

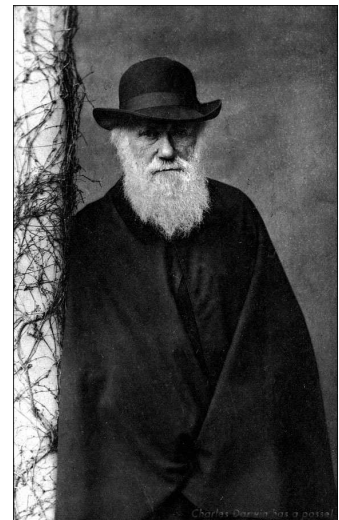
IL SIGNIFICATO EVOLUTIVO DELLE ESTINZIONI DI MASSA

Anna Maria Rossi

Dipartimento di Biologia Università di Pisa

I capisaldi della teoria di Darwin

1. **L'evoluzione.** Le specie si trasformano costantemente nel tempo, non sono fisse né di recente creazione.
2. **Comune discendenza.** Tutti gli organismi, animali, piante e microrganismi, discendono da un antenato comune.
3. **Gradualismo.** Il cambiamento evolutivo è graduale e la comparsa di tipi nuovi non è improvvisa.
4. **Selezione naturale.** La variazione genetica compare ad ogni generazione. Gli individui che sopravvivono, a causa di una combinazione particolarmente ben adattata di caratteri ereditabili, danno luogo alla generazione successiva.
5. **Moltiplicazione delle specie.** La diversità biologica può dar luogo alla frammentazione delle popolazioni attraverso la quale si possono evolvere nuove specie.

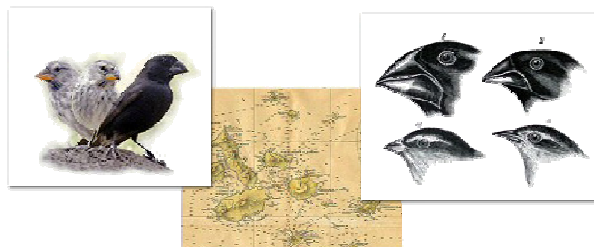


L'origine delle specie

La sfida per i naturalisti di fine ottocento era quella di spiegare come si potessero produrre la pluralità di forme di vita e la variabilità tra i membri della stessa specie.

La teoria darwiniana, in contrapposizione all'idea creazionista della fissità delle specie, prevede che le specie possano nascere, prosperare o estinguersi in un continuo avvicendamento.

Ma include l'idea che una specie si trasformi in un'altra?



Tot enumeramus species, quot ab initio creavit infinitum Ens (Linneo, Sistema naturae, 1735)

La lotta per la sopravvivenza

Il concetto di **selezione naturale** si basa sull'idea che gli individui e le specie competano tra di loro per le risorse del territorio in cui vivono e che sopravviva il (la) più adatto/a in quelle circostanze ambientali (clima, nutrimento, forza, etc.).

Chi possiede le qualità favorevoli ad una maggiore probabilità di sopravvivenza e di successo riproduttivo lascia un maggior numero di figli a cui trasmette le sue caratteristiche.

Ma allora come possono estinguersi specie perfettamente adattate?



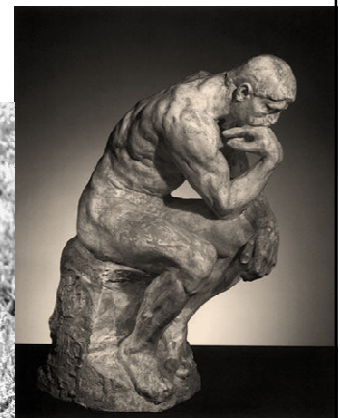
Siamo la specie più intelligente?

Questa domanda implica di sapere misurare l'intelligenza e di essere in grado di confrontare la nostra con quella delle altre specie.

Non sappiamo fare nessuna delle due cose.

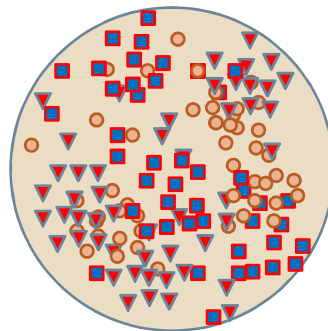
Un'altra domanda assai più interessante è

Come siamo diventati una specie intelligente?



Come nasce una specie

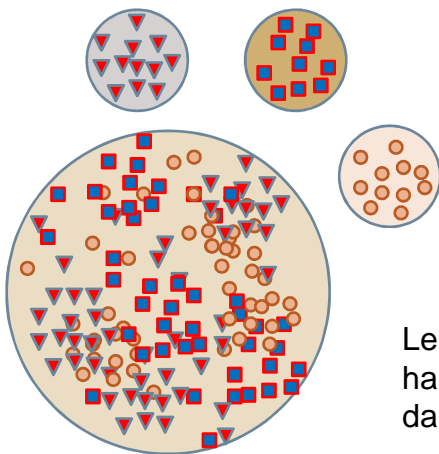
In genere una nuova specie **non** deriva da una trasformazione graduale di una specie preesistente.



Non sono gli individui che cambiano ma **le popolazioni**.

Come nasce una specie

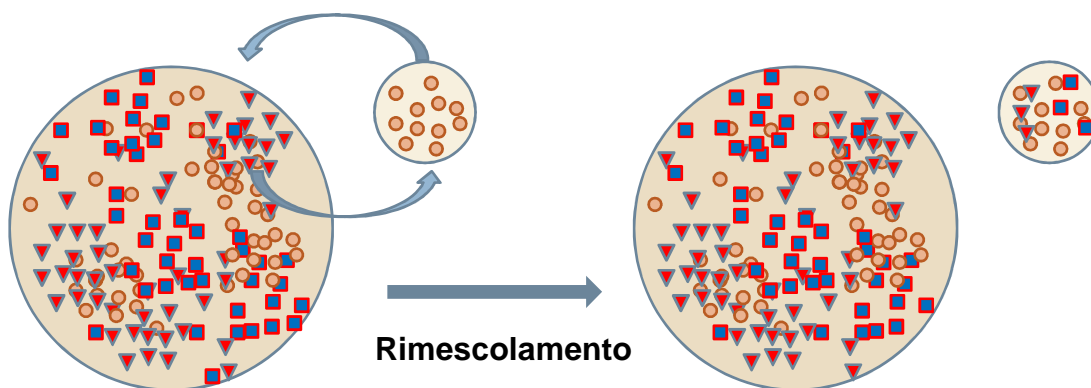
I movimenti delle popolazioni possono aumentare le divergenze tra popolazioni.



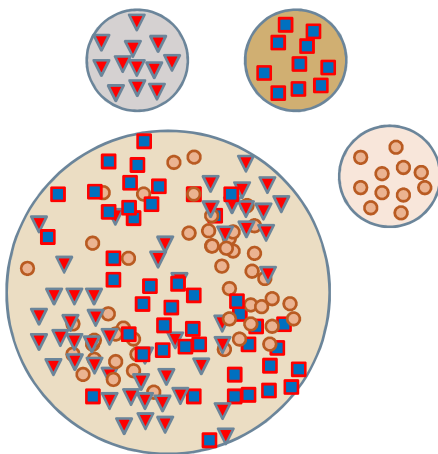
Le nuove popolazioni inizialmente di piccole dimensioni hanno una **ridotta variabilità genetica** ma sono diverse dalla popolazione originaria.

Come nasce una specie

I movimenti delle popolazioni producono anche un rimescolamento, che può avere un effetto omogeneizzante.



Come nasce una specie

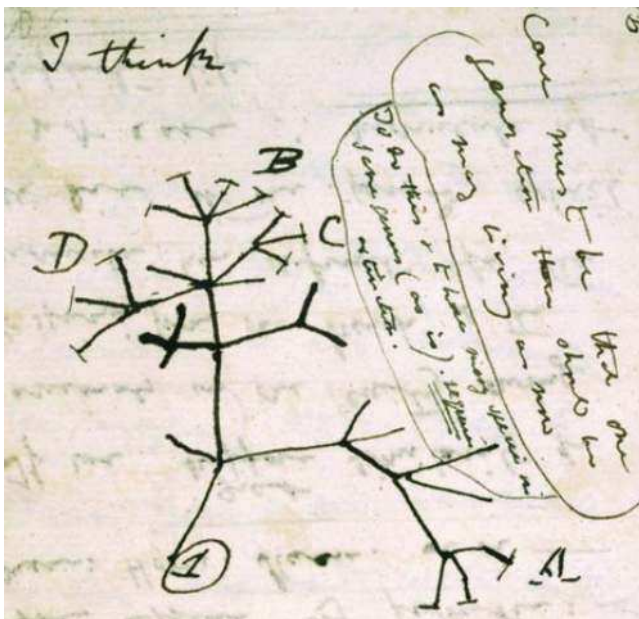


La popolazione che va colonizzare ambienti diversi tende a differenziarsi e ad acquisire adattamenti innovativi, in funzione della nuova nicchia.

Se non avvengono accoppiamenti tra i membri dei due gruppi per la presenza di barriere geografiche, ecologiche o biologiche si possono accumulare differenze genetiche con ritmi e modalità diverse (divergenza) fino a che i due gruppi diventano incapaci di incrociarsi e di procreare.

Saranno diventate due specie diverse.

L'albero della vita



Questo albero mostra come, secondo Darwin, a partire dagli organismi unicellulari si siano sviluppati organismi sempre più complessi, alcuni dei quali si sono poi estinti, mentre altri hanno dato vita ad animali e piante che si trovano tuttora sulla Terra.

Per Darwin il processo dell'evoluzione procede in modo **lento e graduale** con un progressivo aumento di complessità.

I nuovi sviluppi della teoria

La teoria degli equilibri punteggiati o intermittenti

- il ritmo dell'evoluzione non è uniforme, ma si possono avere dei lunghi periodi di stasi e periodi di intensa accelerazione in cui il cambiamento può essere molto repentino **sempre su una scala di tempi geologici: centinaia o migliaia, se non milioni di anni**
- l'evoluzione è **cieca**, non ha un'intrinseca tendenza verso il progresso, ma *sperimenta* una serie di soluzioni innovative che possono fallire o avere successo
- ci sono **molteplici modalità** esplicative non esclusive ma complementari rispetto al binomio mutazione-selezione
- non sempre sopravvive il più adatto, ma anche varianti **imperfette** possono avere successo per fattori ecologici contingenti o locali

Il fine dell'evoluzione

Tommaso D'Aquino: Dunque è l'uomo il fine di tutto il generare (*Summa contra Gentiles*, 1270).

L'evoluzione è spesso rappresentata come un processo lineare che porta a forme di vita progressivamente più complesse, uno sviluppo che punta diritto alla comparsa di *Homo sapiens*.

Non è verosimile: la storia della vita sulla Terra è un susseguirsi di "tentativi" più o meno ben riusciti, di contrazioni ed espansioni, di successi clamorosi ma anche di terribili estinzioni.

Si tratta di un processo dominato dalla **contingenza storica**

- ogni volta un evento avviene tra una molteplicità di storie possibili
- la comparsa dell'uomo sulla Terra non era scontata,

Se il cammino dell'evoluzione avesse preso altre strade, forse noi non saremmo qui.

L'uomo al vertice del Creato

Nel Libro dei Salmi, parlando dell'uomo e del creato:

“Se guardo il tuo cielo, opera delle tue dita, la luna e le stelle che tu hai fissate, che cosa è l'uomo perché te ne ricordi e il figlio dell'uomo perché te ne curi?

Eppure l'hai fatto poco meno degli angeli, di gloria e di onore lo hai coronato: gli hai dato potere sulle opere delle tue mani, tutto hai posto sotto i suoi piedi; tutti i greggi e gli armenti, tutte le bestie della campagna, gli uccelli del cielo e i pesci, che percorrono le vie del mare”.

(*Salmo*, VIII, 4-9)



Micro e macroevoluzione

Nel corso dell'evoluzione ci sono fenomeni che avvengono su piccola scala ma altri fenomeni si verificano su grande scala e sotto la spinta di forze che operano su archi di tempo lunghi.

La variazione evolutiva all'interno della singola specie è soggetta all'effetto combinato di mutazione, selezione naturale, flusso genico e deriva genetica che sono le modalità della **microevoluzione**.

Cambiamenti più radicali che possono interessare l'intero ecosistema, a volte a livello planetario, sono causati per lo più da eventi accidentali che cambiano del tutto le "regole del gioco" evolutivo: queste sono spesso le modalità della **macroevoluzione**.

I più dotati o i più fortunati?

Se la sopravvivenza di una specie dipendesse solo da quanto i suoi membri sono dotati e adattati al loro ambiente, le specie più antiche dovrebbero essere quelle più selezionate e immuni da pericoli di estinzione.

Tuttavia, circostanze imprevedibili e fortuite possono essere determinanti per “decidere” chi debba sopravvivere.

Probabilmente i dinosauri erano ottimamente adattati al loro ambiente ma non sono sopravvissuti al cataclisma, che ha distrutto il loro habitat.

Infatti l'adattamento è relativo ad un certo habitat, e quindi le trasformazioni repentine dell'ambiente (temperatura, umidità, vegetazione e fauna) possono sovvertire l'ordine di “preferenza” del più adatto.

L'instabilità della Terra

Nel corso della sua storia la Terra è stata teatro di imponenti sconvolgimenti dell'ecosistema, anche a livello planetario, legati a fenomeni di varia natura:

- **geologici** come deriva dei continenti e movimenti orogenetici, terremoti ed eruzioni vulcaniche di portata mondiale, cambiamenti delle correnti oceaniche,
- **climatici**, come glaciazioni e surriscaldamenti globali,
- **astronomici**, come impatti di asteroidi, passaggi di comete, oscillazioni delle orbite, etc.

La conformazione della crosta terrestre e dell'atmosfera è così instabile che non è una sorpresa il fatto che la sua storia sia scandita dal susseguirsi di cataclismi.



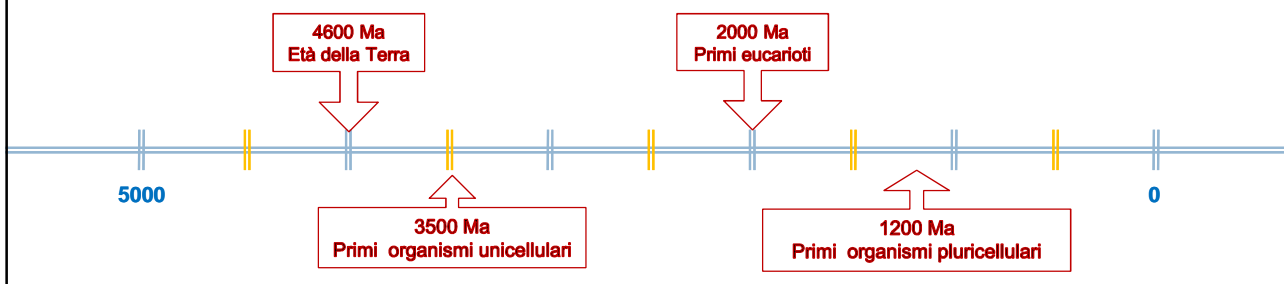
La scala delle ere geologiche

ERE	PERIODI	DURATA
ARCHEOZOICA o PRECAMBRIANA	Adeano	da 4.500 a 3.800 milioni di anni fa
	Archeano	da 3.800 a 1.600 milioni di anni fa
	Algonchiano	da 1.600 a 542 milioni di anni fa
PALEOZOICA o PRIMARIA	Cambriano	da 542 a 488 milioni di anni fa
	Ordoviciano	da 488 a 444 milioni di anni fa
	Siluriano	da 444 a 416 milioni di anni fa
	Devoniano	da 416 a 359 milioni di anni fa
	Carbonifero	da 359 a 299 milioni di anni fa
MESOZOICA o SECONDARIA	Permiano	da 299 a 251 milioni di anni fa
	Triassico	da 251 a 204 milioni di anni fa
	Giurassico	da 204 a 146 milioni di anni fa
CENOZOICA o TERZIARIA	Cretacico	da 146 a 65 milioni di anni fa
	Paleocene	da 65 a 56 milioni di anni fa
	Eocene	da 56 a 34 milioni di anni fa
	Oligocene	da 34 a 23 milioni di anni fa
	Miocene	da 23 a 5,3 milioni di anni fa
NEOZOICA o QUATERNARIA	Pliocene	da 5,3 a 1,8 milioni di anni fa
	Pleistocene	da 1,8 milioni a 11.000 anni fa
	Olocene	da 11.000 anni fa ad oggi

La vita sulla Terra

L'origine della vita si colloca a circa 3,5 miliardi di anni fa, dopo un tempo relativamente breve, circa 1 miliardo di anni, dalla formazione della crosta terrestre.

L'origine delle prime forme viventi da materiale non vivente è difficile da stabilire, ma si pensa che sia passata per la formazione di **protocellule**, semplici forme primordiali da cui si generarono i **procarioti** e, solo dopo circa 1,5-2 miliardi di anni, le cellule **eucariotiche** più complesse e dotate di nucleo, che derivarono dalla cooperazione simbiotica di alcuni procarioti.



La vita sulla Terra

Dopo la comparsa dei **primi organismi pluricellulari**, che si fa risalire a circa 1,2 miliardi di anni fa, una delle tappe più notevoli dell'evoluzione della vita ha luogo nel Cambriano, circa 550 milioni di anni fa, quando si assiste ad un'esplosione di forme di vita pluricellulari. Relativamente in fretta dai pesci primitivi si evolvono gli altri **vertebrati** tra i quali anche organismi capaci di lasciare l'ambiente acquatico e popolare le terre emerse e, infine, i cieli. Circa 420 milioni di anni fa, animali e piante cominciano a popolare le terre emerse.

Le estinzioni di massa

L'estinzione di una specie è un fenomeno "normale" ma i grandi cataclismi hanno messo ripetutamente la vita stessa a rischio di essere spazzata via dall'intero pianeta.

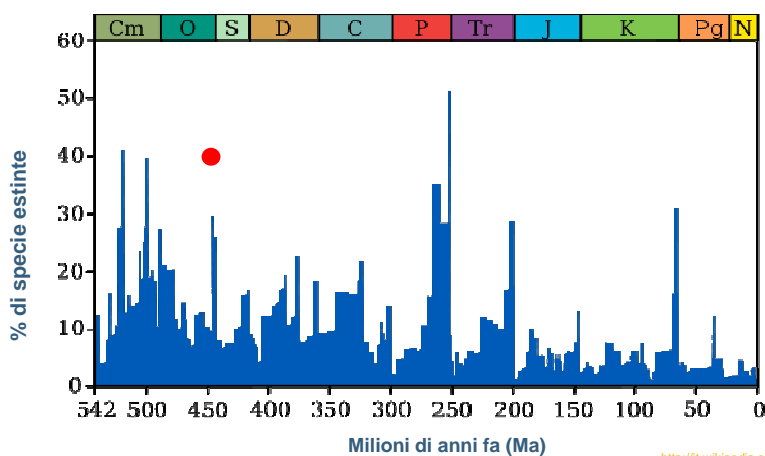


Estinzioni recenti

Nelle estinzioni di massa sono scomparse un grande numero di specie viventi in periodi **geologicamente** brevi di durata variabile (qualche centinaia, migliaia o milione di anni) a cui spesso hanno fatto seguito espansioni demografiche ed evolutive delle specie sopravvissute (**radiazione adattativa**).

Le cinque grandi estinzioni di massa

1. Ordoviciano-Siluriano (circa 450 milioni di anni fa)
In pochi milioni di anni si estinse l'85% delle specie allora esistenti.



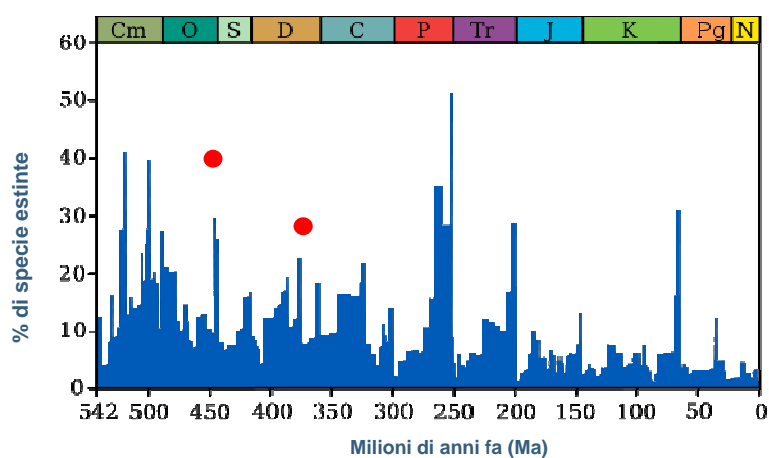
http://it.wikipedia.org/wiki/Estinzione_di_massa_del_Permiano-Triassico

Fonte: R. A. Rohde e R. A. Muller, *Cycles in fossil diversity*, Nature, vol. 434, 10 marzo 2005. Wikicommons

Le cinque grandi estinzioni di massa

2. Tardo Devoniano (circa 377 milioni di anni fa)

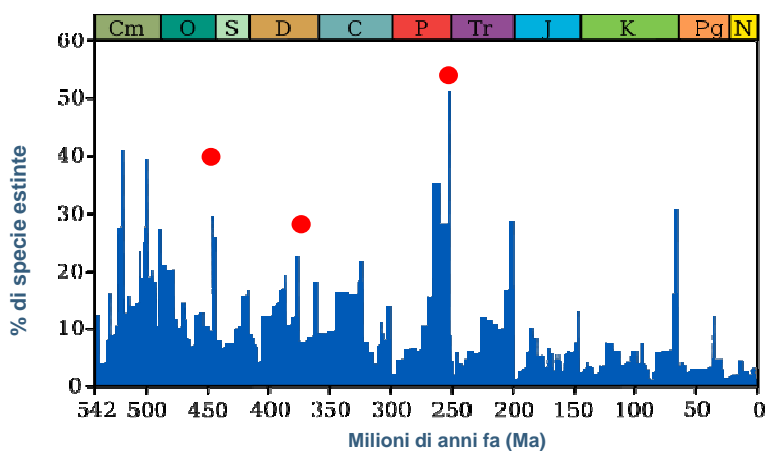
In circa tre milioni di anni interessò una percentuale stimata in circa l'82% delle specie viventi.



Le cinque grandi estinzioni di massa

3. Permiano-Triassico (circa 251 milioni di anni fa)

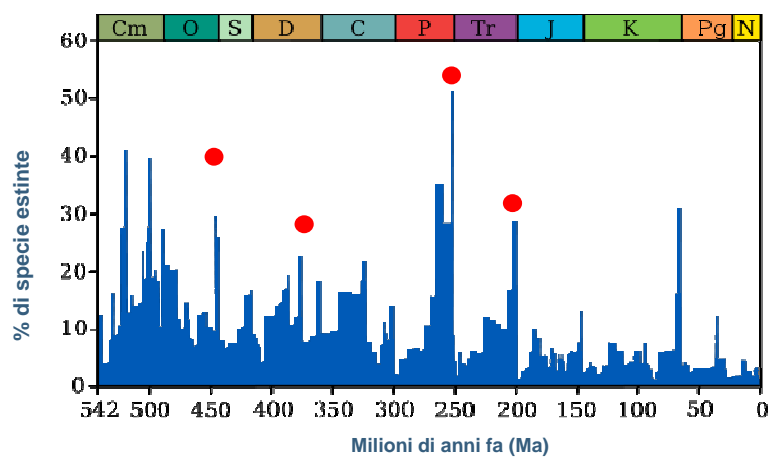
La più catastrofica di tutti i tempi, circa il 96% degli organismi marini e il 70% di quelli terrestri si estinse.



Le cinque grandi estinzioni di massa

4. Triassico-Giurassico (circa 203 milioni di anni fa)

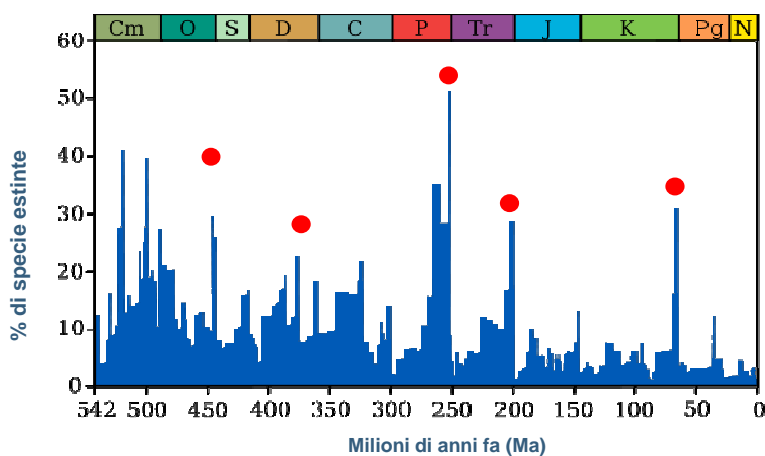
Durante un periodo di 150.000 anni di riscaldamento globale si estinse circa il 76% delle specie viventi.



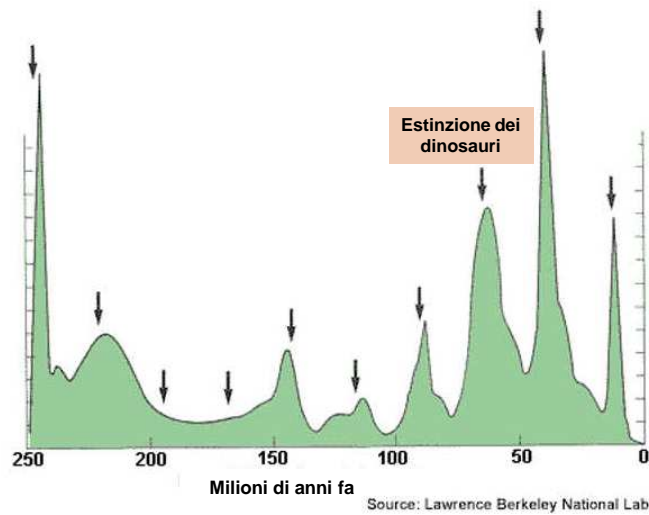
Le cinque grandi estinzioni di massa

5. Cretaceo-Terziario (circa 66 milioni di anni fa)

In questa estinzione scomparvero circa il 76% di tutte le specie viventi. Sulle terre emerse la più famosa scomparsa è quella dei grossi rettili, principalmente i dinosauri.



Le estinzioni di massa sono periodiche?

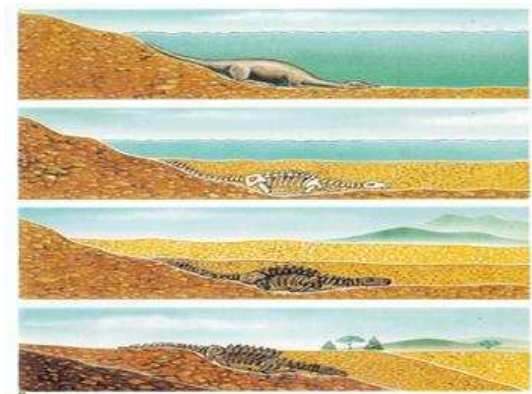


Guardare al passato remoto

Gli studi paleontologici possono stimare la diffusione e la variazione delle specie presenti, sebbene quasi sempre solo di quelle che lasciano testimonianze fossili.

In genere i resti degli organismi viventi vanno rapidamente incontro ad un totale disfacimento e la fossilizzazione è un evento raro e fortuito.

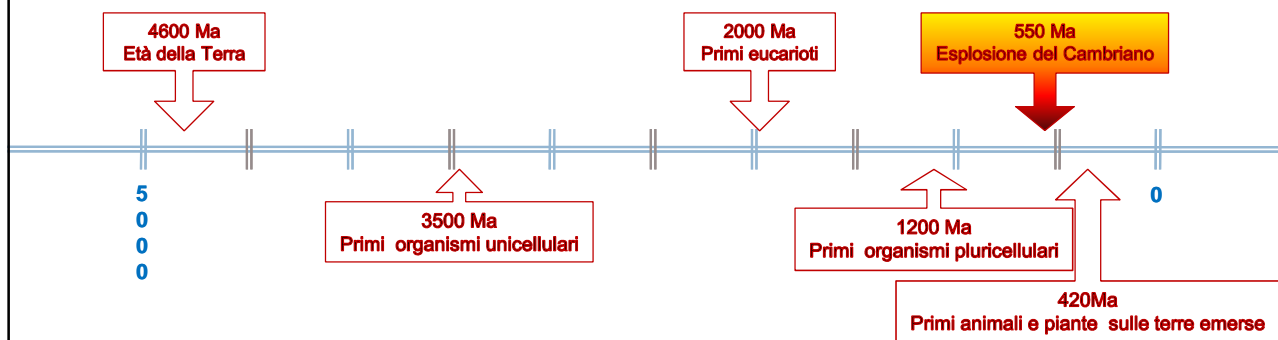
Prevalentemente si ritrovano strutture, come tronchi o gusci, eso- e endoscheletri, ecc. che in particolari condizioni si mineralizzano (la materia organica viene sostituita da materia inorganica) e vanno a far parte di rocce sedimentarie.



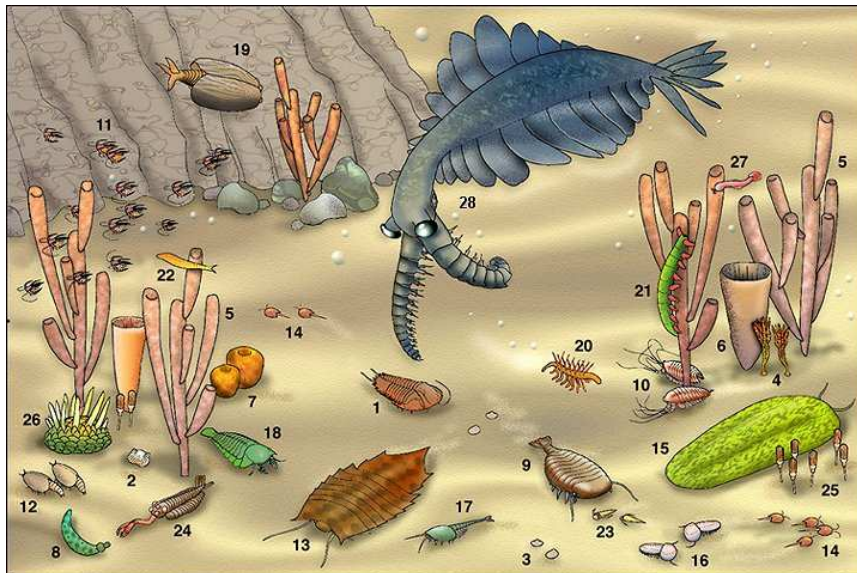
Guardare al passato remoto

Eccezionalmente si trova un giacimento come quello di **Burgess** nelle Montagne Rocciose (Canada), scoperto i primi del Novecento, che è il più antico e ricco deposito di fossili di **organismi pluricellulari** di cui sono state preservate anche le impronte delle parti molli delle specie che vi vivevano.

Questi resti rendono conto di una fauna rigogliosa, che 500 milioni di anni fa, popolava dei fondali marini bassi, ricchi di ossigeno e molto luminosi.



La fauna di Burgess

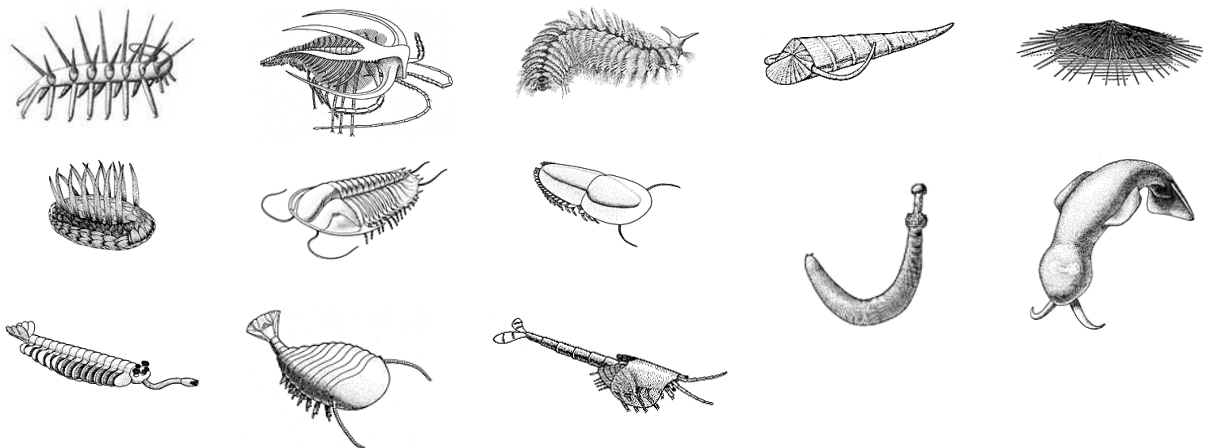


Trilobiti come *Olenoides serratus* (1) furono una minoranza tra una varietà di artropodi come *Sidneyia* (9), *Waptia* (17), *Helmetia* (13), *Sanctacaris* (18), *Tegopelte* (15), *Naraoia* (16), *Leanchoilia* (10), *Canadaspis* (12), *Odaraia* (19), *Marrella* (11), e *Burgessia* (14), nonché stranezze come *Opabinia* (24), *Wiwaxia* (26), *Hallucigenia* (20), e il predatore gigante, *Anomalocaris* (28).

<http://www.trilobites.info/Burgess.htm>

<http://www.rom.on.ca/collections/research/jcburgess.php>

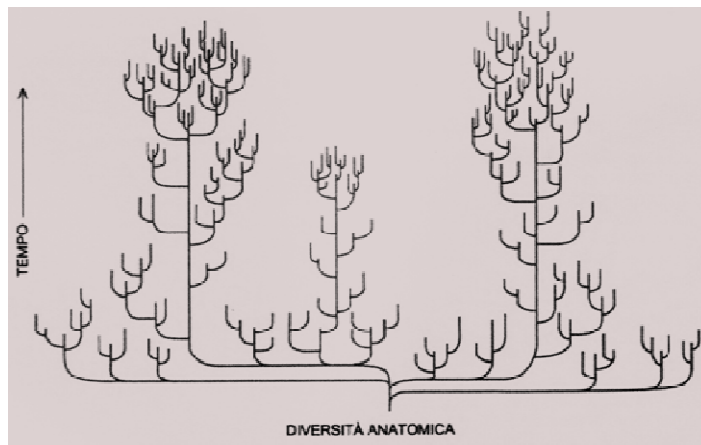
La fauna di Burgess



<http://www.rom.on.ca/collections/research/jcburgess.php>
<http://paleobiology.si.edu/burgess/burgessSpecimens.ht>

L'albero della vita

Non è detto che le forme che si sono estinte fossero meno vantaggiose di quelle superstiti



La sopravvivenza dipende dalle caratteristiche che una specie si trova a possedere al momento del cambiamento. Per esempio se un cataclisma causa un raffreddamento globale le specie che sono in grado di andare in letargo hanno maggiori probabilità di sopravvivere al lungo inverno. Ma il letargo di per sé non è un adattamento alla mutata situazione ma eventualmente a quella precedente.

L'estinzione di massa rimodella radicalmente l'albero della vita.

Se parliamo di biodiversità...



la maggior parte di noi pensa a un'immagine del genere...

Se parliamo di biodiversità...

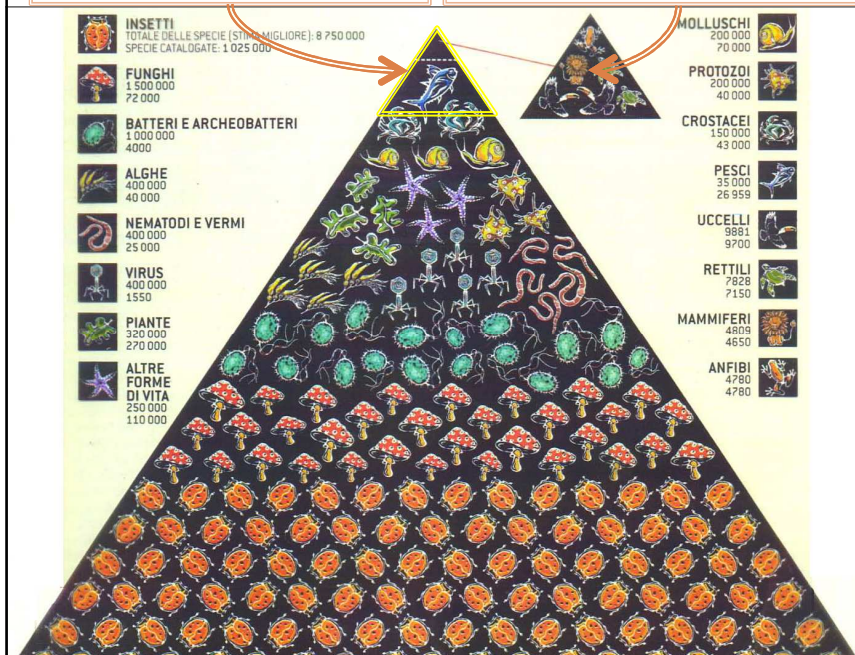


o, al massimo, ad una come questa ... ma la nostra è una visione vertebrato-centrica!

La piramide della biodiversità

Qui stanno tutti i vertebrati!

Qui stanno tutti i mammiferi!



Dominio

Eukaryota

Regno

Animalia

Sottoregno

Eumetazoa

Ramo

Bilateria

Superphylum

Deuterostomia

Phylum

Chordata

Subphylum

Vertebrata

Infraphylum

Gnathostomata

Superclasse

Tetrapoda

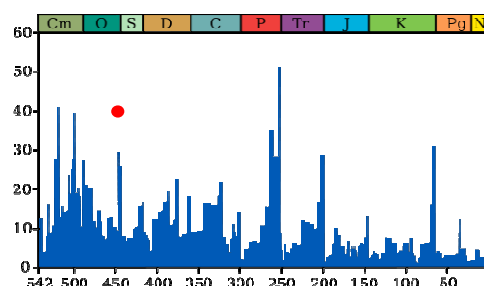
Classe

Mammalia

La “nostra” storia comincia...

Con la **prima** grande estinzione di massa, siamo di fronte ad una catena di eventi che s'incrocia con innumerevoli altre **possibili** ma che, in un modo **del tutto imprevedibile**, non hanno avuto luogo (contingenza storica).

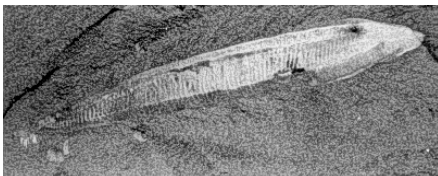
Si estingue l'85% delle specie allora esistenti ma il nostro antenato, *Pikaia gracilens*, viene risparmiato.



Pikaia gracilens

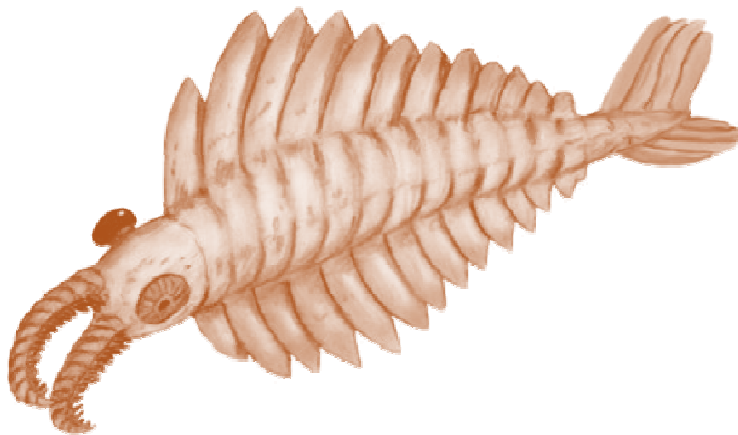
È considerata da molti come l'antenato comune dei vertebrati.

Il suo corpo è simile a quello dell'attuale **anfiosso**, di forma allungata e appiattita con una struttura lineare che lo percorre da capo a coda, con ogni probabilità una **notocorda**, o corda dorsale, e un centinaio di **miomeri**, blocchi di tessuto muscolare caratteristici dei cordati.



http://books.google.it/books?id=Gb7SqX76DYC&pg=PA260&lpg=PA260&dq=Pikaia+gracilens&source=bl&ots=AeaE_Tinnw&sig=2N85ad-kFDnAZaMr3KVNjF6VXao&hl=it&sa=X&ei=UiMZUJeDGJHEswaK9IGIAQ&ved=0CGYQ6AEwCDgK#v=onepage&q=Pikaia%20gracilens&f=false

Pikaia gracilens



Comunque gli **artropodi** costituiscono una grande maggioranza delle specie oggi viventi ed occupano tutte le nicchie ecologiche possibili.

http://books.google.it/books?id=Gb7SqX76DYC&pg=PA260&lpg=PA260&dq=Pikaia+gracilens&source=bl&ots=AeaE_Tinnw&sig=2N85ad-kFDnAZaMr3KVNjF6VXao&hl=it&sa=X&ei=UiMZUJeDGJHEswaK9IGIAQ&ved=0CGYQ6AEwCDgK#v=onepage&q=Pikaia%20gracilens&f=false

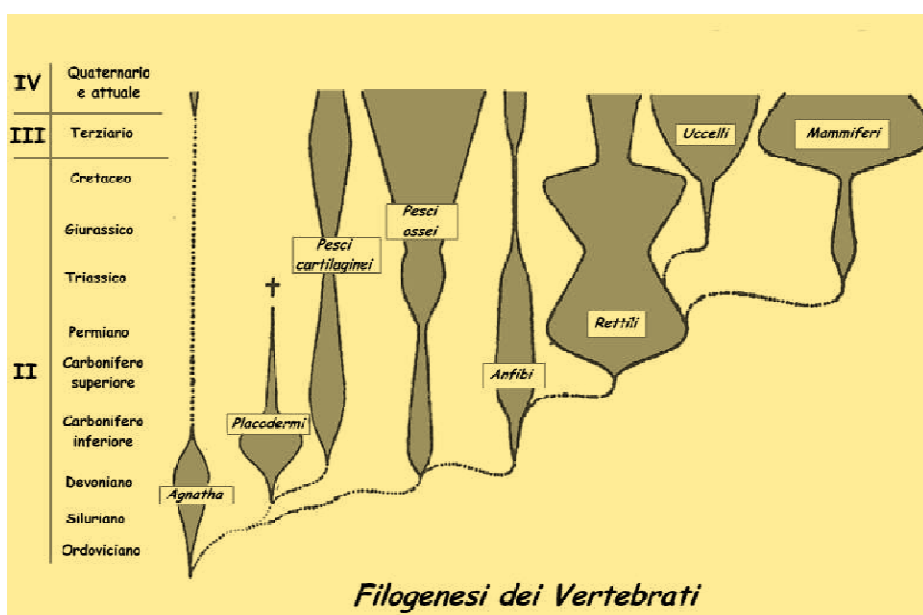
I sopravvissuti



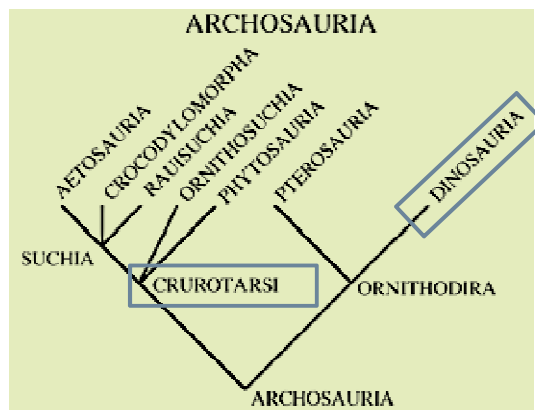
Possono semplicemente essere i più fortunati, spesso i più flessibili quindi quelli meno adattati a specifiche condizioni ambientali.

Le estinzioni di massa, che sono il segno caratteristico della macroevoluzione, sono estinzioni non selettive e quando cambiano radicalmente “le regole del gioco” è meglio essere meno specializzati.

L'albero filogenetico dei vertebrati



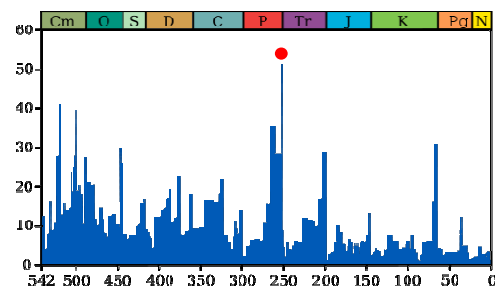
L'era dei rettili



Verso la fine del Paleozoico i Rettili conobbero una grande espansione. Dominarono sulla Terra per quasi 140 milioni di anni.

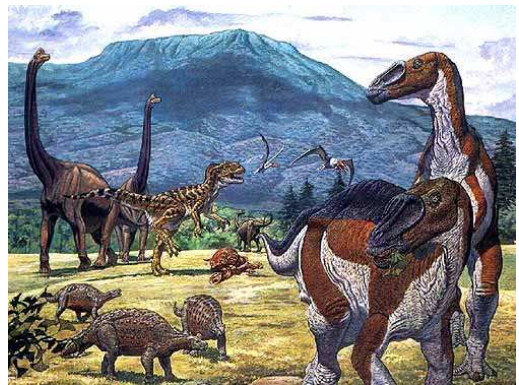
Alla scomparsa dei Crurotarsi, i dinosauri divennero i rettili predominanti sulla terraferma.

Dalla loro discendenza sono derivati tutti i Mammiferi estinti ed attuali e tutti gli Uccelli, che sono gli unici diretti discendenti dei dinosauri.



La vita sociale dei Crurotarsi

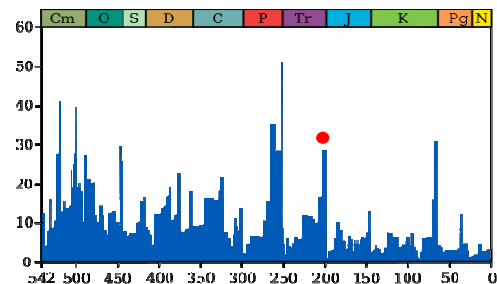
Si è scoperto che alcuni dinosauri carnivori cacciavano in gruppo, mentre altri erbivori nidificavano e pascolavano in branchi coi piccoli al centro per proteggerli dai predatori, altri ancora adottavano sofisticate cure parentali al pari degli Uccelli o dei Mammiferi. C'erano anche dinosauri capaci di modulare una gamma di suoni per avvertire del pericolo, per tenersi in contatto fra piccoli e genitori oppure per conquistarsi una compagna.



I Therapsidi, antenati dei mammiferi

Tra i rettili si trovava un gruppo molto particolare, quello dei **Therapsidi**, che sono considerati gli antenati dei mammiferi in quanto anticipano alcune loro caratteristiche, come l'omeotermia grazie ad un mantello di pelo, la maturazione dell'uovo dentro il corpo o forse addirittura la capacità di partorire i piccoli vivi (senza più bisogno dell'uovo), l'allattamento, ecc.

Al passaggio **Triassico-Giurassico** (circa 203 milioni di anni fa) scomparvero quasi del tutto.



Il mondo vivente nel Cretaceo

I **vertebrati** raggiunsero una diffusione mai vista prima, specialmente sulle terre emerse.

I **rettili** conoscevano le forme più gigantesche di cui soltanto un numero esiguo sono sopravvissute fino ad oggi. Si diffusero **gli uccelli** (ancora dentati) e i primi anfibi urodeli.

I **mammiferi** erano per lo più limitati a forme piccole incluse fra i **marsupiali**, i multitubercolati ed numerosi altri gruppi oggi estinti. Comparvero i primi **mammiferi euplacentati**.

La **flora** terrestre era già abbastanza simile a quella attuale, con molte classi del regno vegetale, in particolare di angiosperme dicotiledoni. Mancavano le monocotiledoni che appariranno solo più tardi.

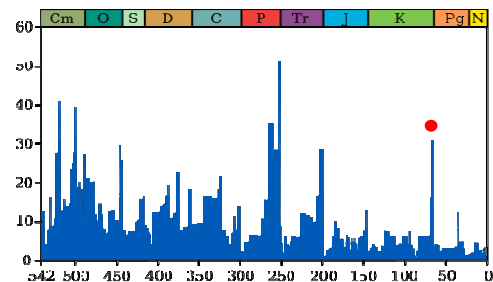
Un'altra grande svolta

Si chiude l'era dei rettili e comincia quella dei mammiferi



L'era dei mammiferi

Alla fine del Cretaceo, circa 65 milioni di anni fa, scompaiono i dinosauri e si creano le condizioni per l'espansione di Uccelli e Mammiferi che prosperarono andando incontro ad un'evoluzione rapida (sempre su una scala di tempi geologici) e poterono poi irradiarsi su tutto il pianeta.



http://www.corriere.it/scienze_e_tecnologie/12_marzo_19/multitubercolati-spampani_ef221ae0-7135-11e1-8a4c-5b31135cad1f.shtml

http://www.pikaia.eu/EasyNe2/Notizie/La_scomparsa_dei_dinosauri_non_causo_la_diffusione_dei_mammiferi.aspx

La radiazione adattativa dei mammiferi

Dopo il lungo inverno alla fine del Cretaceo, il paesaggio si andò trasformando per la imponente affermazione delle Angiosperme (piante con fiori apparenti), con alberi di grandi dimensioni, ma anche arbusti e piante erbacee. In particolare queste ultime si diffusero su vastissimi territori, **estese praterie** che favorirono la diffusione dei Mammiferi erbivori e degli Uccelli granivori.

Secondo alcuni autori la capacità di popolare vaste regioni dal clima freddo furono i fattori vincenti per i mammiferi.

http://www.fmboschetto.it/didattica/Anno_della_Terra/Cenozoico.htm

Il gigante dei mammiferi



Indricotherium

Senza la competizione dei grandi rettili, i Mammiferi si diffusero su larga scala diversificandosi in forme che vanno da quelle dei pipistrelli alle balene e ai primati, ed occupando tutti gli habitat lasciati liberi dalla precedente estinzione.

Oggi sono conosciute circa 5000 specie di mammiferi, ma sicuramente nel corso della loro evoluzione molte specie si sono estinte.

La radiazione adattativa dei mammiferi

Finora si riteneva che alla fine del Cretaceo i mammiferi placentati fossero rappresentati solo da poche specie, per lo più di piccoli roditori insettivori, a vita notturna confinati in piccole nicchie ecologiche. Questi piccoli animali sarebbero stati capaci di sopravvivere alla catastrofe biologica in cui sparirono circa il 76% di tutte le specie viventi.

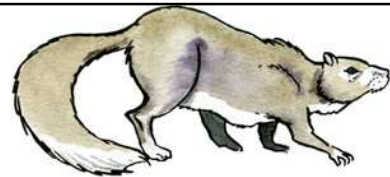
Uno studio recente ha suggerito che la grande esplosione dei mammiferi euteri sarebbe avvenuta già prima della fine del Cretaceo e che circa 85 milioni di anni fa comparvero tutte le famiglie ancora oggi esistenti.

Una seconda esplosione avrebbe avuto luogo circa 50 milioni di anni fa, circa 10-15 milioni di anni dopo l'estinzione di massa dei dinosauri, quindi i due fenomeni sarebbe indipendenti.

http://www.corriere.it/scienze_e_tecnologie/12_marzo_19/multitubercolati-spampani_ef221ae0-7135-11e1-8a4c-5b31135cad1f.shtml

http://www.pikaia.eu/EasyNe2/Notizie/La_scomparsa_dei_dinosauri_non_causo_la_diffusione_dei_mammiferi.aspx

Mammiferi a denti stretti



Durante gli ultimi 20 milioni di anni dell'era dei grandi rettili sembra che un piccolo gruppo di mammiferi, i **multituberculati**, si fosse diffuso ampiamente. Alla base del loro successo sarebbero stati i denti particolari che permisero loro di cibarsi abbondantemente delle angiosperme, le piante da fiore che stavano diventando comuni.

Nonostante fossero il gruppo più diversificato e promettente quello più longevo, quello che aveva superato la crisi della fine del Cretaceo, i multituberculati capitarono circa 34 milioni di anni fa, mentre erano comparse forme primordiali di primati (proscimmie), caratterizzati dal pollice opponibile.



Le risposte alle domande

L'origine delle specie include l'idea che una specie si trasformi in un'altra?

Il processo di speciazione è un processo che avviene di continuo e generalmente prende l'avvio dalla separazione di una parte della popolazione, per esempio per la dispersione in nuovi habitat o la creazione di nuove opportunità ecologiche. Il gruppo di migranti potrà dare origine ad una nuova specie per divergenza. La popolazione originaria resta invariata se non si estingue per altri eventi.

Le risposte alle domande

La teoria della evoluzione per selezione del più adatto può spiegare come possono estinguersi specie perfettamente adattate?

L'adattamento ha un valore locale e contingente: fenomeni di instabilità ecologica, anche su piccola scala, possono portare una specie all'estinzione se non dispone di risorse (biodiversità) per adottare nuove strategie di sopravvivenza.

Fenomeni su larga scala possono cancellare **specie indipendentemente** dal loro adattamento, dalle nicchie da esse occupate, dalla loro distribuzione geografica e persino dalla loro abbondanza numerica.

Gli **organismi che sopravvivono**, apparentemente scelti a caso dai rami evolutivi che esistevano prima dell'evento, sono meno incalzati dalla lotta per la sopravvivenza e possono "sfruttare" le nicchie ecologiche rimaste libere per espandersi o anche per differenziarsi (radiazione adattativa).

Non sempre sopravvive “il più adatto”

Le catastrofi e i grandi sconvolgimenti planetari hanno aperto la strada **in modo del tutto imprevedibile** alla comparsa dell'umanità sulla Terra.

La quasi totale estinzione di ogni forma di vita alla fine del Permiano, mise a rischio la vita stessa. La discendenza di *Pikaia* sopravvisse. Ma se il riscaldamento globale alla fine del Triassico non avesse decretato il declino dei Crurosauri (il cui unico discendente è il coccodrillo) a favore dei Dinosauri, e se questi non si fossero estinti alla fine del Cretaceo, non avremmo avuto quella pletera di forme diversificate che in pochi anni portò i mammiferi, già esistenti ma fino ad allora confinati a forme non molto dissimili dai toporagni, a uscire dalle loro nicchie e a differenziarsi nell'attuale varietà di forme.

Non sempre sopravvive “il più adatto”

Tra i 30 *bauplan* attualmente sopravvissuti, il piano organizzativo del phylum dei cordati ha avuto un grande successo evolutivo, con circa 45.000 specie conosciute. Con la loro struttura fragile questi nostri antenati avrebbero potuto essere spazzati via anche da modesti cambiamenti climatici e forse sono stati spesso vicini all'estinzione. Ma ce l'hanno fatta, per nostra fortuna altrimenti non saremmo qui!

Riavvolgiamo ancora una volta il film della vita e facciamolo ripartire dal tempo di Burgess. Se la *Pikaia* non sopravvive noi saremo cancellati dalla storia futura: tutti noi, dallo squalo al pettirosso all'orangutan. E io non penso che un qualsiasi allibratore, data la situazione di Burgess quale ci è nota oggi, avrebbe dato molte probabilità di sopravvivenza alla *Pikaia*.

Gould la vita meravigliosa 1989

La terza domanda



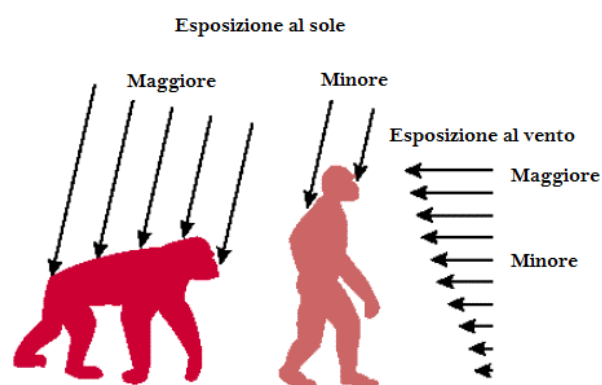
Come siamo diventati una specie intelligente?

Una risposta in breve:

Alzando la testa e guardando negli occhi i nostri compagni di strada.

La vita nella savana

Perché bipedi? Per ridurre l'area del corpo esposta alla luce del sole e, insieme, aumentare l'esposizione al vento per raffreddare il corpo.



Il bipedismo

La postura eretta permetteva di aumentare il campo visivo che in un ambiente più aperto rispetto alla foresta voleva dire mantenere i contatti con il branco e tenere d'occhio l'orizzonte per avvistare potenziali predatori o nemici.

Questo cambiamento dovette favorire un'organizzazione sociale più articolata con lo sviluppo di legami stabili tra gli individui.

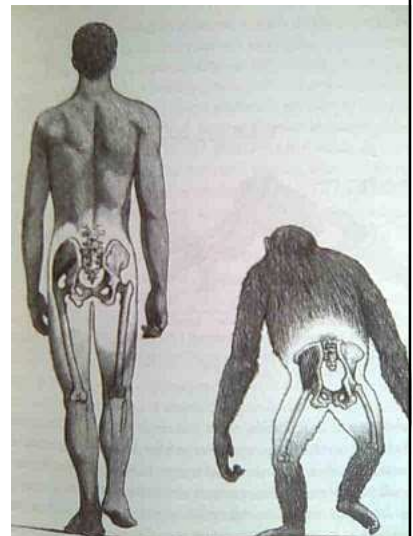


Lo scheletro quasi completo di Lucy, l'australopiteco ritrovato in Etiopia nel 1974, risale a 3,5 milioni di anni fa.

Il bipedismo

Ci sono altri vantaggi immediati nel bipedismo:

1. sebbene l'andatura diventi più incerta, aumenta la velocità della corsa.
2. la liberazione dell'arto anteriore offre la possibilità di utilizzare le mani per trasportare oggetti e per forgiare armi e utensili.



La doppia evoluzione

Facciamo parte di un unico albero evolutivo con tutti gli altri organismi viventi, attuali ed estinti, ma con dei caratteri esclusivi che risiedono in una evoluzione parallela a quella biologica, l'evoluzione della cultura e della tecnologia.

Pitture rupestri, sepolture rituali, statuette votive e strumenti musicali testimoniano come i nostri antenati esplorassero i confini della propria intelligenza simbolica fin dalla preistoria.



