

LE PRIME FORME VIVENTI: PROCARIOTI E STROMATOLITI

Abbiamo visto in precedenti articoli quali "l'origine della vita sulla Terra", "l'ipotesi del mondo ad RNA" e, nello spazio *Notizie e Curiosità*, "L'origine cosmica degli acidi nucleici" e "teoria del mondo a ferro-zolfo" come può essere cominciata la vita sulla terra dai precursori primordiali. Ora facciamo un salto avanti, oltre i protobionti, ed andiamo ad analizzare quei primitivi organismi che possono considerarsi esseri viventi a tutti gli effetti, almeno per come noi intendiamo il concetto di vita.

Procarioti

Il procariote è un organismo protocellulare poco differenziato, privo di scomparti interni delimitati da membrana.

Il DNA nucleare è nudo ed è costituito da un unico filamento raggomitolato su se stesso.

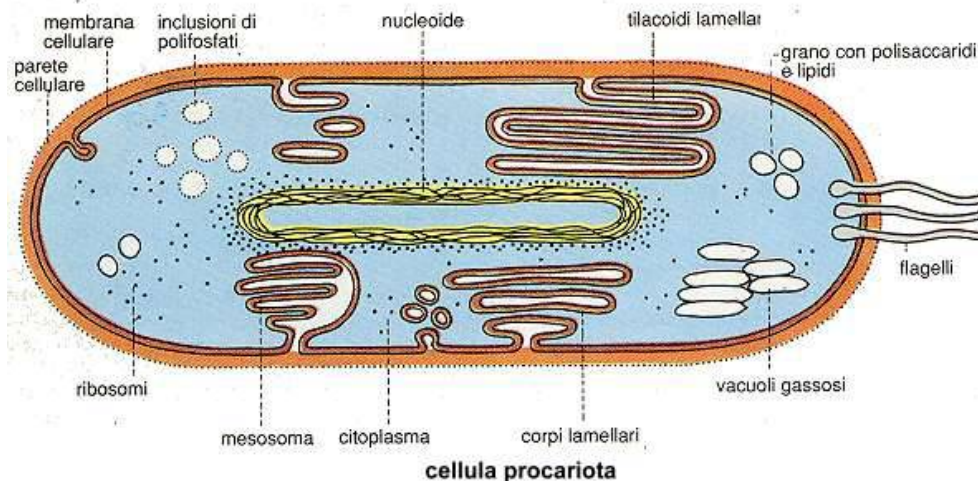
La riproduzione è agamica, per semplice scissione.

Comparsa: circa 4 mld di anni (inizio della vita).

Esempi: batteri e calcimicrobi.

Gli organismi procarioti non possiedono mitocondri, nè cloroplasti, nè altri organuli.

Possiedono solo ribosomi, necessari per la sintesi proteica.



Possono avere metabolismo di vario tipo: gli autotrofi sono in grado di produrre autonomamente le sostanze energetiche (glucosio); gli eterotrofi prelevano, invece, le sostanze energetiche dall'ambiente esterno.

I procarioti sono inquadrati nel Regno Monera, e vengono distinti in batteri e cianobatteri (tra cui calcimicrobi). Entrambi sono fotosintetici e possiedono la clorofilla A, come nelle piante.

Da non confondere assolutamente Procarioti con Protisti. I protisti (o protoctisti) sono un gruppo eterogeneo e polifiletico di organismi, che comprendono quegli eucarioti che non sono considerati né animali né piante o funghi.

Fra i batteri attualmente viventi, gli archeobatteri, particolarmente primordiali, sono ritenuti la forma più simile ai primi organismi apparsi sulla Terra.

Gli archeobatteri sono molto diversi, dal punto di vista biochimico, sia da altri procarioti (eubatteri) sia dagli eucarioti. In particolare sono diverse la composizione della membrana cellulare, oltre alle caratteristiche dell'RNA ribosomale. Possiedono un metabolismo

particolare, in base al quale producono metano, partendo da anidride carbonica e idrogeno, gas molto abbondanti nella atmosfera primitiva.

Vivono in condizioni ambientali simili a quelle che si suppone esistessero all'origine della Terra.

Si possono distinguere: i metanobatteri, viventi nel fondo marino e nei fanghi marcescenti; gli alobatteri, viventi in acque salate molto concentrate; i termoacidofili, viventi in prossimità delle sorgenti termali, acide e calde.

Quale poteva essere il metabolismo dei primi organismi?

Sicuramente erano anaerobi, cioè non utilizzavano ossigeno, assente nei primordi dell'atmosfera terrestre.

Questa la reazione che avveniva:



che significa: 6 molecole di biossido di carbonio (anidride carbonica) e 12 di acido solfidrico vengono trasformate in una di glucosio, 6 di acqua e 12 atomi di zolfo.

La comparsa della fotosintesi si verificò sicuramente in una fase molto precoce, come suggerito dai ritrovamenti di stromatoliti risalenti a 3.5 miliardi di anni.

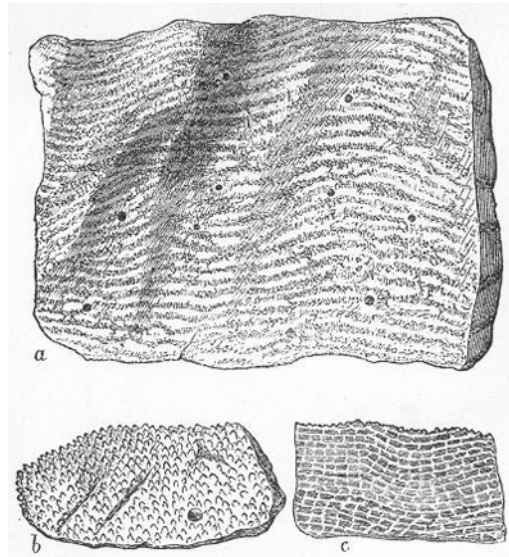
In tal caso la reazione è la seguente:



ovvero 6 molecole di biossido di carbonio (anidride carbonica) e 12 di acqua vengono trasformate in una di glucosio, 6 di acqua e 6 di ossigeno molecolare.

Stromatoliti e microbialiti

Con il termine piattaforma carbonatica s'intende, in sedimentologia e in biologia, un'area situata in ambiente marino o lacustre, caratterizzata da un rilievo topografico più o meno accentuato e da un'elevata produzione di materiale carbonatico autoctono di origine prevalentemente biogenica, derivato dall'accumulo di parti dure di organismi a scheletro calcareo oppure dalla precipitazione di carbonato indotta dall'attività di organismi viventi.



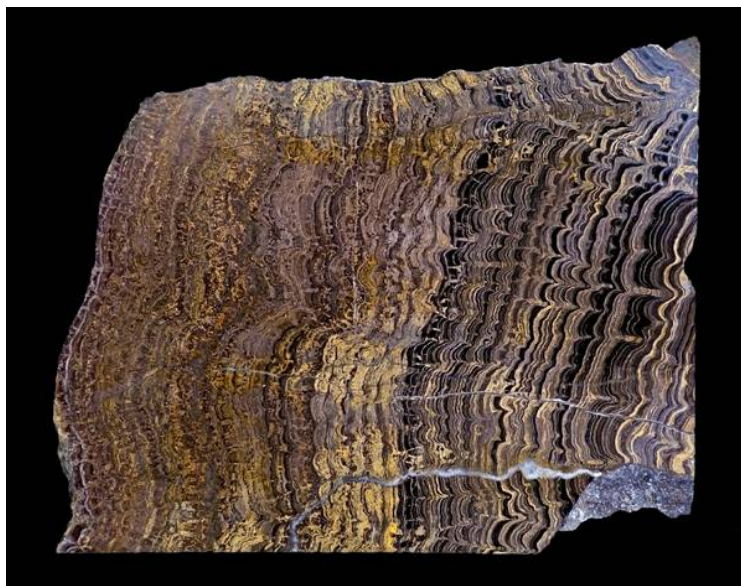
Esempi di piattaforme carbonatiche

Facies di piattaforma carbonatica sono conosciute fin dal Proterozoico inferiore (circa due miliardi di anni fa), e si sono sviluppate per tutta la successiva storia biologica, con periodi di grande diffusione e periodi di crisi con riduzione estrema o addirittura scomparsa delle

comunità relative, che tuttavia si sono sempre riprese e nuovamente differenziate, a testimonianza della ricchezza e vitalità di questi ambienti.

Nel passato geologico sono conosciuti molteplici esempi di piattaforme carbonatiche composte totalmente o quasi da fango carbonatico (micrite). La genesi di queste bio-costruzioni è stata a lungo e accanitamente dibattuta dai geologi. Ora è largamente accettato dai ricercatori che siano di origine batterica. La micrite che compone queste piattaforme deriva da sedimento litificato durante o appena dopo la formazione piuttosto che dopo il seppellimento, per precipitazione indotta biologicamente dall'attività batterica. Questo tipo di facies non va confuso con le facies stromatolitiche, caratterizzate da alternanze di lamine di origine algale, anche se le due facies possono coesistere nella stessa piattaforma. Le facies di piattaforma micritica sono caratterizzate dall'assenza di strutture di origine sedimentaria o biologica (anche se vi possono essere strutture concentriche o laminari derivate dalla precipitazione abiotica di cementi carbonatici). Queste bio-costruzioni sono sostanzialmente diverse da quelle derivate da organismi gregari o coloniali. Le comunità biologiche che danno origine a queste piattaforme sembrano crescere in acque meno ossigenate e con un maggiore contenuto di nutrienti rispetto agli altri tipi di piattaforma. Piattaforme micritiche sono conosciute fin dal Paleozoico e frequenti fino a tutto il Mesozoico: sono comuni soprattutto nel Paleozoico Superiore (in particolare nel Carbonifero e nel Permiano) e in tutto il Triassico.

Le stromatoliti (dal greco stroma, tappeto, coperta e lithos, pietra) sono invece strutture rocciose sedimentarie, dall'aspetto striato per sottili bande alterne scure e chiare, appartenenti al gruppo dei calcari non particellari biocostruiti, finemente laminate dovute alla presenza di materiali depositati dall'attività metabolica di microrganismi fotosintetici bentonici come procarioti (ad esempio calcimicrobi simili agli attuali cianobatteri) e anche microscopiche alghe eucariotiche. Sono state fra le maggiori responsabili per la presenza di ossigeno nell'atmosfera terrestre e sono state l'organismo che ha dominato la terra per quasi tre miliardi di anni.



stromatolite fossile

Con la comparsa della fotosintesi, l'ossigeno iniziò ad accumularsi nell'atmosfera terrestre e questo processo determinò almeno due importanti conseguenze:

- la nascita del metabolismo aerobico, cioè la respirazione cellulare;

- la formazione dello strato di ozono, che protegge i viventi dalle radiazioni ultraviolette provenienti dal Sole.

Attualmente l'ossigeno costituisce il 21% dell'atmosfera e si ritiene che circa 2 miliardi di anni fa abbia raggiunto una concentrazione pari all'1%, precedendo la comparsa dei primi eucarioti e consentendo loro di sviluppare un metabolismo eucariotico.

Le più antiche piattaforme carbonatiche conosciute, del Paleoproterozoico, sono formate da incrostazioni stromatolitiche prodotte da cianobatteri. Si trattava probabilmente di biofilm batterici che potevano "fissare" il carbonato di calcio e intrappolavano il sedimento fine prodotto dall'azione erosiva degli agenti atmosferici sulla piattaforma stessa. Le stromatoliti tipiche sono composte da sottili lamine (da millimetriche a centimetriche) di fango carbonatico chiaro (trasformato in micrite nelle stromatoliti fossili), alternate a lamine scure ricche di materia organica (derivata dall'attività dei tappeti algali). Altri tipi di strutture, definite tromboliti (microbialiti di origine batterica), sono esteriormente abbastanza simili alle stromatoliti ma hanno una struttura interna non laminata, a celle, molto irregolare. Si tratta sempre di strutture di accrezione derivate dall'attività di alghe e batteri che tendono a fissare il sedimento mediante biofilm e mucillagini. Le tromboliti danno origine più frequentemente a biocostruzioni sviluppate in altezza (a pinnacolo), e sono meno legate a contesti di acqua bassa. Alcuni di questi edifici erano di dimensioni notevoli (fino ad alcune centinaia di metri di spessore e chilometri in lunghezza). Non vi sono metazoi conservati in questi sedimenti. L'ecologia di queste "factory" era probabilmente molto semplice.



tromboliti (Australia)

In sedimenti di piattaforma carbonatica del tardo Neoproterozoico della Namibia, sono state recentemente rinvenute strutture di origine biologica interpretate come metazoi *incertae sedis* (poriferi o celenterati?), e riferiti al genere *Namapoikea*. Si tratta probabilmente di organismi coloniali: masse di forma irregolare, incrostanti, con una struttura interna tubolare, sicuramente mineralizzate (calcaree), che colonizzavano prevalentemente fessure naturali entro il corpo della piattaforma. La presenza di queste

strutture nella piattaforma tardo-proterozoiche sembra indicare un habitat ecologicamente più complesso, in cui probabilmente poteva trovare rifugio anche una fauna a corpo molle già differenziata (paragonabile forse, in altro ambiente, a quella ediacariana coeva).

Con la radiazione adattativa dei metazoi avvenuta nel Cambriano Inferiore, compare un nuovo tipo di piattaforma: le facies stromatolitiche vengono invase da organismi esteriormente simili a spugne, gli archeociati. Questi organismi, dotati di uno scheletro calcareo di forma conica, formavano piccole bio-costruzioni "patch" e tappeti sulla sommità delle piattaforme a stromatoliti.

Con la fine del Cambriano Medio e l'estinzione degli archeociati non vi furono più (almeno dal materiale fossile attualmente disponibile) bio-costruzioni animali ma solo piattaforme stromatolitiche per circa 60 milioni di anni. Dall'Ordoviciano Medio, la comparsa e la rapida differenziazione degli stromatoporoidi (probabilmente spugne calcaree), dei tetracoralli e delle alghe rosse portò allo sviluppo di bio-costruzioni e piattaforme carbonatiche molto più differenziate e con tratti maggiormente simili alle attuali, con veri e propri complessi di reef. Nel periodo tra l'Ordoviciano superiore e il Devoniano le comunità di piattaforma si differenziano notevolmente, attraendo molti altri gruppi faunistico-floristici: trilobiti e altri artropodi, brachiopodi, molluschi, echinodermi (soprattutto crinoidi), briozoi, alghe non bio-costruttrici.

Queste piattaforme tuttavia subiscono pesantemente la crisi biologica tardo devoniana (transizione Frasniano-Famenniano), e le successive piattaforme del Carbonifero e del Permiano sono ancora principalmente micritiche e stromatolitiche: i coralli e gli stromatoporoidi sono ancora diffusi ma non giocano un ruolo importante nella loro costruzione. Le comunità di piattaforma sono tuttavia ancora ben differenziate, con i brachiopodi come organismi animali non-costruttori dominanti.



tetracorallo



esacorallo

La grande crisi biologica alla transizione tra Permiano e Triassico provoca l'estinzione della maggior parte dei taxa paleozoici (in particolare i tetracoralli) e la scomparsa delle facies di piattaforma carbonatica, che riprendono solo nel Triassico Medio e più decisamente nel Triassico Superiore. Le piattaforme triassiche sono però ancora prevalentemente di origine batterico-algale, e le facies bio-costruite a coralli (intanto sono comparsi gli esacoralli, a sostituire gli estinti tetracoralli) sono ancora poco sviluppate. Un tratto caratteristico delle piattaforme di questo periodo sono grandi bivalvi,

(Megalodontacea) con una caratteristica conchiglia a forma di cuneo, che ne popolavano le acque basse delle lagune interne.

Le piattaforme carbonatiche a coralli e alghe riprendono a fiorire nel Giurassico e nel Cretaceo. In quest'ultimo periodo si sviluppano anche edifici bio-costruiti molto peculiari, caratterizzati da bivalvi di forma tendenzialmente conica per lo sviluppo di una sola delle valve: le rudiste, che si estinguono nella crisi biologica tra Cretaceo e Terziario.

Nel Terziario, complessivamente si assiste ad un lento declino delle scogliere a coralli, ora molto più ristrette arealmente che nel passato.

In questa riduzione hanno probabilmente giocato sia un progressivo raffreddamento del clima che una graduale variazione nella distribuzione delle terre emerse, con la frammentazione e la scomparsa dell'oceano della Tetide (prevalentemente orientato est-ovest a latitudini tropico-equatoriali), sostituito da domini oceanici rivolti prevalentemente nord-sud. Le alghe calcaree (sia verdi che rosse) tendono a divenire tra i più importanti organismi biocostruttori, soprattutto dal Miocene. Compaiono i vermetidi, che divengono biocostruttori significativi soprattutto alle medie e alte latitudini.