

## UNA VISIONE NON GEOCENTRICA DEL CICLO DELLE ROCCE

*La geologia planetaria è spesso vista come un sottoinsieme o una specializzazione della geologia terrestre. Gli autori di un articolo pubblicato il mese scorso su Geosciences sottolineano invece come sia vero l'opposto: è la geologia terrestre a essere un sottoinsieme della geologia planetaria. A illustrare su Media Inaf (9 settembre 2025) quello che hanno chiamato "ciclo cosmico delle rocce" è il primo autore dello studio, Andrea Vitrano, dell'Università di Siena. Riportiamo qui l'articolo, con autorizzazione.*

Le rocce sono registratori di eventi. La loro lettura ha già stravolto la posizione dell'uomo riguardo al tempo. La datazione delle rocce è stata la pietra tombale della vecchia concezione biblica del tempo, datando la Terra a circa quattro miliardi e mezzo di anni, ridimensionando notevolmente la posizione privilegiata dell'umanità nella storia della Terra. Non solo: lo studio delle rocce, e in particolare delle prove fossili, ha trasformato profondamente la nostra comprensione di come si sia sviluppata la vita sul pianeta. Lo studio delle rocce porta rivoluzioni del pensiero. Le rocce sono archivi naturali, registratori preziosi che custodiscono informazioni pronte a essere rivelate a chi possiede gli strumenti per leggerle. Ed è fantastico che non si trovino univocamente sulla Terra. Il cosmo è pieno di storie scritte sulla roccia. Le rocce racchiudono storie, sono la biografia della materia dell'universo. Ricostruire la storia delle rocce quindi richiede anche di pensare alla loro storia a scala cosmica.



Illustrated by A. Vitrano

Illustrazione del ciclo delle rocce a scala cosmica. Attraverso questo diagramma gli autori riassumono la genesi di rocce e minerali in diversi ambienti: dalla morte delle stelle fino alla comparsa della vita. Il ciclo delle rocce sotto questa prospettiva funge da anello d'unione fra le scienze che indagano il cosmo e quelle che indagano l'origine e lo sviluppo della vita.

Crediti: Andrea Vitrano

Lo strumento chiave per interpretare le rocce è il ben noto ciclo delle rocce. Tuttavia, il modello classico che si studia nei libri di scuola oggi non è più al passo con le conoscenze moderne. Per oltre 80 anni, il

---

**NEWSLETTER TELEMATICA APERIODICA DELL'A.A.S. - ASSOCIAZIONE ASTROFILI SEGUSINI APS – ANNO XX**

La Nova è pubblicazione telematica aperiodica dell'A.A.S. - Associazione Astrofili Segusini APS di Susa (TO) riservata a Soci e Simpatizzanti.

È pubblicata senza alcuna periodicità regolare (v. Legge 7 marzo 2001, n. 62, art. 1, comma 3) e pertanto non è sottoposta agli obblighi previsti dalla Legge 8 febbraio 1948, n. 47, art. 5. I dati personali utilizzati per l'invio telematico della Nova sono trattati dall'AAS secondo i principi del *Regolamento generale sulla protezione dei dati* (GDPR - Regolamento UE 2016/679).

[www.astrofilisusa.it](http://www.astrofilisusa.it)

ciclo delle rocce è stato rappresentato nei libri di geologia con lo stesso diagramma, capace di spiegare la genesi delle rocce attraverso i processi ignei, sedimentari e metamorfici, ma confinato alla sola dimensione terrestre. Oggi quel modello, pur avendo avuto un ruolo didattico fondamentale, appare ormai datato. Le ricerche più recenti in cosmochimica, geologia planetaria e astrofisica mostrano infatti che i processi che plasmano le rocce non sono esclusivi della Terra: sono processi universali, che operano su scale e corpi celesti ben oltre il nostro pianeta. Nel nostro lavoro proponiamo un “ciclo delle rocce a scala cosmica”. Questo ciclo cosmico delle rocce non è soltanto un concetto scientifico: è un potente strumento di pensiero. Unisce scale diverse, dalle rocce viste al microscopio fino a pianeti lontani osservati al telescopio.

### **Sfidare il geocentrismo del ciclo delle rocce**

Il primo problema che abbiamo affrontato è il pensiero geologico tradizionale, incentrato esclusivamente sui processi terrestri. Così come Copernico tolse la Terra dal centro del cosmo, noi ribaltiamo la visione “geocentrica” del ciclo delle rocce. Le rocce non nascono solo sulla Terra: da polveri interstellari a pianeti ghiacciati, esse sono protagoniste dell’evoluzione della materia solida nel cosmo. Per generazioni, abbiamo imparato che le rocce si formano e si trasformano all’interno di un ciclo chiuso, confinato ai confini terrestri. Oggi, però, è necessario un cambiamento di prospettiva: il ciclo delle rocce non è solo terrestre, ma universale. La Terra è soltanto una tra le molte “officine” litogenetiche del cosmo. È tempo di superare una visione esclusivamente terrestre e di concepire le rocce come protagoniste di un ciclo cosmico.

Il secondo problema riguarda la separazione tra discipline scientifiche e tra le diverse scale di osservazione. Si tratta di una vera e propria sfida culturale: geologi, astrofisici e planetologi spesso lavorano con approcci, strumenti e linguaggi differenti, pur indagando sugli stessi processi. Questo diventa evidente quando si considerano corpi come la Luna o Plutone: non sono più semplici punti luminosi nel cielo, ma mondi rocciosi complessi che richiedono un linguaggio condiviso per essere studiati.

Anche la scala di analisi rappresenta un ostacolo significativo. Chi studia le meteoriti lunari o marziane osserva dettagli a livello micrometrico al microscopio, mentre chi analizza dati satellitari lavora su scale chilometriche. Entrambi, però, devono ricostruire la storia geologica dello stesso corpo celeste. Integrare informazioni provenienti da scale così diverse non è semplice, e richiede strumenti concettuali e metodologie in grado di unire micro- e macroscale in una visione coerente.

### **Geologie aliene**

Anche il ghiaccio e il metallo sono rocce. Esistono mondi prevalentemente di ghiaccio, come Europa, Encelado o Tritone, dove i processi geologici sono completamente diversi da quelli terrestri. Su queste lune, ad esempio, il criovulcanismo spinge verso la superficie non lava, ma acqua, ammoniaca e altri materiali volatili, modellando croste ghiacciate e creando nuovi paesaggi. Questi mondi ghiacciati sono anche più comuni di quelli rocciosi nel Sistema solare. Ed esistono asteroidi composti prevalentemente da solo ferro, la cui geologia rimane ancora misteriosa. La luna Io di Giove invece è il mondo vulcanicamente più attivo del Sistema solare, e lo è grazie all’attrazione gravitazionale di Giove. Questo tipo di magmatismo è molto differente rispetto quello terrestre. Nei dischi protoplanetari, polveri e gas danzano violentemente intorno alla stella appena nata, danno vita a minerali che si aggregano, fondono e scontrano. Granelli che diventano ciottoli, ciottoli che crescono in massi, fino a formare embrioni planetari e, infine, veri e propri pianeti.

A tutto questo si aggiungono i venti stellari e lo *space weathering*: particelle cariche, radiazione cosmica e micrometeoriti plasmano le superfici, creando croste e patine uniche, diverse da qualsiasi cosa conosciamo sulla Terra. E quando la stella muore, il materiale disperso nello spazio può diventare la base per nuove rocce, mentre i pochi asteroidi o pianeti sopravvissuti possono vagare come oggetti interstellari, scontrandosi magari con nuovi mondi e ricominciando così un ciclo cosmico delle rocce.





Il ciclo cosmico delle rocce. Questo diagramma mostra il ciclo cosmico delle rocce attraverso quattro domini interconnessi: nebulare, disco protoplanetario, asteroidale e planetario. Al suo centro, i processi terrestri sono guidati dall'atmosfera, dall'idrosfera, dalla litosfera, dalla biosfera e dalla magnetosfera, che proteggono dall'erosione spaziale. Tuttavia, la Terra è un sistema aperto, influenzato dal flusso meteorico. Ciò implica che il ciclo delle rocce si estenda oltre la Terra e che il triangolo delle rocce ignee, sedimentarie e metamorfiche possa essere applicato su scala cosmica, incorporando processi non considerati nel ciclo delle rocce convenzionale. Il ciclo inizia con grani interstellari diffusi dai processi stellari. Successivamente, i componenti condritici si formano nel disco protoplanetario e si accumulano nelle rocce condritiche. Queste rocce subiscono metamorfismo, alterazione acquosa, impatti e riaccrescimento nel corpo parentale dell'asteroide. Gli asteroidi si fondono per formare planetesimi, protopianeti e infine pianeti, che subiscono vulcanismo, tettonica, alterazione superficiale e trasporto di materiale. Gli eventi di impatto espellono il materiale nello spazio, dove può essere riciclato su altri corpi. Alla fine della vita di una stella, il materiale minerale viene disperso nel cosmo, fornendo le materie prime per un nuovo ciclo delle rocce.

Crediti: A. Vitrano et al., *Geosciences*, 2025

## Il ciclo cosmico delle rocce

Attraverso l'analisi sistematica dei processi ignei, metamorfici e sedimentari che avvengono al di fuori della Terra, nel nostro lavoro identifichiamo quattro domini principali in cui dinamiche distinte governano il ciclo delle rocce, ciascuno dei quali rielabora le rocce con caratteristiche specifiche del dominio: dinamiche stellari e nebulari, dinamiche dei dischi protoplanetari, dinamiche asteroidali e dinamiche planetarie. Il ciclo cosmico delle rocce che proponiamo è inteso come nuovo strumento epistemico in grado di trasformare la ricerca interdisciplinare e l'insegnamento delle scienze della Terra. Questa prospettiva rivela il ciclo delle rocce terrestri come un sottoinsieme raro e inestimabile della genesi delle rocce nel cosmo.

**Andrea Vitrano**

<https://www.media.inaf.it/2025/09/09/ciclo-cosmico-rocce/>

Andrea Vitrano, Nicola Mari, Daniele Musumeci, Luigi Ingaliso e Francesco Vetere, "Extending the Rock Cycle to a Cosmic Scale", *Geosciences* 2025, 15(8), 327

