

Le tappe principali della storia della Terra

Era Archeozoica (da 4600 a 570 milioni di anni fa)

Origine della Terra. Si pensa che la Terra abbia avuto origine, come gli altri pianeti del Sistema solare, circa 4,6 miliardi di anni fa, per successiva aggregazione di materiali costituiti da polvere, ghiaccio e gas che ruotavano intorno al nascente Sole.

Durante la sua formazione, la Terra diventò molto calda, soprattutto per effetto del calore prodotto negli urti con i corpi solidi che via via si aggiungevano alla sua massa e di quello liberato dalle sostanze radioattive presenti al suo interno; di conseguenza la Terra era completamente allo stato fuso: i materiali più pesanti (ferro e nichel) affondarono verso il centro, nel nucleo; quelli più leggeri, contenenti silicio, alluminio e magnesio si portarono in superficie, originando il mantello, mentre il vapor d'acqua e altri gas formarono la primitiva atmosfera.

Poi la Terra iniziò a raffreddarsi e cominciò a formarsi una sottile crosta terrestre, interrotta da innumerevoli vulcani ribollenti: all'interno dei continenti si rinvengono rocce antiche di circa 4,1 miliardi di anni, che sono i resti di questa crosta terrestre primordiale; le emissioni gassose dei vulcani formarono la primitiva atmosfera, costituita da vapor d'acqua e altri gas tra cui azoto, diossido di carbonio, metano, solfuro di idrogeno e ammoniaca.

1

Quando la temperatura scese sotto i 100 °C, il vapor d'acqua cominciò a condensare originando intense piogge e probabilmente 4 miliardi di anni fa si formarono gli oceani nelle depressioni della crosta terrestre.

Le radiazioni ultraviolette provenienti dal Sole, le scariche elettriche dei fulmini e il calore liberato nelle eruzioni vulcaniche innescarono reazioni tra i gas dell'atmosfera, che forse contribuirono alla formazione di sostanze più complesse, tra cui molecole che avrebbero dato luogo a composti organici; trascinate dalle piogge, queste sostanze finirono negli oceani, dove si ipotizza che possano essersi sviluppate le prime forme di vita (**fig. 1**).

Origine della vita: dalle prime molecole organiche alle prime cellule.

Prima della comparsa degli esseri viventi, la Terra era ricoperta da mari e da continenti costituiti da rocce, sabbia e argilla, e non esistevano ancora sostanze organiche "specializzate", cioè quelle basate sugli atomi di carbonio, che sono i costituenti della materia vivente, come gli zuccheri, le proteine, i grassi e gli acidi nucleici.

Il nostro pianeta allora poteva offrire solo un assortimento di materiali semplici, come sali minerali, acqua e varie sostanze gassose. Tuttavia, in quel grande laboratorio naturale che era la crosta terrestre, a partire da queste "umili" materie prime, andarono a poco a poco formandosi molecole organiche sempre più elaborate e complesse, in una sorta di "evoluzione chimica".

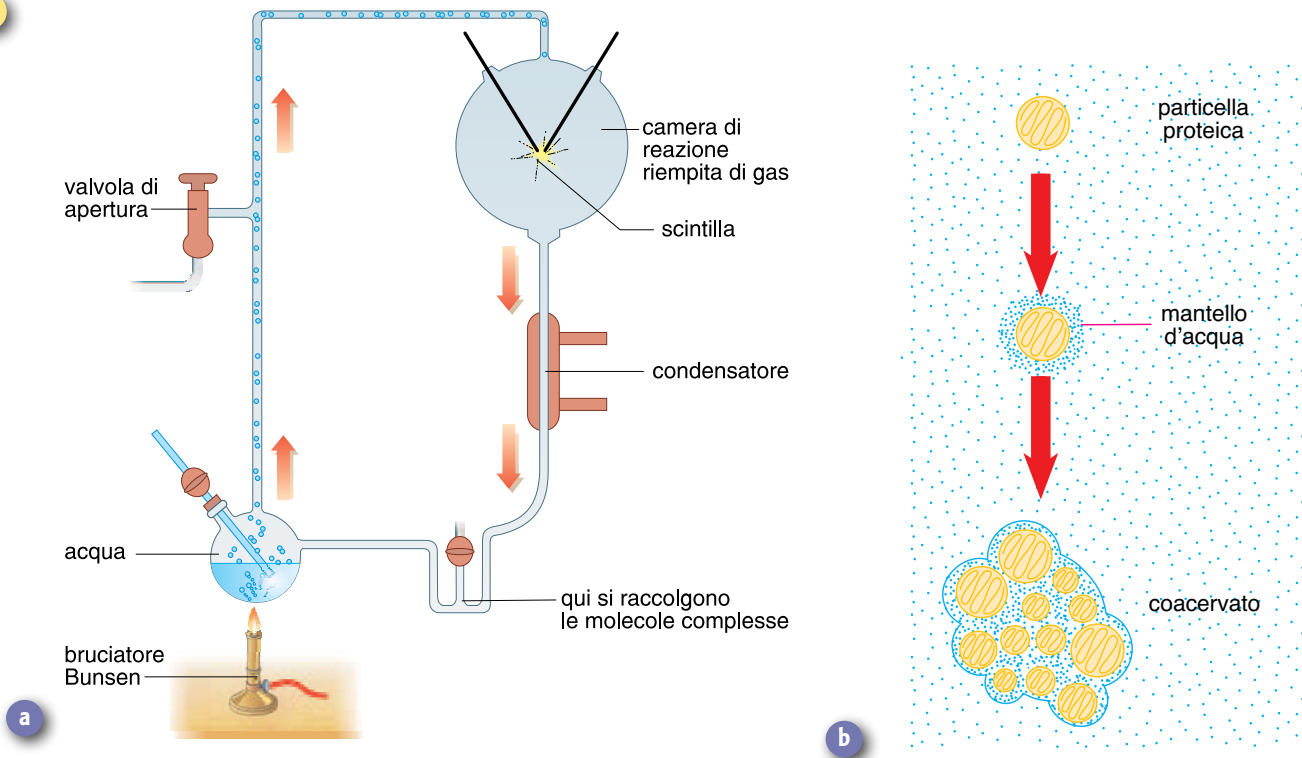
Fino a una cinquantina di anni fa non si sapeva ancora con sicurezza come ciò era potuto succedere e ancor oggi molte cose sono avvolte nel mistero. Tuttavia ora è provato, grazie a un esperimento compiuto nel 1953 dal chimico statunitense *Stanley Miller* (**fig. 2**), che certe sostanze organiche di base, come amminoacidi, zuccheri semplici e altre possono formarsi quando una miscela di acqua, gas (come metano, diossido di carbonio e ammoniaca) e probabilmente argilla, è esposta all'azione energetica dei raggi ultravioletti o delle scariche elettriche. Queste sostanze, interagendo tra loro, con il tempo si aggregarono formando molecole di maggiori dimensioni quali zuccheri complessi, proteine, grassi, acidi nucleici, ecc.



Fig. 1.

1. Ricostruzione fantastica della situazione primordiale della Terra: in questo presumibile ambiente si formarono le prime molecole organiche, che poi si aggregarono in cellule capaci di riprodursi.

2

**Fig. 2.**

a. Schema dell'esperimento di Miller. L'apparecchiatura usata era costituita da due palloni di vetro comunicanti: il primo riempito inizialmente di acqua mantenuta in ebollizione, rappresentava l'oceano primordiale; il vapore prodotto affluiva nel secondo pallone più grande, mescolandosi con ammoniaca, metano e idrogeno: la risultante miscela gassosa simulava l'atmosfera primordiale, sottoposta alla continua azione di scariche elettriche; nell'arco di pochi giorni Miller raccolse un miscuglio liquido simile all'ipotetico brodo primordiale: dopo averlo analizzato, rinvenne infatti sostanze organiche, quali acido formico, acido lattico, acido acetico, amminoacidi, urea e altre tipiche degli esseri viventi. Miller non aveva certo creato la vita, ma aveva ricreato molti "mattoni" della materia vivente. Questo esperimento, e le sue successive modificazioni, dimostrano che proteine, acidi nucleici e altre grosse molecole organiche possono formarsi anche al di fuori delle piante e degli animali.

b. Schema della formazione di un coacervato.

**Fig. 3.**

Le masserelle che vediamo su questa roccia di circa 2 miliardi di anni fa sono probabilmente colonie di cianobatteri.

Questa mescolanza di materiale organico andò a concentrarsi, come già accennato, nei mari o in certe pozze d'acqua, finendo con il formare una mistura chiamata "brodo primordiale": in questo "ambiente" alcune molecole organiche probabilmente si aggregarono formando masserelle microscopiche, chiamate coacervati, in grado di assorbire altre sostanze, quali proteine attive come gli enzimi (fig. 2b).

L'incontro casuale di proteine e di acidi nucleici diede origine ai primi fenomeni di duplicazione molecolare: molecole complesse cominciarono a "copiare" se stesse disponendo in sequenze regolari molecole più semplici, come gli amminoacidi, presenti nel brodo primordiale. Alcune molecole di lipidi (grassi) avvolsero questi insiemi di molecole formando delle membrane lipidiche: nascevano così i primi piccolissimi sistemi quasi viventi, i protobionti.

In quel momento, forse intorno a 3,8 miliardi di anni fa, c'erano tutti gli ingredienti per formare, nei bassi fondali sotto la coltre delle acque che proteggevano dai pericolosi raggi ultravioletti, le prime strutture cellulari.

I resti fossili più antichi di organismi viventi risalgono a 3,5 miliardi di anni fa: si tratta di forme simili a batteri, con cellule prive di nucleo e in grado di vivere in assenza di ossigeno; a un certo punto, a partire da circa 3 miliardi di anni fa, cominciarono a svilupparsi batteri, simili ai cianobatteri, in grado di compiere la fotosintesi, liberando contemporaneamente ossigeno come sottoprodotto (fig. 3). Per oltre 2 miliardi di anni questi batteri furono i dominatori incontrastati dei mari; le acque si arricchirono di ossigeno e ciò determinò alcune importanti svolte: la comparsa, circa 1 miliardo di anni fa, dei primi organismi unicellulari formati da cellule dotate di nucleo più grandi e complesse di quelle batteriche; il graduale arricchimento dell'atmosfera in ossigeno. Quest'ultimo fatto ebbe a sua volta un'importantissima conseguenza: la formazione di uno strato di ozono nell'alta atmosfera in grado di schermare i micidiali raggi ultravioletti; ciò permise per la prima volta ad alcuni organismi di vivere fuori dall'acqua e di iniziare la conquista delle terre emerse.

Circa 700 milioni di anni fa, ci fu un'altra grande svolta: la comparsa di organismi pluricellulari, cioè formati dall'unione di più cellule, delle dimensioni di un millimetro, di un centimetro o anche molto di più, che ci hanno lasciato resti fossili evidenti. Da questo punto in poi le forme di vita "esplosero" in una grande varietà e quantità di organismi di tutti i tipi: protisti, animali, funghi e piante, gli antenati di tutti gli organismi viventi che popoleranno la Terra fino ai nostri giorni.

Era Paleozoica o Primaria (da 570 a 245 milioni di anni fa)

All'inizio dell'Era le masse continentali erano suddivise in cinque blocchi che in seguito entrarono più volte in collisione determinando la formazione di alcune catene montuose, come la catena degli Urali (Russia) e dei monti Appalachi in Nordamerica.

L'inizio dell'Era Paleozoica coincide con la comparsa "improvvisa" di organismi dotati di guscio, come i trilobiti e i molluschi, le spugne, i foraminiferi e gli echinodermi. Di grande interesse si è rivelata la fauna fossile rinvenuta in Canada, nella formazione di Burgess (530 milioni di anni fa), costituita da organismi pluricellulari molto differenziati e complessi.

In questa Era comparvero anche i primi vertebrati, rappresentati da pesci primitivi corazzati (fig. 4), da cui derivarono in seguito pesci a scheletro osseo.



Fig. 4.
Ricostruzione di un pesce corazzato, *Dinichtys*, vissuto nel periodo Deviano. Aveva dimensioni gigantesche.

Nel frattempo, la maggiore quantità di ossigeno nell'atmosfera consentì la prima colonizzazione delle terre emerse da parte di alghe e successivamente di piante terrestri, come muschi e felci, e da parte dei primi animali terrestri, tra cui gli insetti e i primi anfibi (fig. 5).

Verso la fine dell'era Paleozoica, nel periodo Carbonifero, si svilupparono grandi foreste di felci arboree oltre che di piante più complesse come le conifere, dalla cui fossilizzazione si originarono imponenti depositi di carbone; nello stesso periodo comparvero i primi rettili.

Era Mesozoica o Secondaria (da 245 a 65 milioni di anni fa)

La Pangea iniziò a frammentarsi nelle due masse continentali della Laurasia a nord e Gondwana a sud, con la graduale apertura dell'oceano Atlantico; si accrebbero le Ande, iniziarono a sollevarsi le Alpi e le Montagne Rocciose in Nordamerica. Gli oceani conobbero un grande sviluppo di molluschi, tra cui le ammoniti (fig. 6).



Fig. 6.
Un blocco di calcare con alcune ammoniti fossili, insieme a belemniti a forma di sigaro.



Fig. 6.
Ricostruzione di *Ichtyostega*, che si ritiene l'antenato degli odierni anfibi.

Nell'ambiente terrestre dominarono i rettili, a partire dal periodo Triassico, con la comparsa di alcuni di dimensioni imponenti, i dinosauri (fig. 7), e di altri in grado di volare, gli pterosauri. Alla fine del Triassico, da un gruppo di rettili si differenziarono i primi mammiferi. Nel Giurassico dai rettili si differenziarono i primi uccelli (fig. 8); sempre in questo periodo sulle terre emerse cominciarono a diffondersi le angiosperme, le piante dotate di fiori.

7



Fig. 7.
a. Nella foto, ricostruzione di *Carnotaurus*, un dinosauro che raggiungeva la lunghezza di 9 metri;
b. Un dente di questo rettile.

La fine dell'Era Mesozoica è segnata da una grande crisi biologica che vide la scomparsa dei dinosauri e di molte altre specie; secondo alcuni studiosi, potrebbe essere collegata a un evento geologico catastrofico, probabilmente l'impatto di un gigantesco meteorite.

Era Cenozoica o Terziaria (da 65 a 1,6 milioni di anni fa)

Durante questa Era i continenti arrivarono ad assumere la posizione attuale. Si concluse la formazione delle Alpi e si formò l'Himalaya in seguito alla collisione dell'India con il continente asiatico. Si completò il sollevamento delle Ande.

Nell'Era Cenozoica si assisté alla comparsa e allo sviluppo di specie animali e vegetali che oggi popolano la superficie terrestre. Dopo l'estinzione dei grandi rettili, si ebbe un grande sviluppo degli uccelli e soprattutto l'“esplosione” evolutiva dei mammiferi, caratterizzata dallo sviluppo del cervello, che in alcuni gruppi, come quello dei primati, raggiunse dimensioni notevoli. Appartengono a questo gruppo gli antenati della specie umana, gli ominidi, tra cui gli Australopithecus che comparvero circa 4,2 milioni di anni fa (fig. 9).



Fig. 8.
a. Fossile di *Archaeopteryx*.
b. Ipotesica ricostruzione di un *Archaeopteryx*: è considerato il precursore degli uccelli, anche se conservava alcune caratteristiche tipiche dei rettili.

8



Era Neozoica o Quaternaria (da 1,6 milioni di anni fa a oggi)

Si alternarono più volte fasi climatiche fredde con estese glaciazioni e fasi di maggiore riscaldamento (periodi interglaciali). Durante le glaciazioni il livello del mare si abbassò sensibilmente, mentre l'opposto accadde durante la fusione dei ghiacci, nei periodi interglaciali.

L'alternarsi di fasi glaciali e interglaciali influenzò la distribuzione degli organismi, determinando grandi spostamenti di specie animali. Nell'Era Neozoica si completò l'evoluzione dell'uomo; il suo inizio, 1,6 milioni di anni fa, segnò la comparsa dell'*Homo erectus*, da cui si è originato l'*Homo sapiens*, la specie a cui apparteniamo.

9

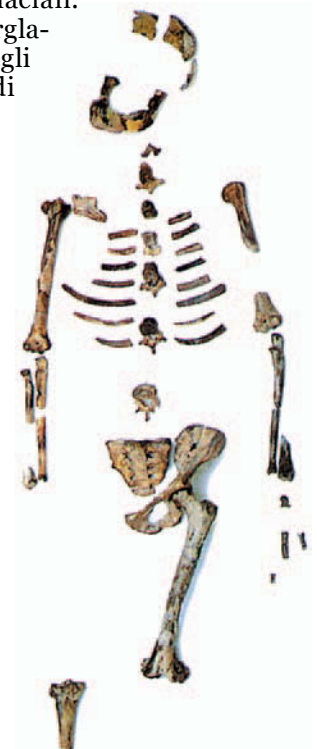


Fig. 9.
Lo scheletro di Lucy, una “fanciulla” nostra antichissima antenata, appartenente al genere *Australopithecus afarensis*. Lo scheletro risale a oltre 3 milioni di anni fa e fu rinvenuto in Etiopia nel 1974.