

Introduzione alla Biologia Marina

GLI ESSERI VIVENTI

NELLE ERE GEOLOGICHE

DEFINIZIONE DI ESSERE VIVENTE

Un organismo vivente è un' **entità biologica più o meno complessa dotata di vita**.

Di conseguenza, gli organismi viventi rientrano nel campo d'interesse della biologia (dal greco βιολογία, composto da *bios* = vita e *lògos* = luogo, ma in questo caso significante studio), che è quella branca della scienza che si occupa di esaminare e approfondire tutto ciò che riguarda la vita.

Per essere dotato di vita, un organismo vivente deve essere in grado di svolgere le seguenti funzioni:

- 1) **nascere**, ovvero deve essere possibile individuare un momento o un ben precisato periodo in cui un organismo inizia a esistere e, quindi, a poter essere considerato vivente
- 2) **nutrirsi**, ovvero il suddetto organismo deve essere in grado di ricavare dall'ambiente massa ed energia per poter svolgere al meglio tutte le sue attività fisiologiche, tra le quali:
- 3) **crescere**, ovvero nutrendosi dopo la nascita, l'organismo vivente deve evidenziare un progressivo accrescimento delle sue dimensioni corporee, che lo porta a passare dallo stadio giovanile a quello adulto
- 4) **interagire con l'ambiente**, ovvero deve saper reagire agli stimoli, avere azioni di offesa-difesa, spostarsi nello spazio, avere rapporti con i suoi simili e con altri esseri viventi (predazione, simbiosi, parassitismo...ecc)
- 5) **riprodursi**, ovvero deve essere in grado di duplicare il suo stesso corpo per via sessuata o asessuata, in modo da trasmettere i propri caratteri genetici alla sua progenie e perpetuare la sua specie nello spazio-tempo
- 6) **morire**, ovvero cessare ogni attività precedente e subire decomposizione corporea

Attualmente, in base alla complessità della loro organizzazione corporea, al loro metabolismo eterotrofo o autotrofo e al loro livello evolutivo, gli esseri viventi vengono suddivisi in **2 domini** e **5 regni** principali (vedi Elementi di Sistematica), anche se alcuni autori ricorrono a un **6° regno per classificare i virus** mentre altri non li considerano esseri viventi veri e propri:

d o m i n i o	r e g n o
PROCARIOTI	VIRA
	MONERA
EUCARIOTI	PROTISTA
	FUNGI
	VEGETALIA
	ANIMALIA

procarioti	esseri unicellulari dotati di cellula primitiva mancante di vari organuli citoplasmatici, il cui genoma non è racchiuso in un nucleo delimitato da membrana
eucarioti	esseri unicellulari e pluricellulari dotati di cellula evoluta e completa, il cui genoma è racchiuso in un ben definito nucleo delimitato da membrana
vira	si tratta di organismi sub-cellulari, ovvero che non dispongono di una struttura cellulare propria poichè sono composti solo da acidi nucleici (DNA o RNA) e supporti protettivi; pertanto, sino a quando non entrano nella cellula di un ospite, i virus si trovano in fase latente, passando in fase attiva (o infettiva) solo quando possono utilizzare gli organuli cellulari dell'ospite per sintetizzare le proteine virali che servono loro per vivere e riprodursi, comportandosi da veri e propri parassiti
monera	<i>esseri unicellulari</i> o coloniali dotati di cellula di tipo <i>procariota</i> 1) batteri 2) cianobatteri (un tempo denominati cianoficee o alghe azzurre)

protista	<i>esseri unicellulari</i> dotati di cellula <i>eucariota</i> 1) protozoi 2) alghe unicellulari e 3) miceti inferiori <i>esseri pluricellulari</i> dotati di cellule <i>eucariota</i> ma non ancora ben differenziate in tessuti 4) alghe pluricellulari 5) licheni
funghi	<i>esseri pluricellulari</i> dotati di cellule <i>eucariota</i> non ancora ben differenziate in tessuti (struttura a tallo) che non sono classificabili <i>nè tra i vegetali</i> (sono eterotrofi mancando di clorofilla e sono privi di vasi conduttori della linfa) <i>né tra gli animali</i> (sono immobili e si riproducono mediante spore, e non passando attraverso uno stadio embrionale come avviene invece per piante e animali)
vegetalia	pluricellulari immobili con cellule eucariote organizzate in tessuti (struttura superiore al tallo, almeno di tipo proto-cormoide) e dotate di plastidi contenenti clorofilla che consente loro di usufruire di <i>nutrizione autotrofica</i> basata sulla fotosintesi clorofilliana
animalia	pluricellulari mobili (almeno in una fase del ciclo) con cellule eucariote organizzate in tessuti ma incapaci di autotrofismo (<i>organismi eterotrofi</i>)

LO SVILUPPO DELLA VITA NELLE ERE GEOLOGICHE

Secondo le teorie attuali, l'universo si sarebbe originato in seguito al cosiddetto Big Bang una ventina di miliardi di anni fa, mentre la nostra galassia avrebbe iniziato a formarsi intorno ai 10 miliardi di anni fa.

In base a ricerche condotte sulle trasformazioni geologiche subite dalle rocce terrestri e a studi paleontologici relativi ai fossili di organismi animali e vegetali, il nostro pianeta avrebbe circa 4,5 miliardi di anni e la sua cronologia viene generalmente suddivisa utilizzando le seguenti categorie temporali:

EONI	L'eone è la categoria di rango superiore tra quelle in cui si può ripartire la scala del tempo ed è a sua volta suddiviso in ere; normalmente, il limite temporale tra un eone e quello successivo viene definito da cambiamenti fondamentali nella storia degli esseri viventi
ERE	L'era è la categoria principale tra quelle facenti parte della scala del tempo ed è a sua volta suddivisibile in periodi; con era si intende un intervallo temporale superiore al milione di anni che è compreso, almeno per ciò che riguarda le ere più recenti, tra due grandi estinzioni di massa
PERIODI	il periodo è una delle ripartizioni di un'era i cui limiti temporali sono definiti dall'estinzione di alcuni grandi ordini del regno animale; i periodi si dividono in epoche
EPOCHE	l'epoca è una delle ripartizioni di un periodo i cui limiti temporali sono definiti da importanti cambiamenti negli organismi superiori; a loro volta le epoche sono state poi divise in età, dopo la comparsa dell'uomo

Scendendo più in dettaglio, la cronologia della storia della Terra può essere così riassunta:

E O N E	D U R A T A	E R A	P E R I O D O
ADEANO	da 4,5 a 3,8 miliardi di anni fa	non diviso in ere	non diviso in periodi
ARCHEANO	da 3,8 a 2,5 miliardi di anni fa	Paleoarcheano	non diviso in periodi
		Mesoarcheano	non diviso in periodi
		Neoarcheano	non diviso in periodi
PROTEROZOICO	da 2,5 miliardi a 545 milioni di anni fa	Paleoproterozoico	Sideriano
			Rhyaciano
			Orosiriano
			Statheriano
		Mesoproterozoico	Calymmiano
			Ectasiano
			Steniano
		Neoproterozoico	Toniano
			Cryogeniano
			Ediacarano

FANEROZOICO	da 545 milioni di anni fa a oggi	Paleozoico era primaria	Cambriano
			Ordoviciano
			Siluriano
			Devoniano
			Carbonifero
			Permiano
FANEROZOICO	da 545 milioni di anni fa a oggi	Mesozoico era secondaria	Triassico
			Giurassico
			Cretaceo
		Cenozoico era terziaria	Paleocene
			Eocene
			Oligocene
			Miocene
			Pliocene
		Neozoico era quaternaria	Pleistocene
			Olocene

I primi tre eoni fanno parte del supereone **Precambriano** (che molti ricercatori considerano però solo come un'era e, di conseguenza, come periodi l'Adeano, l'Archeano e il Protozoico), che corrisponde a quel lasso di tempo che va dalla formazione della Terra (**4,5 miliardi di anni fa**) all'inizio del periodo Cambriano dell'era Paleozoica (**545 milioni di anni fa**). Il precambriano è contrassegnato dalla grande esplosione della vita unicellulare e dai primi tentativi di sviluppo di quella pluricellulare (che si affermerà poi nel successivo cambriano) e, dal punto di vista biologico-evolutivo, gli avvenimenti fondamentali di questo eone sono i seguenti:

1) nell'ambito di ogni galassia originatasi dal Big Bang i granelli di polvere cosmica collidono e si aggregano tra loro originando i **planetesimi** (**masse di polvere cosmica del diametro di almeno 1 km**), che a loro volta si uniscono in masse sempre più grandi per attrazione gravitazionale dando vita ai **proto-pianeti**

2) nella nostra galassia, la proto-Terra si è formata nel corso dell'eone Adeano circa 4,5 miliardi di anni e si trovava inizialmente in condizioni fluido-incandescenti (**Adeano = infernale**); nel corso dell'eone considerato si è raffredda sempre più, con conseguente formazione all'inizio dell'Archeano (circa 3,8 miliardi di anni fa) della **prima crosta terrestre** anche se ancora semisolida (che galleggiava sul magma di fuoco che premeva verso l'alto, originando fratture e vulcani) e, in seguito, delle **prime vere e proprie rocce**

3) le esalazione gassose emesse dai vulcani nel corso del suddetto raffreddamento originano l'**atmosfera primordiale** del nostro pianeta principalmente composta da **metano, NH₃, H, N₂ e vapore acqueo** che - essendo molto densa ed esercitante una forte pressione (**intorno ai 100 bar, cioè 100 volte quella attuale**) - inizialmente oscurava la Terra con una spessa cappa di nubi ardenti

4) il costante procedere nel raffreddamento dell'ambiente terrestre favorisce la formazione delle **prime piogge** per condensazione del vapore acqueo presente nell'atmosfera primordiale (condensazione avvenuta a $T > 100^\circ$ a motivo dell'elevata pressione atmosferica), piogge che inizialmente evaporavano non appena giunte in prossimità del suolo a motivo della sua elevatissima temperatura e, poi, ricadevano nuovamente sulla Terra provocando nubifragi e tempeste di inaudite proporzioni

5) in seguito al protrarsi per milioni di anni di queste piogge, la superficie del pianeta raggiunge la giusta temperatura per permettere all'acqua di depositarsi al suolo senza evaporare immediatamente e formare, nelle depressioni, i **primi mari e oceani** caldi e poco profondi e, nelle zone più elevate delle terre emerse, i **primi laghi e fiumi** che confluiscono nei mari, con il conseguente progressivo stabilirsi del **normale ciclo dell'acqua**

6) con il fermarsi dell'acqua sulla superficie della Terra in aree ben delimitate **nasce la vita**, dato che i bacini marini hanno costituito un ambiente favorevole all'incontro delle sostanze che stanno alla base dell'esistenza sul nostro pianeta. Infatti, grazie alle piogge, nei mari sono confluite sostanze provenienti dalle emissioni gassose disperse nell'atmosfera dai vulcani, mentre gli scarichi fluviali vi hanno convogliato anche materiali di origine continentale scaturiti dall'erosione del terreno, per cui l'oceano primordiale d'inizio Archeano può essere definito come una sorta di soluzione acquosa di molteplici sostanze di svariata natura e fortemente instabili.

Queste sostanze, grazie all'enorme energia fornita loro dalla radiazione ultravioletta proveniente dal sole e dai grandi fulmini tipici delle frequenti tempeste dell'epoca (**teoria di Stanley e Miller**), si sono più volte scisse, legate e poi nuovamente scisse in atomi e molecole per costituire dei nuovi composti, i quali hanno iniziato a interagire tra di loro dando il via a una serie di complessi processi chimici, il cui risultato finale è stato quello di costituire

sostanze organiche mediante attività non biologiche. Nei mari dell'Archeano, quindi, approssimativamente intorno ai 3,7 miliardi di anni fa, si sono formati i primi **aminoacidi** e i primi **nucleotidi**, dai quali sono poi derivati le **proteine** e gli **acidi nucleici**, ovvero il passo fondamentale nel cammino che conduce all'origine della vita, per cui gli oceani di quell'epoca sono stati definiti come il **brodo primordiale dell'esistenza**, dato che in essi era contenuto come in una sorta di "minestrone" tutto ciò che serviva alla nascita degli esseri viventi (anche se mancano prove definitive, **si pensa che il primo acido nucleico a formarsi sia stato l'RNA** e che grazie all'attività di sintesi proteica svolta dai primi batteri procarioti – da cui si ritiene siano derivati i ribosomi degli organismi pluricellulari - sia poi scaturito il DNA). E così, dopo un'infinità di tentativi falliti o mal riusciti di unione tra aminoacidi e nucleotidi, circa 3,6 miliardi di anni fa si sono formati nei mari archeani i primi **coacervati** (termine che significa "ammucchiato") detti anche **protobionti**, cioè le prime strutture complesse (le prime cellule) costituite da aggregazioni dei suddetti elementi chimici cui può essere ragionevolmente dato l'appellativo di "viventi". Infatti, come rivelano i fossili dei microrganismi databili nell'eone Archeano, i protobionti avevano l'aspetto di microscopici batteri, si nutrivano in modo eterotrofo (cioè assumendo sostanza organica dall'ambiente) e, possedendo rudimentali acidi nucleici, erano anche in gado di riprodursi (i coacervati si sono formati a profondità superiori ai 10 metri perché a quel livello non potevano essere "bruciati" dalle radiazioni ultraviolette che, mancando ancora l'ozono, impedivano la comparsa della vita nell'emerso e limitavano la possibilità di quella marina a zone non superficiali). Dato il breve tempo intercorso tra la nascita della Terra (4,5 miliardi di anni fa) e la comparsa della vita su di essa (3,6 miliardi di anni fa) qualcuno ha addirittura ipotizzato i microrganismi da cui tutto è partito vi siano stati portati da forme extra-terrestri o che vi siano arrivati "per caduta" dal cosmo. In ogni caso l'evoluzione dai coacervati/protobionti ai primi sviluppi degli organismi pluricellulari può essere schematicamente riassunta nel modo seguente:

PERIODI	ANNI FA	FASI DI DIFFUSIONE & EVOLUZIONE DELLA VITA
Archeano	3,6 miliardi	1- l'energia dei fulmini e la radiazione solare agiscono sui mari 2- si formano nuovi tipi di atomi e molecole, tra cui gli aminoacidi 3- queste sostanze si aggregano e si formano i coacervati/protobionti * si forma il supercontinente Vaalbara
	3,5 miliardi	dai coacervati/protobionti si evolvono i batteri , che inizialmente sono organismi procarioti , eterotrofi e anaerobi
	3,0 miliardi	dai batteri eterotrofi si evolvono i batteri autotrofi, che inizialmente sono organismi procarioti chemiosintetici e anaerobi
	2,7 miliardi	dai batteri autotrofi si evolvono i cianobatteri , organismi procarioti anaerobi dotati di proteoclorofille e, quindi, in gado di operare la fotosintesi clorofilliana e produrre ossigeno, che inizia anche a diffondere nell'atmosfera
Proterozoico	2.4 miliardi	l'ossigenazione del mare è sufficiente all'evoluzione dei procarioti aerobi , per cui molti batteri e cianoficee si specializzano a vivere in presenza di O ₂
	2,0 miliardi	si evolvono i batteri eucarioti (oggi esistono solo batteri procarioti), sia di tipo aerobio che anaerobio, sia eterotrofi che autotrofi (con batterioclorofille)
	1,5 miliardi	1- dai batteri eucarioti eterotrofi si differenziano i protozoi e da questi i primi funghi unicellulari (probabilmente i primi colonizzatori delle terre emerse) 2- dai batteri eucarioti autotrofi si differenziano organismi con caratteristiche intermedie e di transizione tra i protozoi eterotrofi e i cianobatteri autotrofi: sono i precursori delle alge unicellulari dotate di vera clorofilla ; la produzione di ossigeno aumenta molto e gran parte diffonde nell'atmosfera dove, colpito dalle UV solari, inizia a sviluppare ozono * 1.300 m di anni fa si forma il supercontinente Rodinia
	700 milioni	si formano i primordi degli organismi pluricellulari (<i>placozoi</i> e <i>mesozoi</i>) mediante aggregazioni più o meno riuscite di vari tipi di unicellulari
	630 -545 milioni	l' atmosfera è quasi simile a quella attuale , si formano i primi organismi pluricellulari veri e propri , che si sviluppano in tre modi principali: 1- ammassi sferici internamente cavi, da cui deriveranno le spugne 2- forme medusoidi singole e coloniali , da cui si origineranno i celenterati 3- individui vermiformi precursori dei plattelminti, da cui si evolveranno in seguito anellidi, molluschi e artropodi * 560 milioni di anni fa si forma il supercontinente Pannotia

Considerando l'enorme e rapido successo evolutivo che gli organismi unicellulari hanno avuto nella storia del nostro pianeta, arrivando a dominare i mari del Proterozoico con cianobatteri, batteri, protozoi e alghe, la domanda che nasce spontanea è: come mai questi microrganismi si sono evoluti nei pluricellulari ?

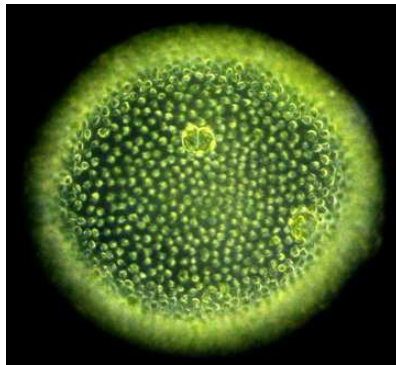
Esistono molte teorie e interpretazioni in proposito, ma una delle più accreditate è quella dell'**ipotesi coloniale** che fa risalire la comparsa dei pluricellulari a **circa 700 milioni di anni** fa quando, in occasione della prima grande e diffusa glaciazione, gli organismi unicellulari avrebbero tentato in modo più o meno conscio o casuale di unirsi tra loro in **colonie mono-plurispecifiche**, nel tentativo di riuscire a **sopportare meglio il freddo** e risolvere il **problema della nutrizione** in siffatto ambiente. Pertanto, alcuni gruppi di unicellulari eterotrofi si sarebbero adattati a formare **uno strato esterno protettivo**, al cui interno avrebbero trovato invece rifugio degli organismi unicellulari autotrofi **in grado di operare la chemiosintesi oppure la fotosintesi**

I principali motivi che avrebbero favorito il passaggio degli unicellulari ai pluricellulari sono i seguenti:

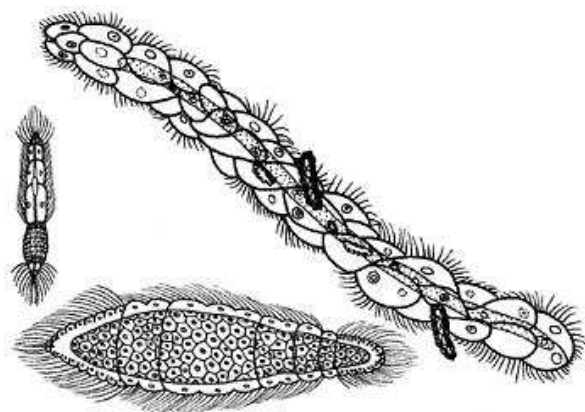
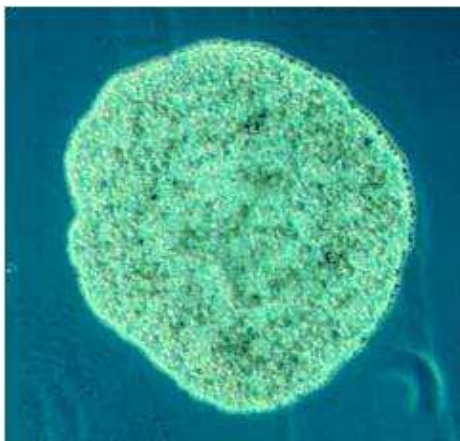
- 1) una cellula funziona meglio se può adempiere a una specifica funzione, e non a tutte le funzioni che deve svolgere un individuo nel suo complesso
- 2) un organismo pluricellulare ha dimensioni tali che può evitare più facilmente la predazione da parte dei suoi nemici naturali
- 3) un organismo pluricellulare ha più possibilità di evolversi rispetto a un unicellulare, perché le sue dimensioni e la sua ripartizione organo-tissutale offrono più opportunità di trasformazioni

Tra gli organismi ancora viventi che meglio rappresentano la fase di passaggio tra gli esseri unicellulari e quelli pluricellulari possiamo ricordare

1) Volvocales (ordine di alghe appartenenti alla classe delle Chlorophyceae, di cui si dirà nell'apposita sezione)



2) Placozoi (animali appartenenti al phylum Placozoa) e **3) Mesozoi** (animali appartenenti al phylum Mesozoa) di cui si dirà nell'apposita sezione



All'inizio del periodo Cambriano dell'era Paleozoica (eone Fanerozoico) si è verificato un imponente e rapido sviluppo dei metazoi (la cosiddetta "**esplosione cambriana**"), perché dai tre phyla animali che esistevano al termine del Pre-Cambriano (Poriferi, Celenterati e Platelmini), nel corso di appena cinque milioni di anni (un'inezia, in termini geologici) si è passati allo stesso numero di phyla che attualmente

ancora vivono sulla Terra. Tra le varie spiegazioni date dagli esperti che sono state, come al solito, molteplici e contrastanti tra di loro, quella che sembra aver maggior credito è la cosiddetta "**light switch theory**" di Andrew Parker, biologo marino della Royal Society ad Oxford, che identifica nell'invenzione dell'occhio l'imput evolutivo principale

Prima del Cambriano, infatti, gli animali possedevano solo dei fotorecettori, in grado di distinguere fra luce e buio, ma non di delineare le immagini nitide degli oggetti per cui, quando nei predatori più temibili dell'epoca (trilobiti e scorpioni di mare) sono comparsi gli occhi, anche le loro prede hanno dovuto adattarsi e munirsi di un apparato visivo più o meno efficiente, che consentisse loro di individuare in tempo i loro nemici e predisporre alla difesa contro aggressori che ci vedevano bene (nascono così le corazze protettive, gli apparati urticanti e velenosi, le strategie mimetiche...ect).

Ovviamente, la risposta adattativa degli animali alla base della catena alimentare si è tradotta in una ulteriore rapida (per le ere geologiche) contro-risposta da parte dei loro predatori, causando una sorta di moltiplicazione esponenziale dei tentativi evolutivi delle varie linee filetiche dei mari paleozoici, la cui risultante è stata appunto la suddetta "esplosione cambriana". Nello schema che segue, viene riportato un breve riassunto dell'evoluzione dei metazoa e delle metafite a partire dall'inizio dell'eone Fanerozoico (vedi maggiori dettagli nelle sezioni dedicate ai vari animali e vegetali)

PERIODI	ANNI FA	FASI DI DIFFUSIONE & EVOLUZIONE DELLA VITA
Fanerozoico Paleozoico Cambriano	545 – 485 milioni	si sviluppano rapidamente e in gran quantità gli organismi pluricellulari (esplosione cambriana), differenziandosi in: 1- spugne (<u>simbiosi tra coanociti e placozoi ???</u>) 2- celenterati (<u>da mesozoi???</u>) 3- platelminti e anellidi (già ben presenti nel precambriano) 4- molluschi (si presume però che gli aculiferi e i primi gasteropodi si siano differenziati già nel precambriano) 5- artropodi (trilobiti e crostacei) 6- compaiono le macroalgh e a partire da aggregazioni di alghe unicellulari
Ordoviciano	485 – 445 milioni	1- dominano gli artropodi, soprattutto con scorpioni di mare e crostacei 2- compaiono i cordati (probabilmente derivati da una linea filetica partita dai platelminti e parallela a quella di molluschi e artropodi), tra i cui primi rappresentanti c'è l'anfiosso 3- dall'anfiosso si evolvono i primi vertebrati : gli ostracodermi e, in seguito, i placodermi 4- funghi e macroalgh e iniziano a invadere la terra ferma (i funghi forse hanno iniziato a farlo un miliardo di anni fa) insediandosi nelle zone di marea e nelle aree paludose dei delta dei fiumi mentre le alghe unicellulari danno vita a licheni (simbiosi con funghi) e muschi lunghe le coste rocciose; l'atmosfera è sempre più simile quella odierna
Siluriano	445 – 415 milioni	1- dagli ostracodermi si evolvono i ciclostomi (lamprede e missine) ed i primi placodermi 2- dai placodermi si originano i primi pesci cartilaginei e ossei
Devoniano	415 -360 milioni	compaiono i pesci ossei rossopterigi da cui si evolvono i primi anfibi (i primi tetrapodi), che dalle aree paludose di confine marino-fluviali si spingono a colonizzare la terra ferma (l'atmosfera è praticamente come l'attuale)
Carbonifero	360 -299 milioni	1- dominano gli anfibi 2- gli artropodi conquistano la terra ferma con crostacei e insetti 3- per quanto riguarda i vegetali si sviluppano ampie foreste di grandi felci arboree ed equiseti
Permiano	299 – 250 milioni	1- compaiono i primi rettili 2- si differenziano i rettili precursori dei mammiferi Alla fine del permiano si ha una grande estinzione di massa (forse un meteorite, come quello caduto verso la fine del mesozoico): scompaiono i trilobiti, gli scorpioni di mare e molte altre specie

PERIODI	ANNI FA	FASI DI DIFFUSIONE & EVOLUZIONE DELLA VITA
Fanerozoico Mesozoico Triassico	250 – 205 milioni	1- i rettili dilagano in terra ferma, nei mari e nell'aria 2- si differenziano le ammoniti 3- compaiono i primi mammiferi 4- si ha un grande diffusione delle barriere coralline , dovuto alla simbiosi tra celenterati polipoidi e alghe unicellulari 5- per quanto riguarda i vegetali, si riducono drasticamente le felci arboree e si formano grandi foreste di conifere * 230 milioni di anni fa si formano Pangea e Panthalassa
Giurassico	205 – 145 Milioni	1- i rettili dominano ovunque 2- compaiono i primi uccelli 3- i mammiferi si differenziano come piccoli organismi simili a topi 4- per quanto riguarda i vegetali, dominano le conifere * a motivo dell' espansione delle dorsali oceaniche (e non per l'errata supposizione della deriva dei continenti) si formano Laurasia, Gondwana e la Thetyde
Cretaceo	145 – 65 milioni	1- i rettili continuano a dominare ovunque sino all'arrivo dell' asteroide che conclude il tempo del periodo cretaceo con una grande estinzione di massa 2- continua lo sviluppo dei mammiferi e degli uccelli 3- per quanto riguarda i vegetali, pur continuando a dominare le conifere ma iniziano a svilupparsi le prime angiosperme
Fanerozoico Cenozoico Paleocene	65 – 55 milioni	1- continua lo sviluppo degli uccelli 2- continua lo sviluppo dei mammiferi 3 - per quanto riguarda i vegetali, continua lo sviluppo delle angiosperme
Eocene	55 – 35 milioni	1- è il periodo di massimo fulgore degli uccelli 2- continua lo sviluppo dei mammiferi 3- per quanto riguarda i vegetali, continua lo sviluppo delle angiosperme
Oligocene	35 – 25 milioni	1- esplodono i mammiferi, che colonizzano anche l'acqua con i precursori degli attuali cetacei e pinnipedi 2- per quanto riguarda i vegetali, si affermano le angiosperme
Miocene	25 -5,5 milioni	1-continua lo sviluppo dei mammiferi, e iniziando a diffondersi le proscimmie e le prime scimmie 2- tra i vegetali dominano le angiosperme
Pliocene	5,5 – 1,8 milioni	1- termina lo sviluppo dei mammiferi (le specie presenti sono pressappoco quelle attuali) 2- quattro milioni di anni fa, Etiopia e Kenia: primi ominidi 3- due milioni di anni fa si afferma l'Homo habilis 4- tra i vegetali dominano le angiosperme * 2 milioni di anni fa la Terra ha pressappoco la configurazione attuale
Fanerozoico Neozoico Pleistocene	1,8 milioni 11.000 anni	1- un milione di anni fa circa compare l'Homo erectus 2- 40.000 anni fa compare l'Homo sapiens 3- tra i vegetali dominano le angiosperme * si ha l'ultima glaciazione e la Terra è uguale a quella di oggi
Olocene	11.000 anni a oggi	1- si afferma e domina l'Homo sapiens 2- tra i vegetali dominano le angiosperme