

## Approfondimenti

### 14. Processi di fossilizzazione

I processi di **fossilizzazione** sono studiati nell'ambito della **tafonomia** (dal greco *tàphos* = seppellimento), la scienza che si occupa della storia degli organismi, dal momento della morte al loro ritrovamento come fossili.

I processi di fossilizzazione consistono nelle trasformazioni fisiche, chimiche e biologiche che avvengono durante il seppellimento e la diagenesi e che modificano i resti organici, trasformandoli in fossili. Il seppellimento è quindi un requisito fondamentale affinché i resti di un organismo possano fossilizzare: esso avviene soprattutto in ambiente acqueo, dove i processi di sedimentazione (che permettono il seppellimento) prevalgono su quelli di erosione.

Tra gli organismi, quelli che possiedono *parti dure*, mineralizzate (ossa, gusci) o non mineralizzate (chitina, collagene, lignina), hanno maggiori probabilità di conservarsi allo stato fossile.

Le *parti molli* (carboidrati e proteine), infatti, dopo la morte sono decomposte rapidamente e solo occasionalmente possono fossilizzare.

Nell'ambito dei processi di fossilizzazione si distinguono quelli che riguardano la **materia organica** da quelli che coinvolgono le **parti mineralizzate**, poiché sono molto diversi.

#### Fossilizzazione della materia organica

Come già accennato, la materia organica in presenza di acqua e ossigeno è soggetta a putrefazione, che può portare alla sua completa distruzione. Affinché i resti organici si conservino, occorre che l'azione dei batteri che causano putrefazione sia limitata e che la mineralizzazione sia precoce (*fig. 1*). Lo sviluppo dei batteri è limitato in assenza di acqua, a basse temperature o quando la materia organica viene trasformata in carbone. I processi che portano alla fossilizzazione della materia organica sono la *mummificazione*, la *carbonificazione* e la *permineralizzazione*.

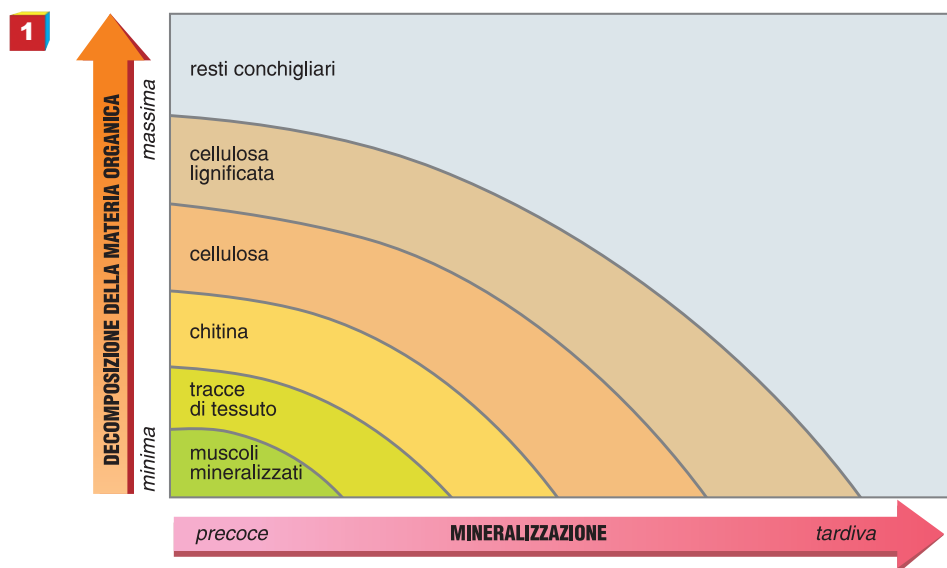


Fig. 1.

Il diagramma illustra i rapporti tra entità di decomposizione e modalità di mineralizzazione in relazione alla fossilizzazione di vari tipi di materia organica.

Per una conservazione tridimensionale dei tessuti organici sono necessarie una limitata decomposizione e una mineralizzazione precoce.

- La **mummificazione** avviene naturalmente in ambienti molto aridi, sia caldi che freddi, per eliminazione di acqua dai tessuti. Esempi di fossili mummificati sono i ritrovamenti di impronte di pelle di esemplari di dinosauri del Cretaceo (*Anatosaurus*, *fig. 2*).

2



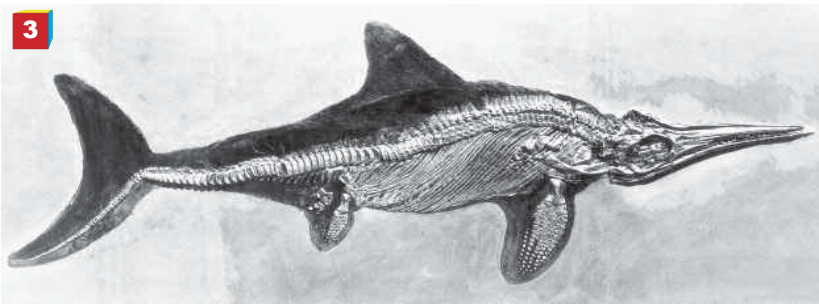
**Fig. 2.**  
Impronta di pelle  
di *Anatosaurus* /*Edmontosaurus*  
del Cretaceo (Nord America).

- La **carbonificazione** avviene in condizioni anossiche (assenza di ossigeno) per reazioni di fermentazione dovute a batteri anaerobi che liberano idrogeno e ossigeno e arricchiscono progressivamente il resto organico in carbonio, il quale può quindi conservarsi a lungo, in assenza di ossigeno. Durante il processo si verifica una considerevole

riduzione di volume, che porta alla conservazione di sottili pellicole di carbonio (*antracoleimma*). Questo tipo di fossilizzazione è abbastanza comune e riguarda tronchi d'albero, foglie, insetti in ambra, vertebrati (per esempio, gli ittiosauri del Giurassico, *fig. 3*) e invertebrati (per esempio, la Fauna di Burgess del Cambriano). Esempi più recenti di carbonificazione sono rappresentati dall'uomo di Tollund (Danimarca), con età di 2200 anni, e dall'uomo della Val Senales o uomo di Similiaun (Bolzano), età di oltre 3000 anni.

- La **permineralizzazione** avviene per impregnazione dei tessuti organici da parte di soluzioni interstiziali che depositano all'interno delle cellule organiche minerali in forma cristallina o amorfa. Il processo, noto anche come **pietrificazione**, si verifica principalmente per precipitazione di *carbonati* (calcite e siderite), *silice* e *pirite*. Sono esempi di questi tipi di permineralizzazione alcuni pesci paleozoici e mesozoici conservati "tridimensionalmente" in concrezioni carbonatiche e legni silicizzati, tra cui le foreste pietrificate dell'Arizona (del Triassico) e di Yellowstone (dell'Eocene) negli Stati Uniti (*fig. 4*). Un tipo particolare di permineralizzazione è quella che avviene a opera del

3



**Fig. 3.**  
Ittiosauro del Giurassico di Holzmaden  
(Germania).

4



**Fig. 4.**  
La foresta pietrificata in Arizona (USA).

ghiaccio e che ha portato alla fossilizzazione di esemplari di *Mammuthus primigenius* e *Mammuthus americanus*, viventi durante l'ultima fase glaciale in Siberia e Alaska.

### Fossilizzazione delle parti mineralizzate

I processi che regolano la fossilizzazione delle parti dure mineralizzate sono dovuti alla presenza di acque interstiziali (circolanti nel sedimento dove il resto organico è sepolto) che possono essere aggressive o al contrario soprassature rispetto a certi minerali e dar quindi luogo a dissoluzione o a cristallizzazione e sostituzione: essi comprendono la *dissoluzione*, l'*impregnazione*, la *sostituzione* e la *ricristallizzazione*.

- La **dissoluzione** avviene quando le parti dure sono a contatto con acque chimicamente aggressive. In ambiente acido i resti più solubili sono quelli di aragonite, seguiti da quelli di calcite, mentre in ambiente alcalino sono più solubili i gusci silicei.
- L'**impregnazione** si verifica in seguito a precipitazione di sali nelle cavità lasciate dalla materia organica che subisce decomposizione. I minerali più comuni coinvolti nel processo sono la calcite e la silice. La fossilizzazione per impregnazione è tipica delle ossa dei vertebrati e di alcuni invertebrati con parti dure porose, come gli echinodermi.

5



Fig. 5.  
Ammonoide piritizzato  
(foto Angiolini).

- La **sostituzione**. Avviene quando un minerale sostituisce il minerale originale attraverso un processo di soluzione di quest'ultimo e di precipitazione quasi contemporanea del nuovo minerale nelle cavità prodotte dalla dissoluzione.

È un processo che tende ad alterare la microstruttura, ma mantiene l'architettura e la forma esterna dei gusci. I minerali che comunemente prendono parte a questo processo sono la calcite, la silice, la dolomite e la pirite: si parla pertanto di *calcitizzazione*, *silicizzazione*, *dolomitizzazione* e *piritizzazione* (figg. 5 e 6)

6

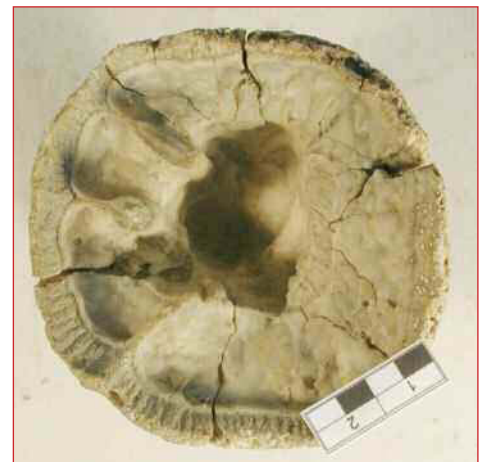


Fig. 6.  
Molluschi (rudiste) silicizzati (foto Angiolini).  
Si possono osservare gli anelli di silicizzazione.



- La **ricristallizzazione** avviene quando la trasformazione causa un aumento delle dimensioni dei cristalli senza variazione nella composizione mineralogica.

## I diversi tipi di fossili

I processi diagenetici possono portare alla formazione di diversi tipi di fossili come indicato nello schema della *figura 7*.

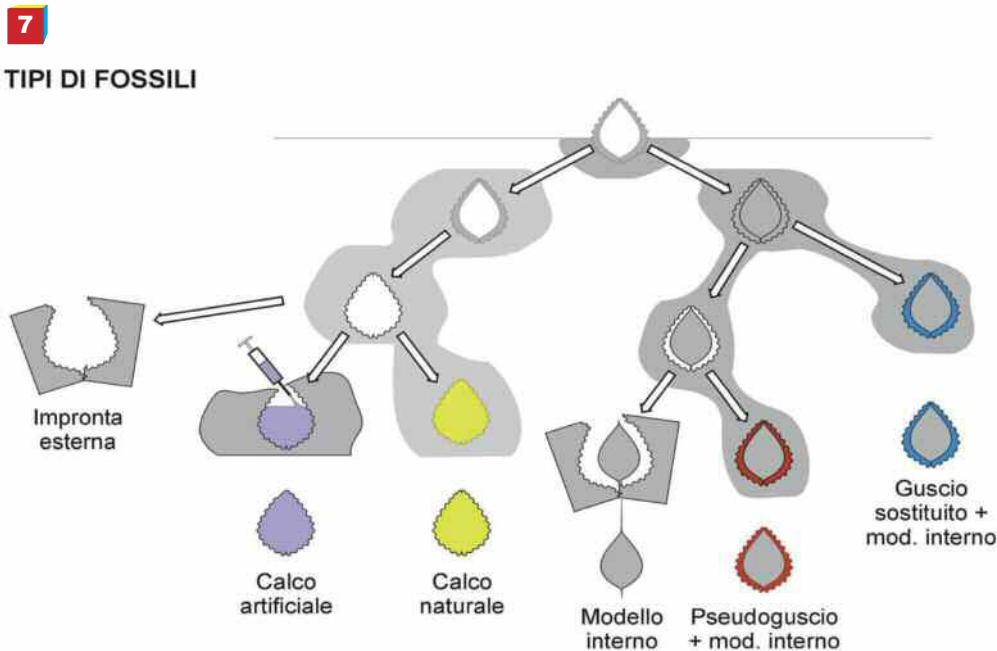
Per *impronta esterna* si intende quella lasciata da un organismo nel sedimento: l'impronta, se litificata, può rimanere fossilizzata anche quando l'organismo che l'ha prodotta subisce dissoluzione.

In quest'ultimo caso lo spazio all'interno dell'impronta esterna può venire riempito da sedimento o da minerali precipitati chimicamente, dando luogo a un calco naturale dell'organismo originale.

Se ciò non avviene, il paleontologo può iniettare materiali opportuni (ad esempio silicone) all'interno dell'impronta e ricavare un calco artificiale che riproduce la forma originaria dell'organismo.

Un *modello interno* è il calco naturale della superficie interna di una conchiglia: si forma quando la cavità interna di una conchiglia viene riempita da sedimento, che poi litifica registrando i dettagli interni.

Anche in questo caso può accadere che, dopo la formazione del modello interno, il guscio subisca dissoluzione e nuovi minerali precipitino nell'intercapedine tra impronta esterna e modello interno generando uno *pseudoguscio*. Oppure la conchiglia può conservarsi ricoprendo il modello interno o può venire sostituita da nuovi minerali.



**Fig. 7.**  
Vari tipi di fossili che si possono formare nei differenti processi diagenetici.