettore-guida montato in parallelo allo strumento principale (diametro 80 mm, lunghezza focale 500 mm), con tempi di posa di 3 minuti.

## **Nell'ultima pagina di copertina**

Il Mare Humorum, sulla Luna, ripreso al fuoco diretto del telescopio principale (*Celestron C14*, diametro 360 mm, lunghezza focale 3950 mm), con un tempo di posa di 1/1000 s.

Il riquadro rosso sull'immagine piccola del nostro satellite indica la posizione dell'area ripresa nella fotografia della superficie lunare.



Luna. Mare Humorum

