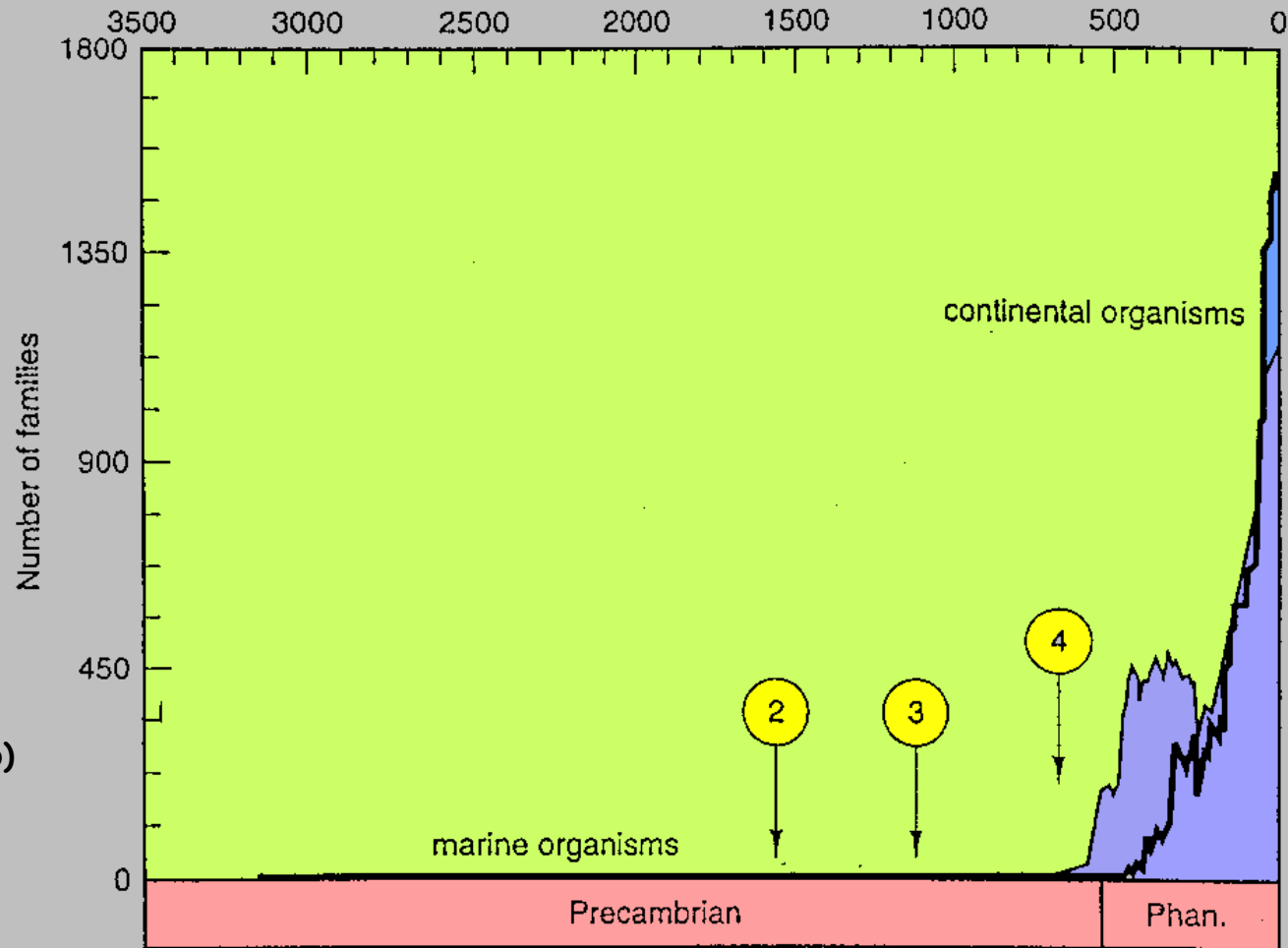


Crisi biologiche

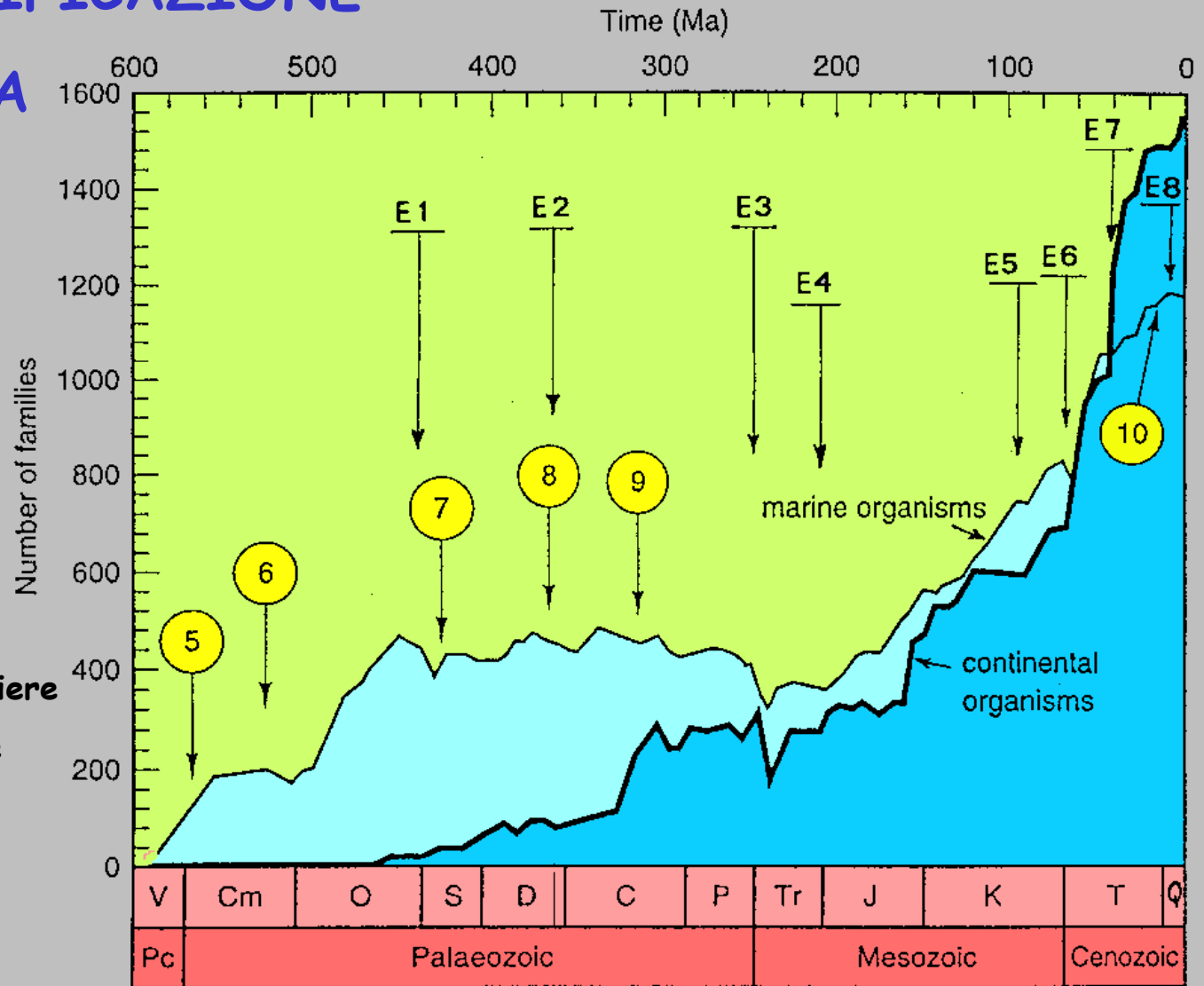
LA DIVERSIFICAZIONE DELLA VITA



1. origine vita (fuori campo)
2. Eucarioti
3. Pluricellularità
4. Biomineralizzazione

N.B Figura non aggiornata per la posizione precisa di primi eucarioti!!

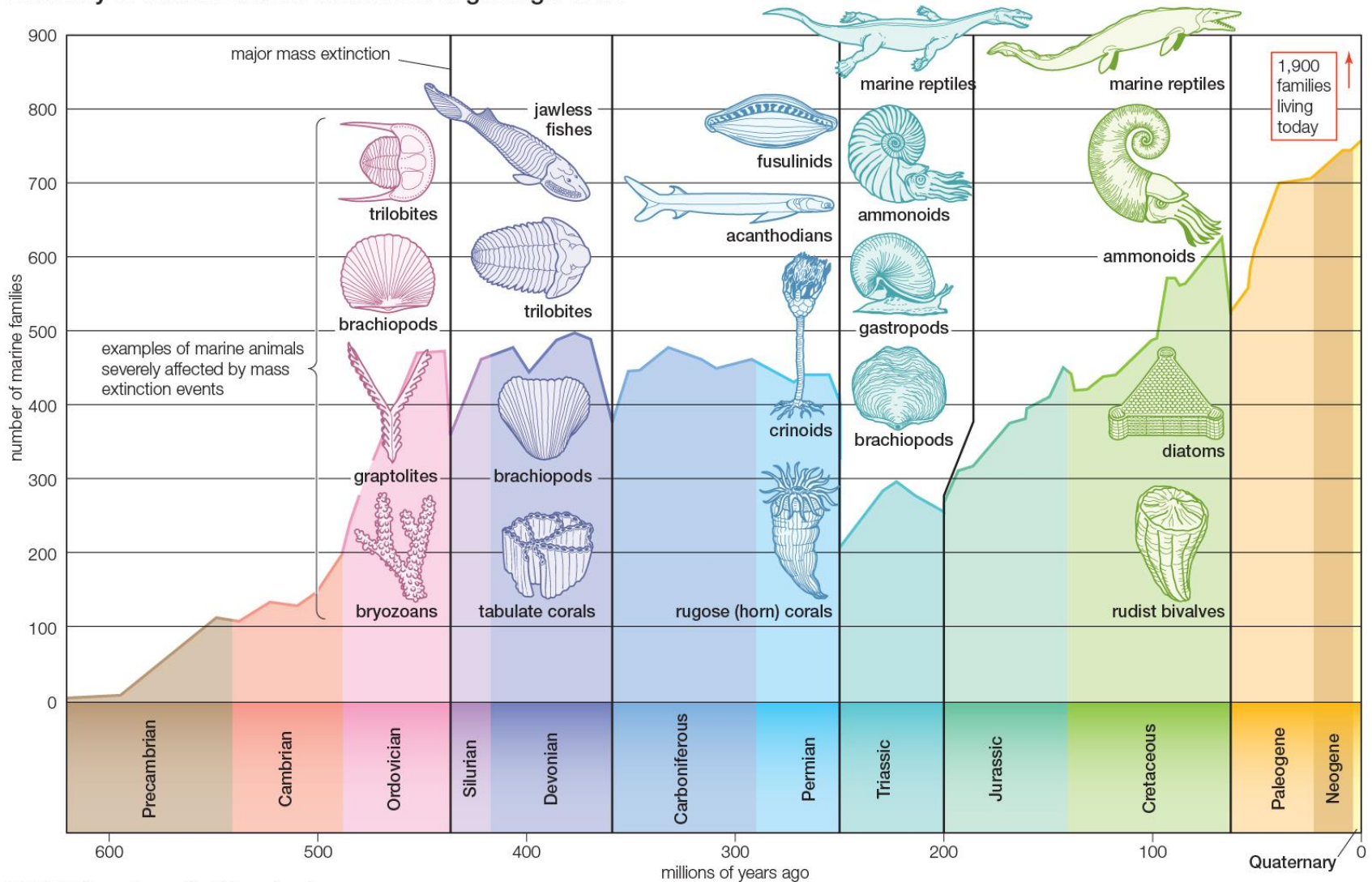
LA DIVERSIFICAZIONE DELLA VITA



5. Predazione
6. Sviluppo delle scogliere
7. Colonizzazione delle terre
8. Alberi e foreste
9. Il volo
10. Gli ominidi

LE CRISI DELLA VITA

Diversity of marine animal families over geologic time



Estinzione

scomparsa definitiva di una specie

I fenomeni di estinzione sono parte integrante del fenomeno evolutivo



Confronto dei caratteri essenziali dei diversi tipi di estinzione

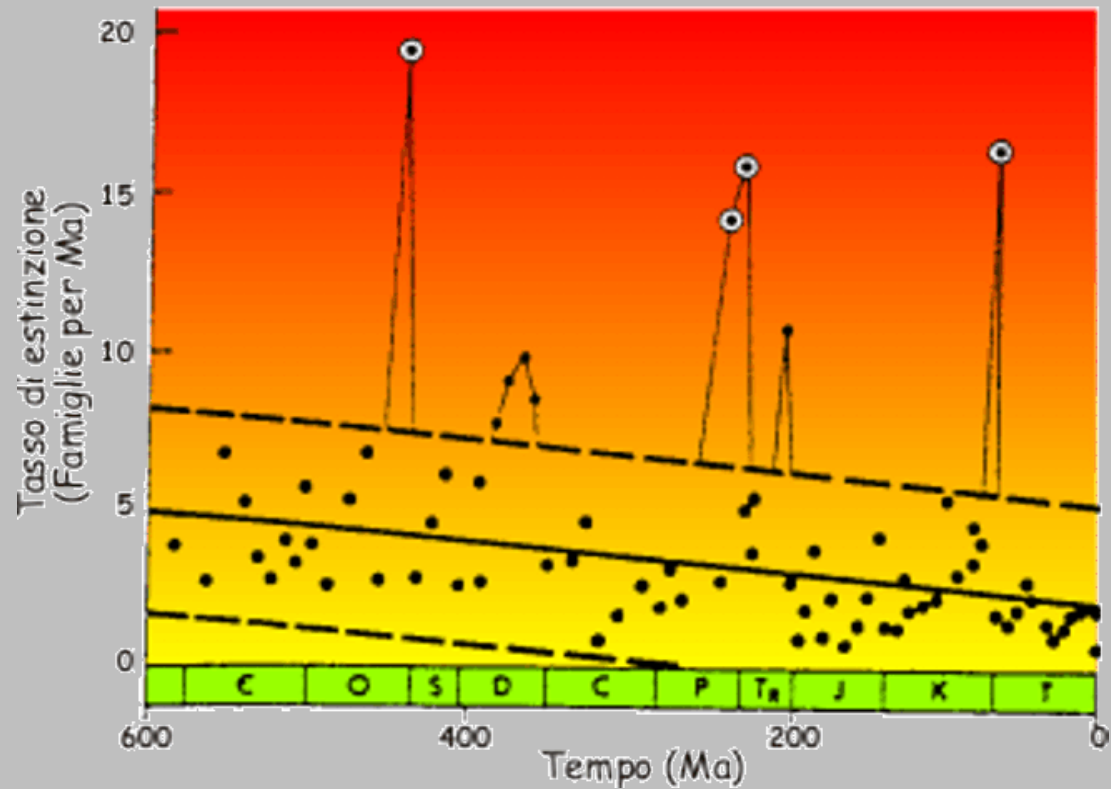
| | Di base (background) | Di massa (mass) | Regionali (regional) | Di un taxon (taxon) |
|---------------------------|--|---|--|------------------------|
| FREQUENZA | continua | episodica | episodica | episodica |
| INTENSITA' | graduale | veloce | veloce | veloce |
| EFFETTO | locale | globale | vasta area | globale |
| SPECIE INTERESSATE | poche | numerose | molte | un solo taxon |
| | Rumore di fondo del processo evolutivo. Dovuto a competizioni per spazio e cibo e alla predazione. | Cause non prevedibili. Scompaiono taxa ben adattati all'ambiente. | Dovute, ad. es., all'azione di un vero e proprio filtro termico. Non incidono sulla diversità tassonomica di livello gerarchico più elevato della specie e del genere. | |

ESTINZIONI DI BASE

Sono considerate il **rumore di fondo** del processo evolutivo.

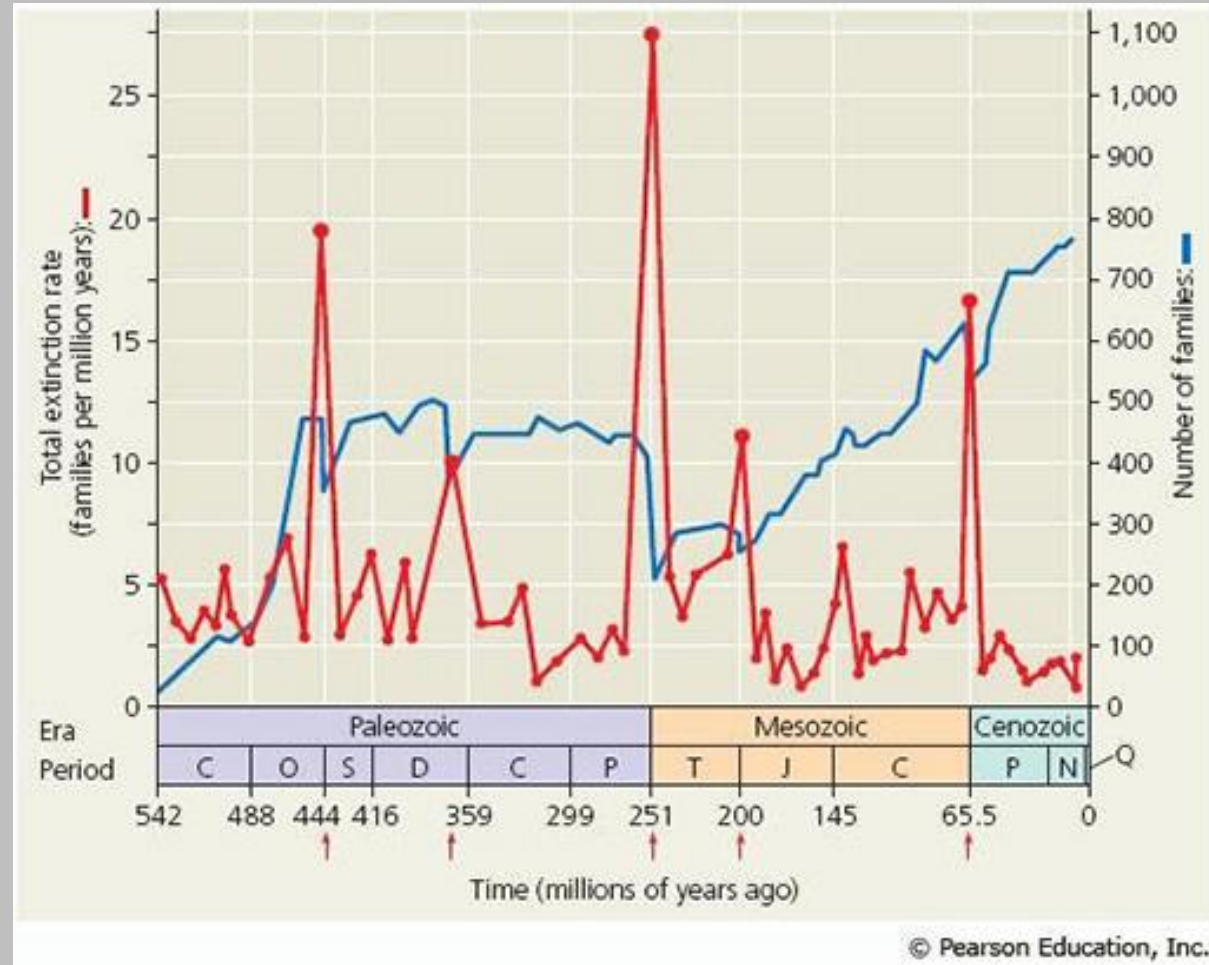
Si tratta della continua scomparsa di famiglie, quantificabile tra 4.6 e 2 per milione di anni, con una progressiva tendenza a calare nel corso del Fanerozoico.

Le **cause** sono per lo più da ricercarsi tra fattori locali (competizione per spazio/cibo, predazione, ...)

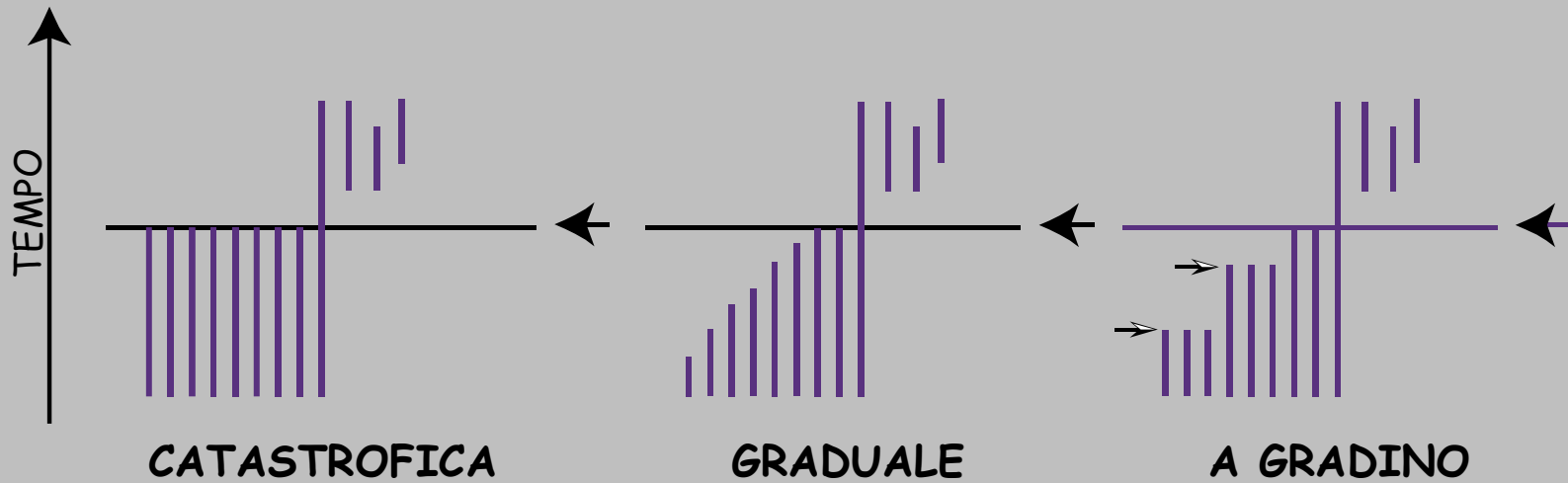


ESTINZIONI DI MASSA

Scomparsa improvvisa su tutta la Terra di un elevato numero, o della maggior parte, dei taxa.



MODELLI DI ESTINZIONI



ESTINZIONI DI MASSA

Si può parlare di estinzione di massa quando:

1. si estingue la maggior parte delle specie, almeno il 30% dei biota ancora esistenti;
2. le forme estinte occupavano una vasta gamma di ambienti e comprendevano forme marine e non marine, piante e animali, forme microscopiche e forme grandi;
3. le estinzioni si sono verificate in un breve intervallo di tempo e quindi devono essere state prodotte da una singola causa o da un gruppo di cause tra loro collegate.

Le "Big Five"

fine dell'Ordoviciano (ca. 440 Ma)

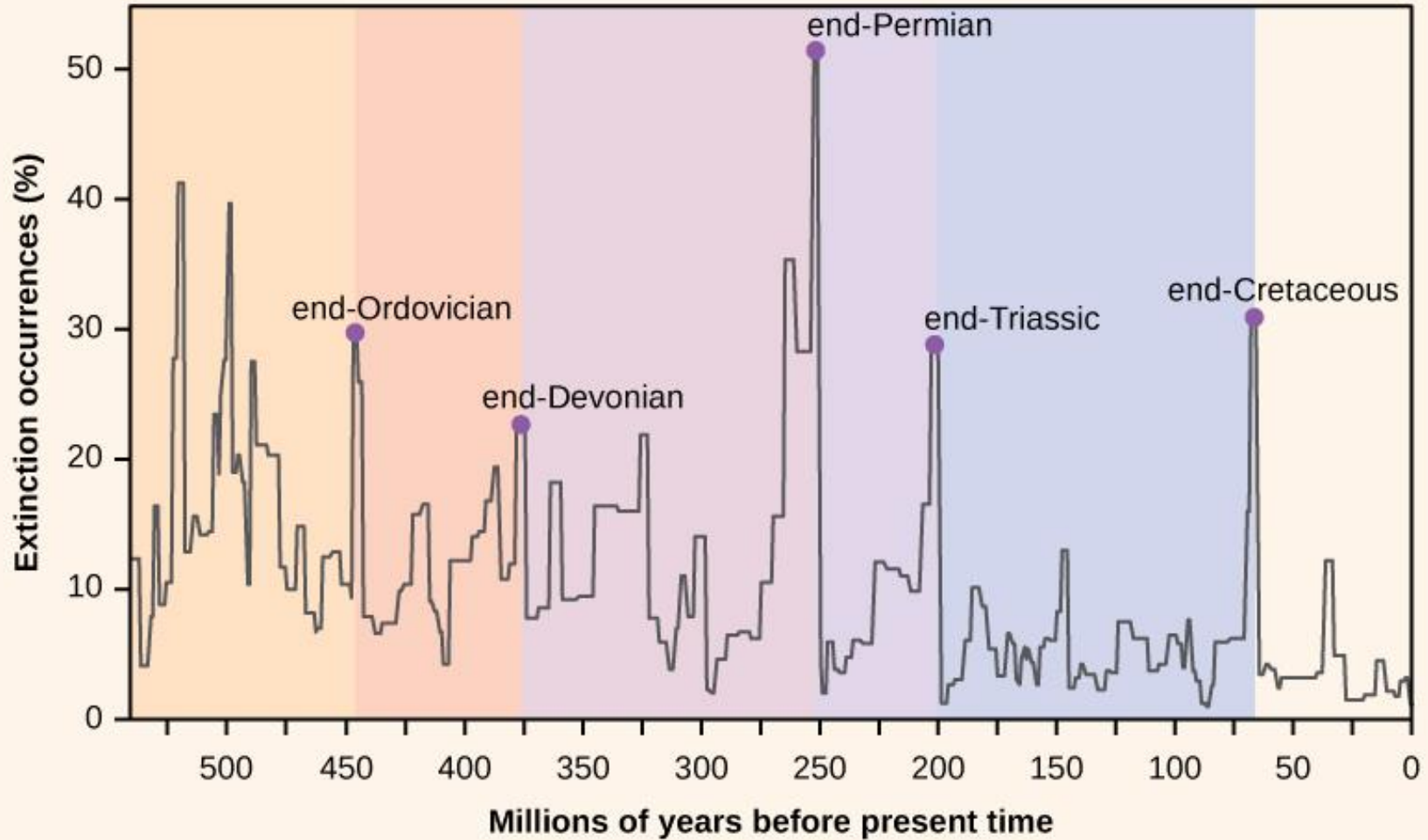
tardo Devoniano (ca. 365 Ma)

Permiano-Triassico (ca. 255 Ma)

fine Triassico (ca. 205 Ma)

Cretaceo-Terziario (ca. 65 Ma)

ESTINZIONI DI MASSA



ESTINZIONI DI MASSA

Le estinzioni possono essere classificate, in base alla loro **ampiezza** (o magnitudo) [% di taxa che scompaiono] in tre gruppi di eventi:

“maggiori”

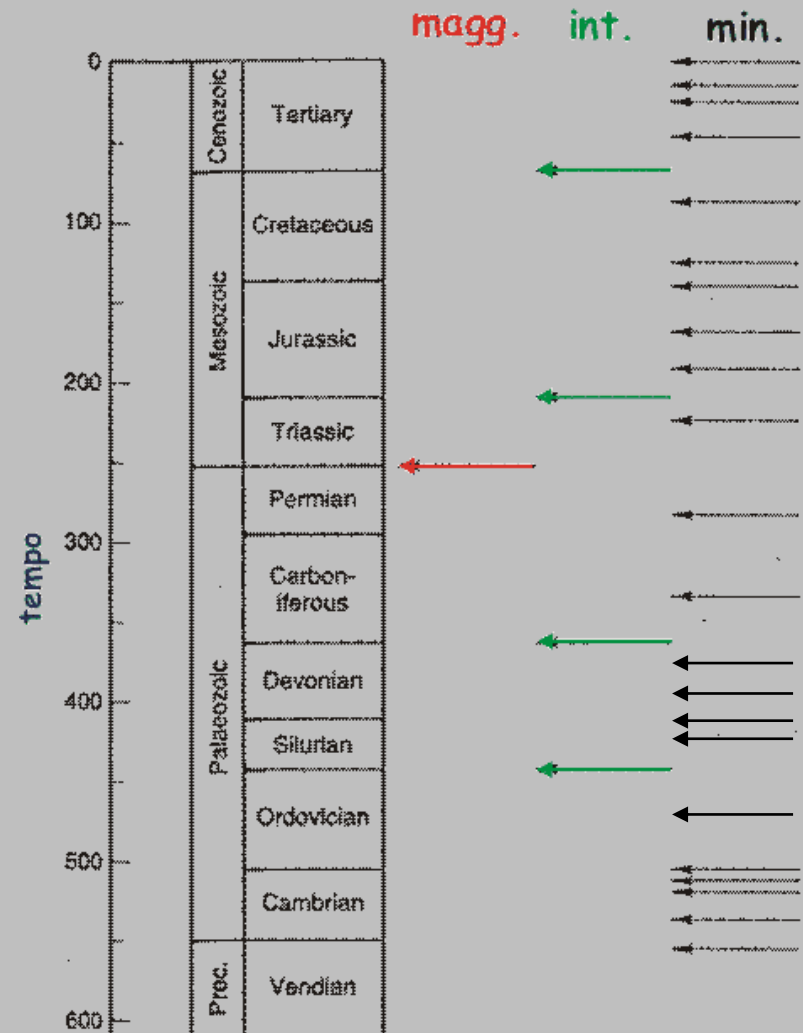
50% delle famiglie
80-95% delle specie

“intermedie”

10-20% di famiglie
almeno il 50% delle specie

“minori”

5-10% di famiglie
30-50% delle specie.



CAUSE DELLE ESTINZIONI DI MASSA



CAUSE DELLE ESTINZIONI DI MASSA

Si ritiene che le estinzioni di massa siano dovute a perturbazioni globali dell'ambiente fisico piuttosto che a cause biologiche.

Perché si abbia una grande estinzione è necessario che vengano eliminate

- sia le specie ad ampia diffusione
- sia quelle rappresentate da una piccola popolazione locale

Per eliminare tali specie gli stress ambientali devono in genere essere estremamente intensi e il loro effetto verrà ampliato solo se gli stress avverranno in modo improvviso e su di un'area molto estesa. Se molte specie si estinguono in modo simultaneo gli stress devono verificarsi in modo che tutti gli ambienti ne siano interessati.

I cambiamenti ambientali devono avvenire su di un'ampia area geografica, incidere profondamente sull'ambiente ed essere in genere rapidi, in modo che la fauna non possa migrare o adattarsi all'ambiente che cambia.

CAUSE DELLE ESTINZIONI DI MASSA

Le cause fisiche relative all'ambiente che vengono normalmente proposte come cause di estinzioni di massa sono:

Oscillazioni del livello del mare

Cambiamenti climatici

Cambiamenti del regime oceanico

Impatto di un bolide extraterrestre

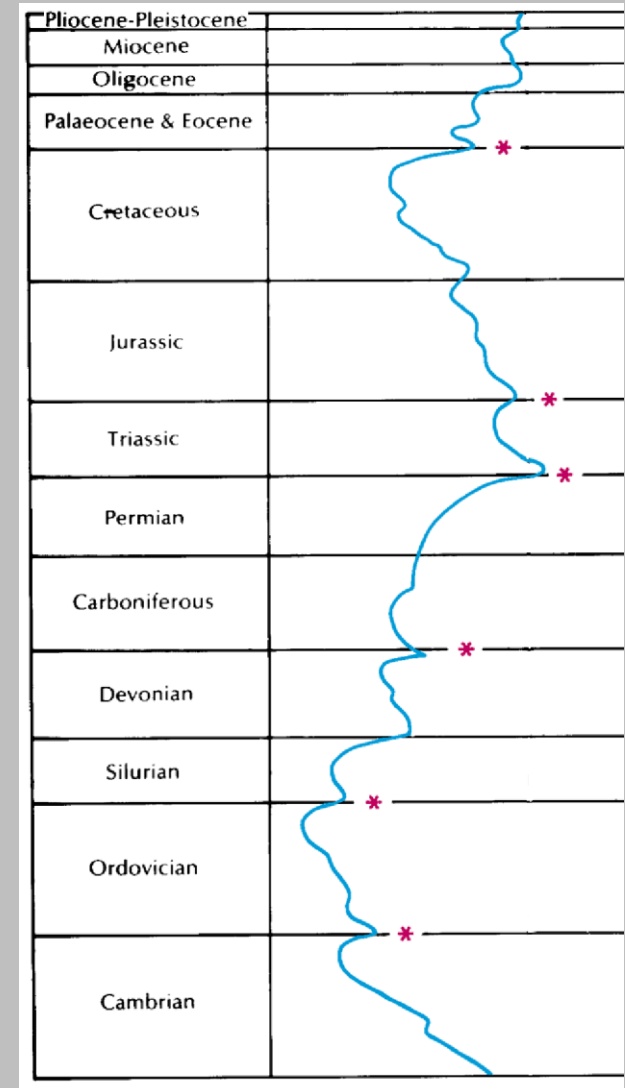
Attività vulcanica

OSCILLAZIONI DEL LIVELLO DEL MARE

Cambiamenti batimetrici sono associati con tutte le estinzioni di massa, ma anche con molte estinzioni minori (es.: fine Cambriano, Cenomaniana/Turoniana, Oligocene/Miocene)

Oscillazioni del livello del mare possono :

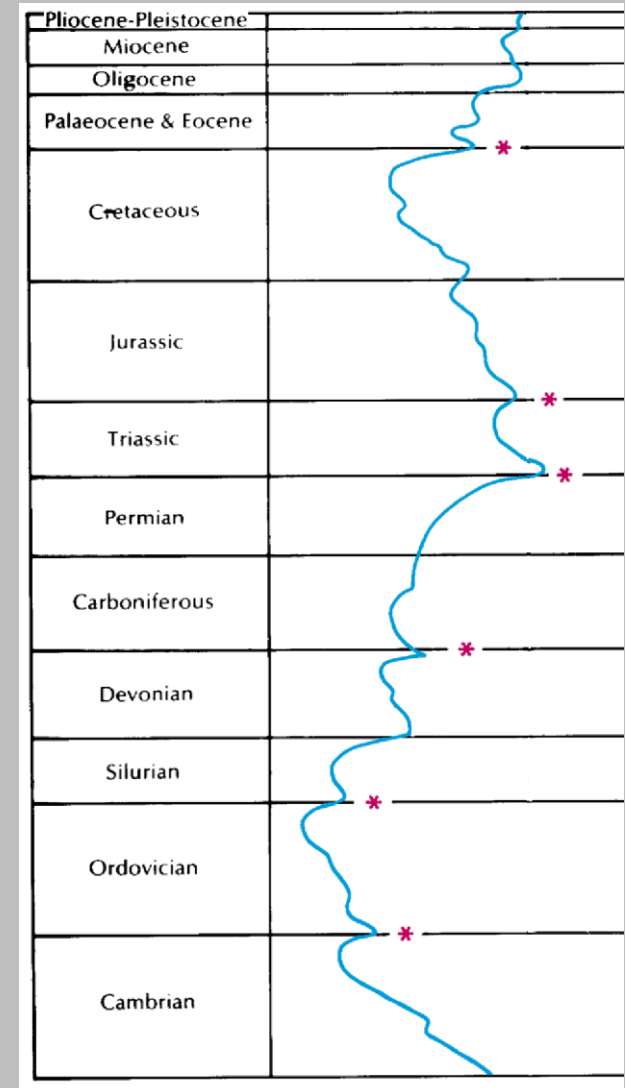
- interessare i biota a diversi livelli ecologici;
- modificare il numero delle province biogeografiche mediante l'apertura o la chiusura di collegamenti marini e così modificare la paleogeografia globale;
- modificare la diversità degli habitat e quindi la varietà delle comunità attraverso il cambiamento della profondità dei mari epicontinentali;
- cambiare la quantità di area abitabile e quindi influire sulla abbondanza delle specie.



OSCILLAZIONI DEL LIVELLO DEL MARE

CRITICHE

Non sembra però che una variazione eustatica possa da sola essere l'unica causa di una grande estinzione. Infatti, le estinzioni non corrispondono necessariamente con il massimo delle regressioni, quanto con le prime fasi delle trasgressioni e con le fasi anossiche ad esse associate.



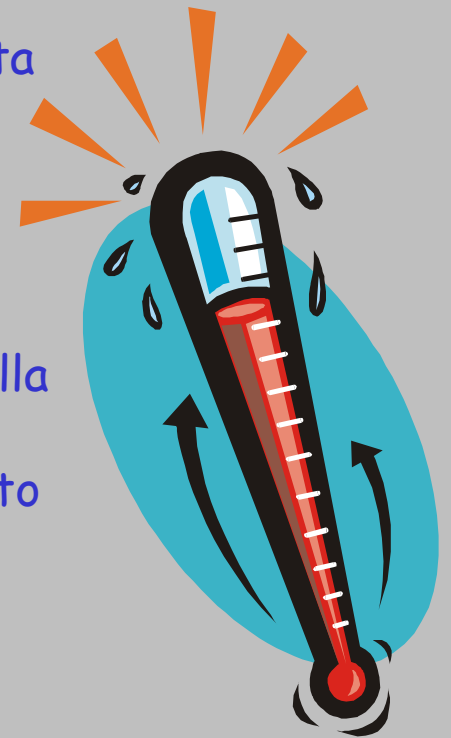
CAMBIAMENTI CLIMATICI

Tutti gli eventi di estinzione di massa coincidono con un certo grado di cambiamento climatico come pure certe estinzioni minori.

Una **variazione della temperatura** è generalmente ritenuta essere la più potente forza climatica come causa di estinzione, ma in certi casi anche altri aspetti climatici, come l'aridità e la piovosità, siano stati proposti in casi specifici.

La **temperatura** è chiaramente un controllo importante sulla distribuzione geografica delle specie. Improvvisi cambiamenti di temperatura metterebbero gli animali sotto stress. Tuttavia, la maggior parte degli organismi marini possono tollerare cambiamenti di temperatura di breve durata.

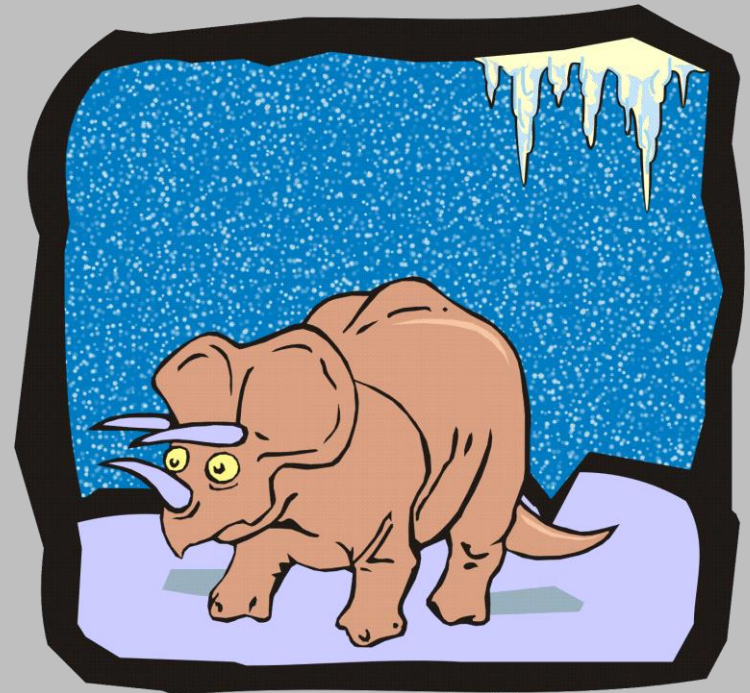
Spostamenti delle fasce climatiche a lungo termine sono in genere seguite da migrazione dei biota parallelamente al movimento delle fasce climatiche stesse.



CAMBIAMENTI CLIMATICI

Cambiamento climatico a lungo termine:
gli organismi normalmente si adattano alla temperatura che cambia.

Cambiamento climatico globale rapido e sostanziale da eliminare intere fasce climatiche: l'estinzione sarà potenzialmente molto grande ed ecologicamente molto incisiva. Ciò avverrà in modo così particolare se le regioni tropicali si raffreddano in modo sostanziale in quanto esse sono abitate da una fauna molto diversificata ed estremamente adattata che è quindi particolarmente suscettibile ad una "perturbazione" fisica.



CAMBIAMENTI CLIMATICI

Non sempre a un cambiamento climatico corrisponde un'estinzione, tuttavia la stretta relazione temporale tra l'inizio di una glaciazione e alcune estinzioni (avvenute alla fine dell'Ordoviciano, alla fine dell'Oligocene e del Miocene medio) suggerisce fortemente che in questi casi può esservi stato un rapporto di causa/effetto.



Un **aumento di temperatura** non è generalmente ritenuto una causa probabile di grandi estinzioni.

CAMBIAMENTI DEL REGIME OCEANICO

Significative escursioni dell'isotopo stabile $\delta^{13}\text{C}$ sono associate con tutte le estinzioni di massa

Massimi e minimi nei valori di $\delta^{13}\text{C}$ indicano che vi sono stati cambiamenti nella produzione e nel riciclaggio di carbonio organico negli oceani. E' probabile che questi cambiamenti possano venir posti in relazione con variazioni nella produzione, sedimentazione e immagazzinamento di carbonio organico derivante da cambiamenti nella struttura e nella circolazione degli oceani, innescati da variazioni sia della temperatura, sia del livello del mare, sia della paleogeografia dei bacini oceanici.

CAMBIAMENTI DEL REGIME OCEANICO

Sedimenti anossici sono stati trovati in corrispondenza o in prossimità di livelli di scomparsa in tutte le estinzioni di massa e di alcuni eventi minori.

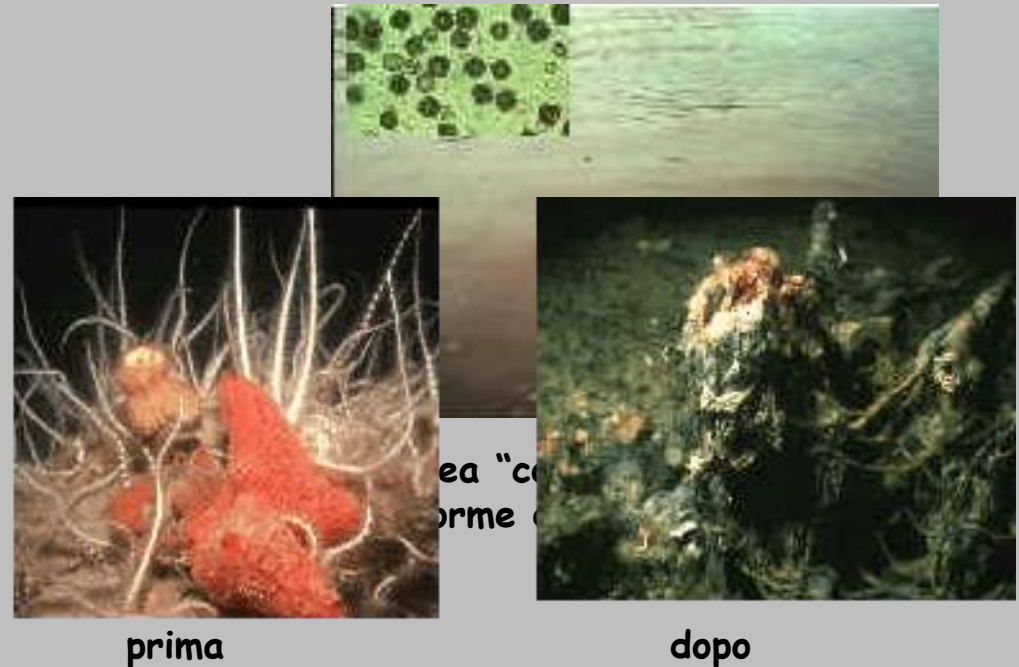
I **sedimenti anossici**, che sono generalmente scuri (da grigio scuro a neri) sono associati con sequenze trasgressive formatesi all'interno di bacini cratonici, piattaforme continentali o, più raramente, in bacini profondi.

Momenti di anossia potrebbero essere stati certamente causa di morte tra popolazioni locali, ma è discutibile che una fase anossica si sia potuta verificare a scala globale. Infine, questo meccanismo non avrebbe potuto interessare sia gli ecosistemi terrestri che quelli marini.



CAMBIAMENTI DEL REGIME OCEANICO

Quando il carbonio non viene sedimentato, originando scisti neri ricchi di materia organica, si registra un aumento della produttività organica che è sempre associata con ecosistemi ad elevato tasso di nutrienti. Questi ecosistemi sono caratterizzati da un'alta abbondanza (specifica) ma da una bassa diversità, cosicché una diffusa eutrofizzazione degli oceani (sempre prodotta da una abbondanza di nutrienti) potrebbe potenzialmente dare origine ad elevati livelli di estinzione.



Per alcune estinzioni sono stati proposti cambiamenti nella struttura e nella circolazione oceanica innescati da cambiamenti della temperatura

IMPATTI DI BOLIDI EXTRATERRESTRI

E' una delle ipotesi più di moda.

L'idea deriva dal ritrovamento di un orizzonte con elevata concentrazione di **Iridio** in corrispondenza del K/T.

L'Iridio è presente nella crosta terrestre in quantità limitata ma è abbondante nei materiali extraterrestri. Quindi, un picco di iridio vorrebbe dire che esso si è sedimentato in seguito all'impatto di un bolide (asteroide, cometa, ...).

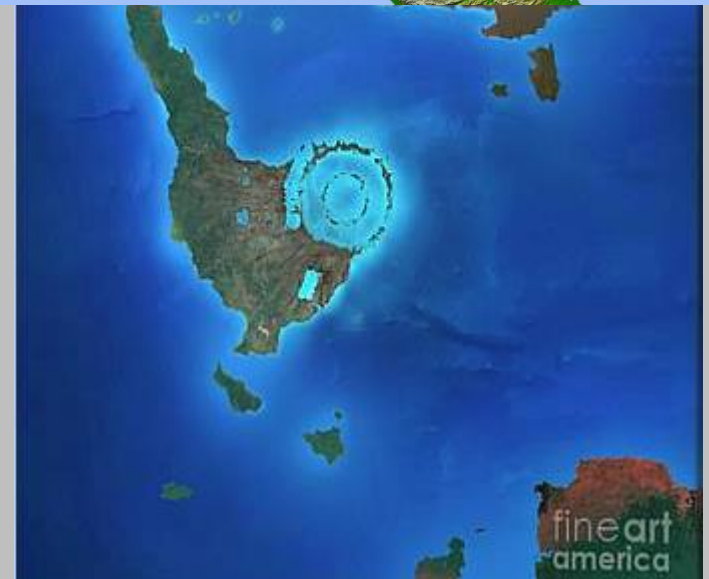


IMPATTI DI BOLIDI EXTRATERRESTRI



Meteor crater, Arizona

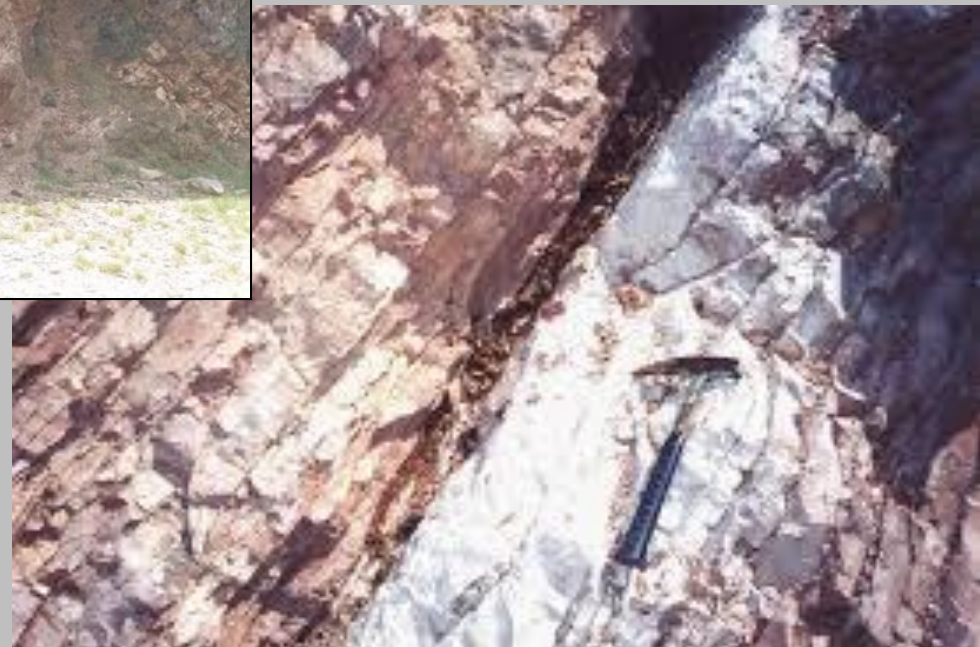
Circa 50000 anni fa



IMPATTI DI BOLIDI EXTRATERRESTRI



Gola del Bottaccione (Gubbio)
Limite Cretaceo/Terziario



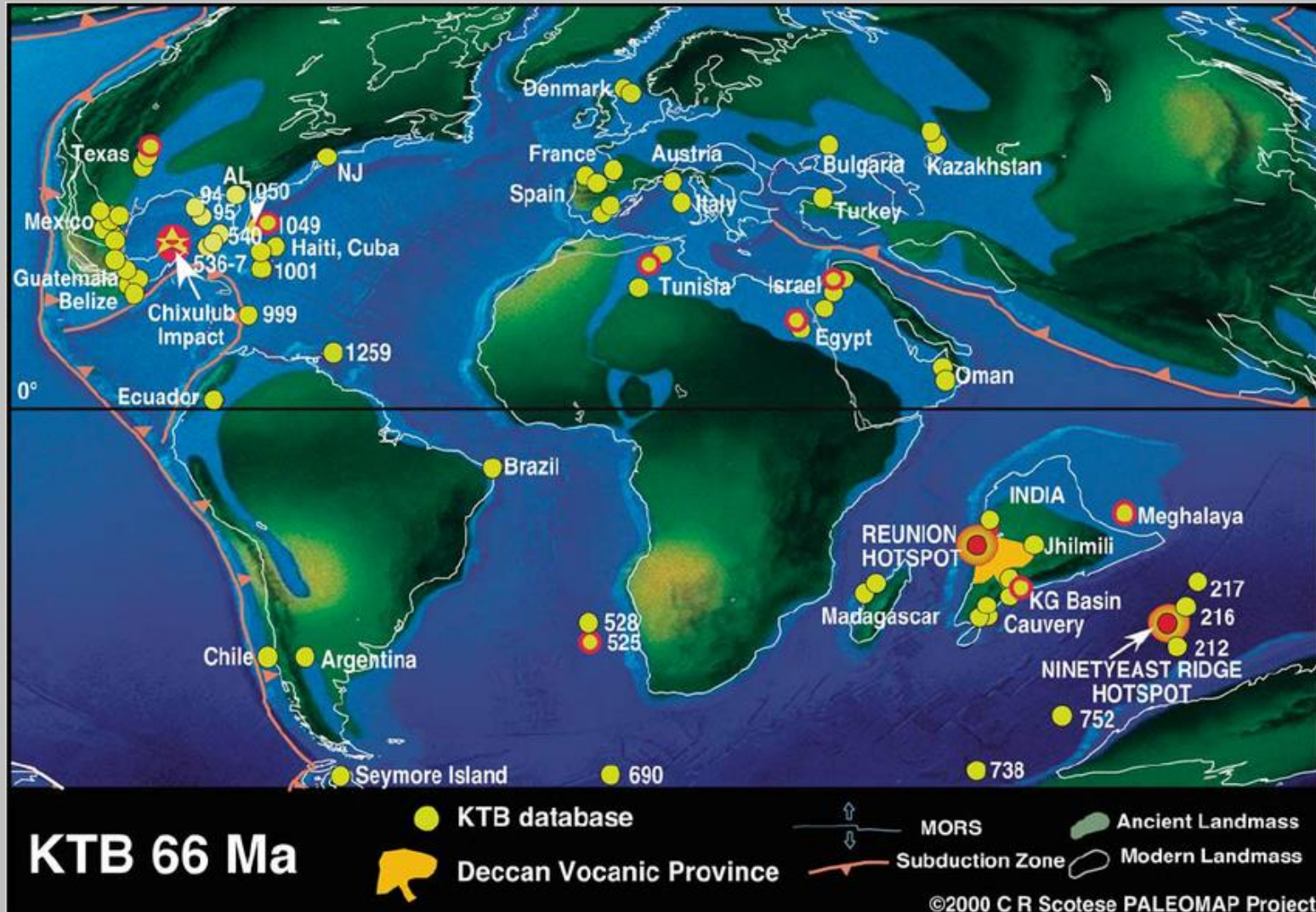
IMPATTI DI BOLIDI EXTRATERRESTRI



Cratere di Chicxulub (Messico)

Limite Cretaceo/Terziario

IMPATTI DI BOLIDI EXTRATERRESTRI



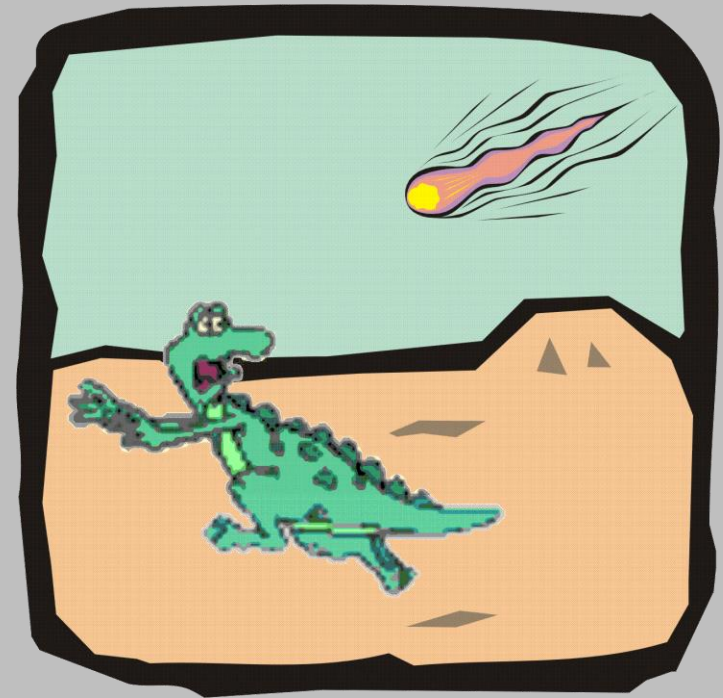
Limite Cretaceo/Terziario

IMPATTI DI BOLIDI EXTRATERRESTRI

Un'ulteriore prova a sostegno dell'impatto di un bolide è data dalla presenza di quarzo metamorfosato dallo shock e di microtectiti.

Il **quarzo metamorfosato dallo shock** viene facilmente riconosciuto dalla presenza di due o più sequenze di lamelle da shock che s'incrociano tra di loro; esso è associato con la maggior parte dei siti dove sono avvenuti impatti

Le **microtectiti** sono goccioline vetrose di dimensioni millimetriche prodotte dalla fusione durante un impatto e che possono essere disperse mediante nuvole di vapore su superfici a scala continentale. La loro mineralogia le pone in relazione al luogo dell'impatto e potenzialmente permette di identificarlo.



IMPATTI DI BOLIDI EXTRATERRESTRI

CRITICHE

- non a tutti i grandi crateri sono associate forti estinzioni
- concentrazioni di Iridio e quarzi metamorfosati possono avere altre origini
- un qualsiasi corpo extraterrestre non sarebbe capace da solo di provocare una estinzione di massa, o di essere stato la causa di una estinzione specifica

ATTIVITA' VULCANICA

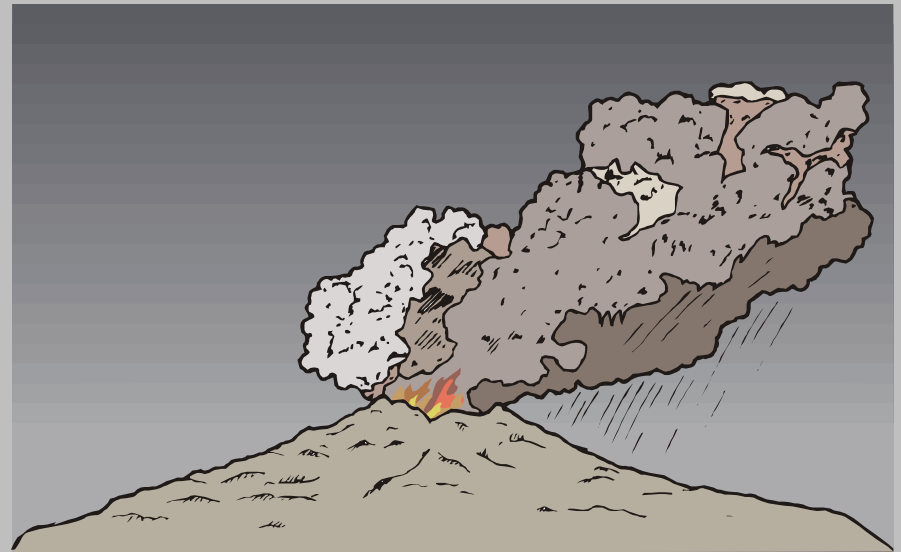
E' una interpretazione alternativa ai dati portati per sostenere il ruolo di un impatto da bolide.

Le grandi eruzioni che possono avere inciso sull'ambiente globale sono principalmente di due tipi:

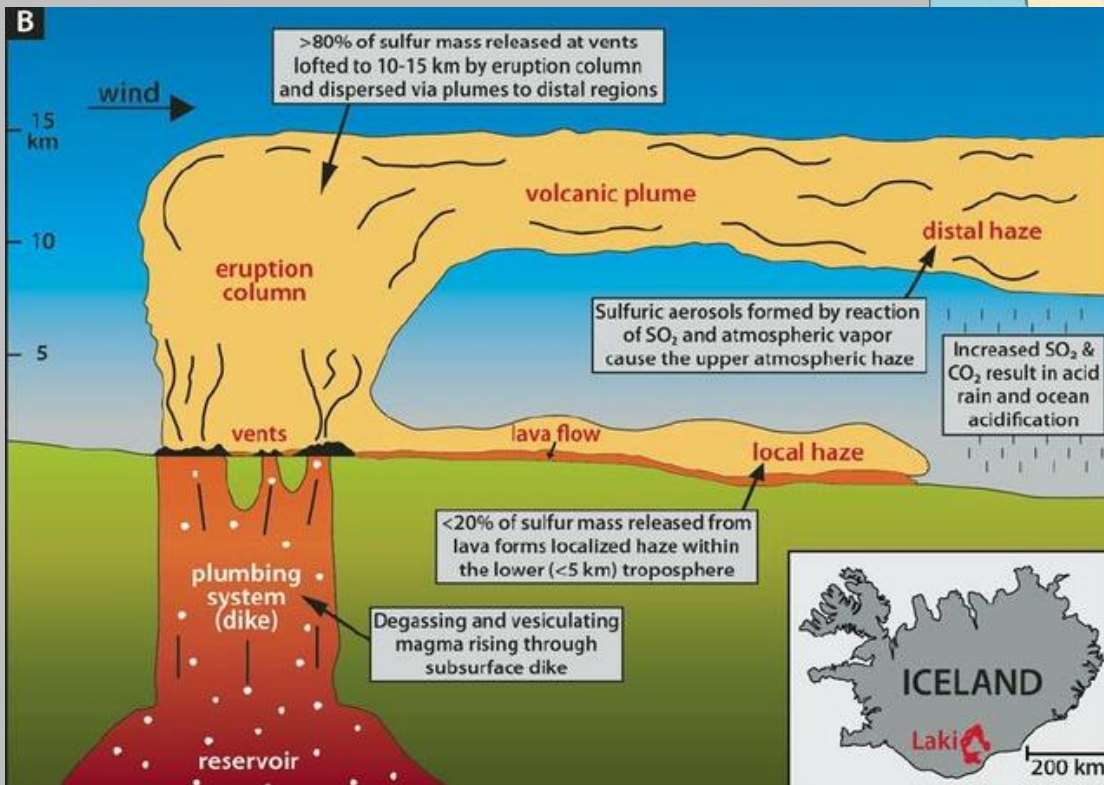
eruzioni prevalentemente acide ed estremamente esplosive normalmente associate alla formazione di caldere; relazioni con raffreddamenti climatici a breve termine.

tranquille effusioni di materiale basaltico che normalmente produrrebbero plateau basaltici.

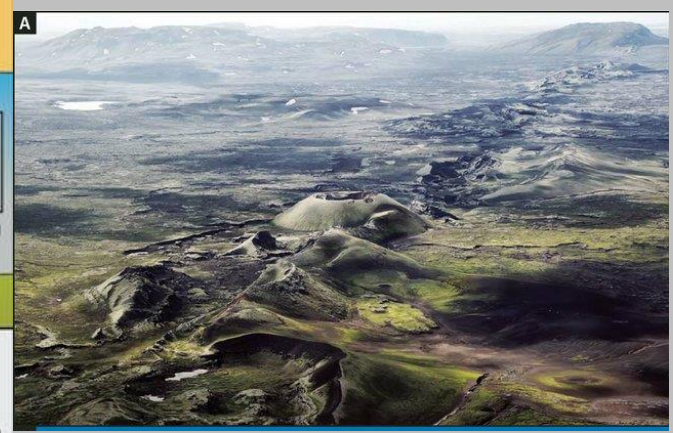
emissioni nella stratosfera di enormi quantità di gas ricchi di zolfo che producono aerosol di acido solforico.



ATTIVITA' VULCANICA



Punekar et al., 2014

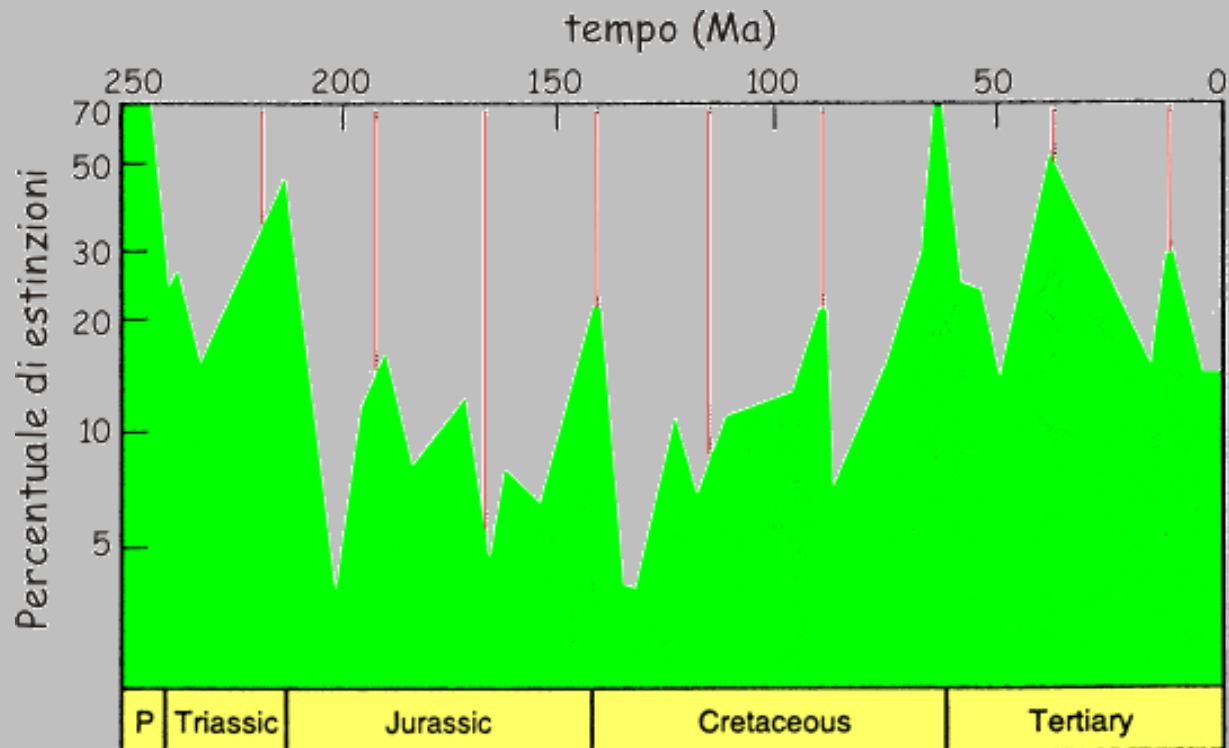


Schema degli effetti di una eruzione effusiva



CICLICITA' DELLE GRANDI ESTINZIONI

E' stato osservato che esisterebbe, negli ultimi 250 m.a., un intervallo regolare di 26 Ma tra i picchi di estinzione nelle famiglie di organismi marini. Una regolare periodicit  nelle estinzioni potrebbe essere messa in relazione solo a **cause astronomiche**, pi  precisamente in un fenomeno di disturbo delle comete della Nube di Oort: alcune comete verrebbero proiettate verso il sistema solare interno, con buone probabilit  di centrare la Terra.



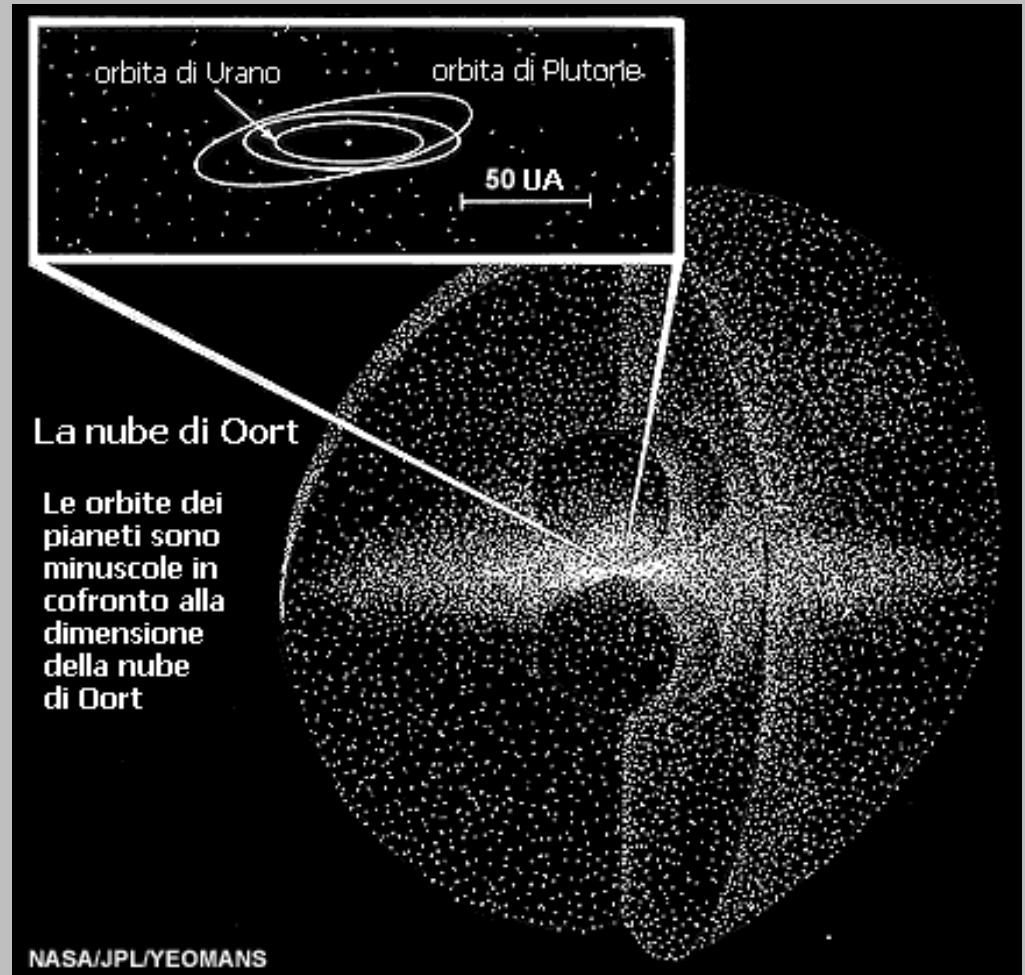
CICLICITA' DELLE GRANDI ESTINZIONI

Possibili cause di innesco:

- L'orbita molto eccentrica di una piccola stella gemella del Sole, chiamata Nemesis (ma non ancora scoperta) con una rivoluzione di 26-28 m.a.;

- L'oscillazione del Sistema Solare ("tiltaggio") nel piano della galassia;

- Gli effetti di un misterioso decimo Pianeta X che si nasconderebbe dietro a Plutone ai bordi del Sistema Solare.



CICLICITA' DELLE GRANDI ESTINZIONI

CRITICHE

Ogni estinzione di massa sia stato un evento unico nel suo genere

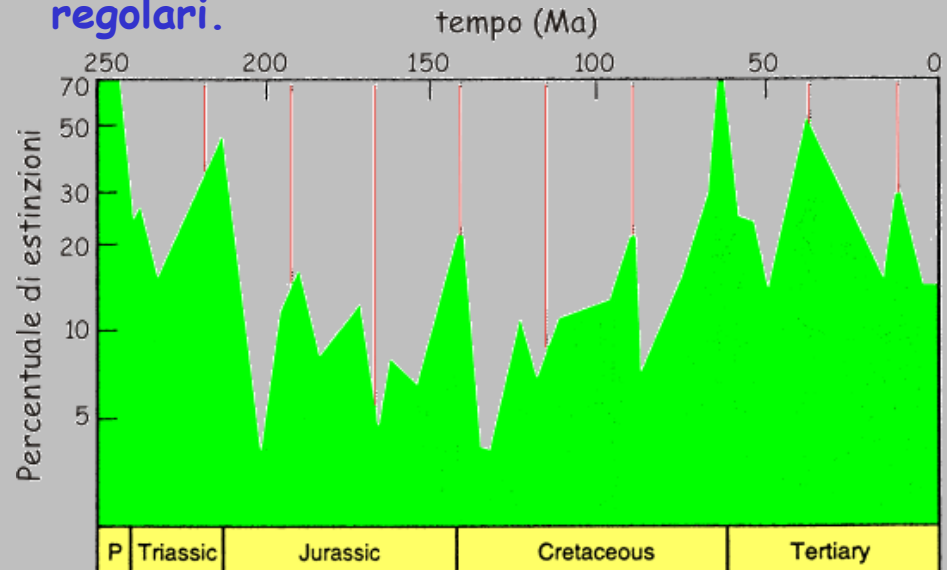
Il ciclo di 26 m.a. sarebbe artificioso in quanto dovuto ad una analisi troppo limitata dei dati.

Alcuni dei picchi del grafico non sarebbero "reali".

Alcuni picchi di estinzione del grafico (Fine Trias, Giurassico medio, Cretacico inf. e Pliocene) cadono al di fuori dei principali momenti di estinzione rilevati.

Prove di impatto sarebbero state trovate in corrispondenza di solo uno o due dei 10 o 11 picchi di estinzione del grafico e le prove sono veramente sostanziali solo per l'evento K/T.

La periodicità di 26 m.a. può semplicemente essere un riflesso del tempo necessario affinché una fauna si riprenda da un evento prima di risentire gli effetti del prossimo cambiamento climatico o del prossimo impatto. Ciò spiegherebbe anche perché i "cicli" non sono esattamente di 26 Ma possono variare di durata. Una causa astronomica produrrebbe cicli molto più regolari.



CONFRONTI TRA ESTINZIONI DI MASSA

| | FINE ORDOVICIANO | TARDO DEVONIANO | PERMO-TRIAS | TARDO TRIAS | CENOMANIANO-TURONIANO | CRETACEO-TERZIARIO | EOCENE-OLIGOCENE | |
|-------------------------------------|--|--|---|--|---|--|---|---|
| Scansione temporale (DURATA) | 2 fasi, distanti 1Ma | estinzioni per 3Ma, con un picco verso la fine | 3 o più eventi in 3Ma Estinzioni concentrate in 2Ma, con un picco alla fine | 2 eventi su 15Ma Uno minore nel Carnico e uno maggiore al limite Trias-Giura | moderate estinzioni a gradini distribuite su 1-3Ma. Una più grande su 0.5Ma | Quasi istantanea, o progressiva su qualche centinaia Ky , fino a un forte picco | A gradini per svariati Ma | |
| MAGNITUDO | 12% famiglie 61% generi 85% specie | 14-22% famiglie 55% generi 82% specie | 52% famiglie 84% generi 96% specie | 12% famiglie 47% generi 76% specie | 7% famiglie 26% generi 53% specie | 11% famiglie 47% generi 76% specie | 15% generi 35% specie | |
| ha RIGUARDATO | principali cladi | molti cladi tabulati e rugosa stromatoporidi conodonti foraminiferi brachiopodi pesci | tutti i cladi estinzione totale di: tabulati e rugosa goniatiti trilobiti blastoidi 3 gruppi crinoidi ... | parecchi cladi ammonoidi brachiopodi conodonti bivalvi briozoi gasteropodi vertebrati piante | parecchi cladi ammoniti nannofossili dinoflagellati ostracodi bivalvi | molti cladi foram. plankton. brachiopodi coccoliti estinzione totale di: ammoniti dinosauri. | parecchi cladi foram. plankton. foram. bentonici nannoplankton ostracodi bivalvi gasteropodi echinoidi piante mammiferi | |
| | gruppi ecologici | fitoplankton zooplankton benthos sessile benthos mobile | soprattutto faune tropicali scogliere benthos di acqua bassa | tutti i gruppi ecologici. soprattutto zooplankton sospensiv. sessili carnivori forme con larve planktotrofiche | grandi cambiamenti nell'ecologia dei rettili forti estinzioni in comunità ad ammonoidi e bivalvi | Plankton nekton sessile benthos epifaunale | phytoplankton nannoplankton piante delle basse latitudini tetrapodi terrestri | migrazioni equatoriali di faune planktoniche e bentoniche piante |
| CAUSE | proposte | abbassamento del livello del mare raffreddamento anossia variaz. oceanogr. eutrofismo impatto | variaz. climatiche variaz. eustatiche anossia impatto | variaz. climatiche variaz. eustatiche anossia avvelenamento da elem. in tracce radiaz. cosmiche vulcanismo | variaz. climatiche variaz. eustatiche anossia impatto | anossia impatto variaz. eustatiche | impatto variaz. climatiche abbassamento del livello marino variaz. chimismo acque oceaniche | raffreddamento eutrofismo impatti vulcanismo |
| | più probabili | combinazione di raffreddamento variaz. oceanogr. eutrofismo anossia | combinazione di variaz. climatiche variaz. eustatiche anossia impatto | combinazione di variaz. climatiche variaz. eustatiche anossia vulcanismo | anossia (Carn/Nor) aridità (fine Trias) | anossia o combinazione di impatti variaz. climatiche variaz. chimismo acque oceaniche | impatto o variaz. climatiche e loro conseguenze | raffreddamento impatti di comete |

CONFRONTI TRA ESTINZIONI DI MASSA

| | FINE ORDOVICIANO | TARDO DEVONIANO | PERMO-TRIAS | TARDO TRIAS | CENOMANIANO-TURONIANO | CRETACEO-TERZIARIO | EOCENE-OLIGOCENE |
|-----------------------|---|---|---|---|---|--|---|
| ISOTOPI STABILI | $\delta^{13}\text{C}$ | +~6‰ 1° estinz. -~6‰ 2° estinz. | +3.9‰ in corrisp. dei due Kellwasser | +3.5‰ nel Permiano Sup -4‰ al limite P-T | -2‰ al limite | <+3‰ in corrisp. della principale estinzione | <-3‰ in corrisp. dell'estinzione |
| | $\delta^{18}\text{O}$ | +~3.5‰ 1° est. -~3.5‰ 2° est. | | da -0.5 a +4.5‰ al limite P-T | ampio slittamento negativo | fluttuante: \pm +2‰ | -0.5‰, seguita da +3‰ |
| VARIAZIONI EUSTATICHE | -50-100 m dopo la 1° estinzione. +50-100 m alla 2° estinzione. | generale regress. nel Frasniano sup. Trasgr. al F/F | prolungato abbassamento nelle prime fase dell'estinzione, poi brusca risalita | regressione nel Trias Sup., poi rapida trasgr. nel Retico | abbassamento prima, poi forte risalita all'estinzione | abbassamento attorno al K-T | fluttuazioni |
| CLIMA | raffreddamento degli oceani di vari °C in corrisp. delle estinzioni | possibile rapido raffreddamento, ma non si hanno dati certi | pronunciato riscaldamento dopo la glaciaz. Perm-Carb. aridità equator. | aumento di aridità nel Trias sup., ma con fasi umide nel Carnico Umido nel Giura Inf. | evidenze di fluttuazioni climatiche | aumento della stagionalità verso il limite K-T. Possibile breve raffreddamento | marcato raffreddamento |
| ANOSSIA | diffusa anossia alla 2° estinz. | diffusa anossia | diffusa anossia | anossie regionali | diffusa anossia | anossie locali | |
| IMPATTI | anomalie di iridio al limite, ma non confermate da nuove analisi | almeno 3 grandi crateri. microtectiti deboli anomalie di iridio | picchi di iridio in Cina, ma non confermati | grande cratere nel Quebec | deboli anomalie di iridio alcune microtectiti | forti picchi di iridio al K-T. microtectiti quarzi "shocked" | livelli di microtectiti, ma solo uno associato con un'estinz. |
| VULCANISMO | scarso | scarso | diffuso vulcanismo basaltico nei Trappi della Siberia nel Permiano Sup. | scarso | scarso | diffuso vulcanismo basaltico nei Trappi del Deccan (India), attorno al K-T | lave della Rift Valley (Africa orientale) |

CRISI BIOLOGICHE E PROCESSO EVOLUTIVO

E' generalmente ritenuto che l'evoluzione, passando attraverso periodi di estinzioni di base, sia guidata dalla sopravvivenza dei più adatti e dall'estinzione dei non adatti nel corso di lunghi periodi di selezione naturale, sebbene possa succedere che alcune estinzioni siano dovute al caso -cattiva fortuna- piuttosto che a cattivi geni.

Sono stati proposti tre modelli attraverso i quali potrebbe verificarsi una estinzione di massa:

- “Caccia regolamentata”: l'estinzione di massa sarebbe guidata dalla selezione naturale che esalterebbe solo la quantità e l'intensità del processo.

- “Rulette Russa”: le principali estinzioni sarebbero casuali negli effetti distruttivi e la sopravvivenza sarebbe in gran parte dovuta alla fortuna. Vi sarebbe in ogni caso una certa selettività in quanto specie rappresentate da vaste popolazioni e a larga diffusione avrebbero maggiori possibilità di sopravvivere .

- “L'Estinzione Wanton”: vi sarebbe una certa selettività. Le specie non sopravvivrebbero in quanto meglio adattate alle condizioni “normali” ma perché esse riescono a sopportare le condizioni “anormali” che si verificano durante l'evento di estinzione.

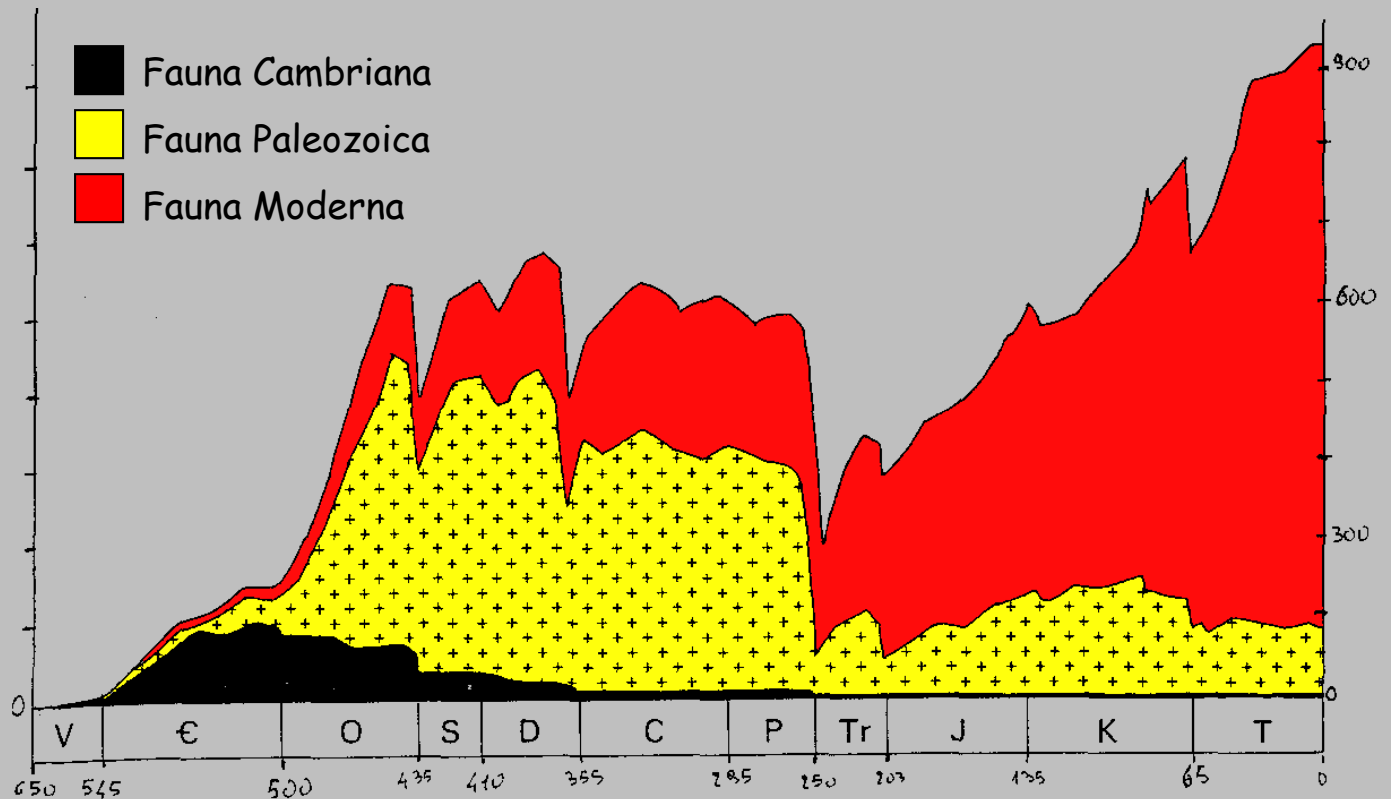
CRISI BIOLOGICHE E PROCESSO EVOLUTIVO

Se l'estinzione si verificasse secondo il modello "Roulette Russa" o "Wanton" potrebbe potenzialmente alterare il corso dell'evoluzione lasciando una fauna residua che sarebbe costituita dagli elementi più fortunati delle comunità pre-esistenti, creando così opportunità per nuovi adattamenti e per strutture di nuove comunità.

Secondo il modello di Sepkoski (1984), le estinzioni di massa accelerano le tendenze evolutive insite nelle faune in evoluzione o le diversificano portandole a un "livello di equilibrio" o le portano verso un declino che va di pari passo con la diversificazione della fauna successiva.

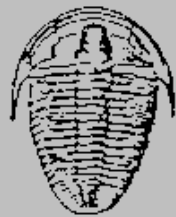
LE FAUNE EVOLUTIVE

Un certo sostegno per questa interpretazione viene dai modelli di cambiamento di diversità nella Fauna del Paleozoico e nella Fauna del Mesozoico.



LE FAUNE EVOLUTIVE

CAMBRIAN FAUNA



1. Trilobita



2. Inarticulata



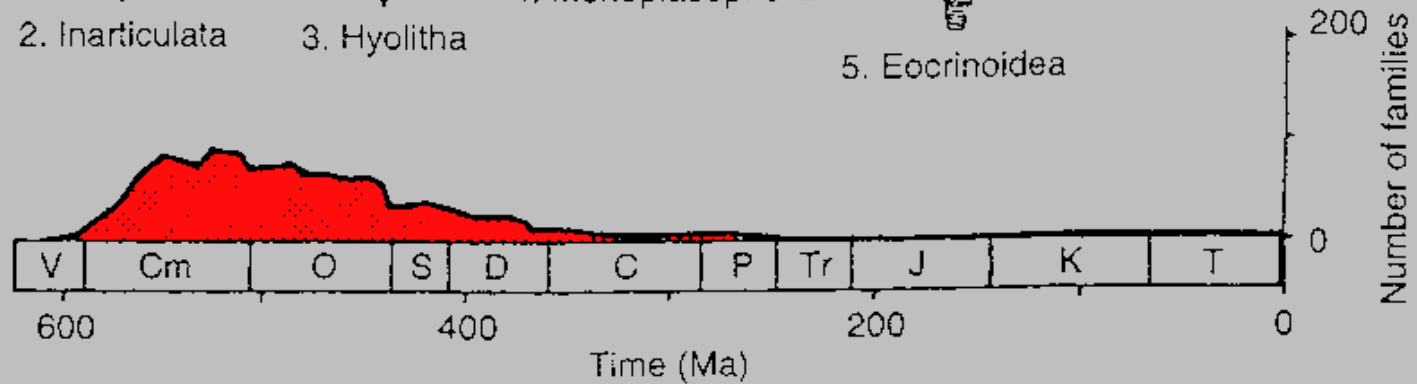
3. Hyolitha



4. Monoplacophora



5. Eocrinoidea



LE FAUNE EVOLUTIVE

PALAEOZOIC FAUNA



6. Articulata



8. Anthozoa



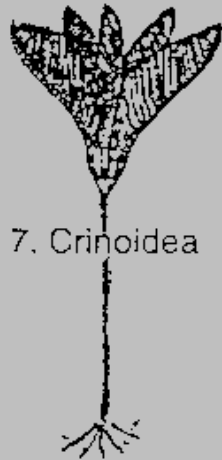
10. Cephalopoda



11. Stenalaemata



12. Stelleroida



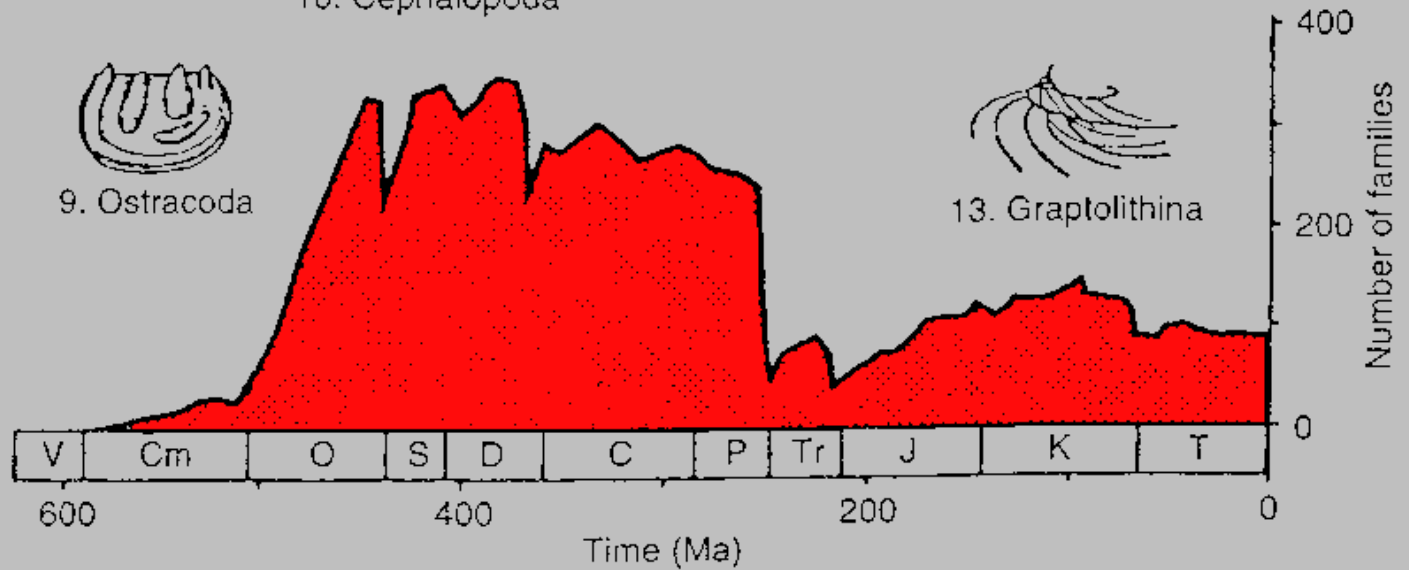
7. Crinoidea



9. Ostracoda



13. Graptolithina



LE FAUNE EVOLUTIVE

MODERN FAUNA



14. Bivalvia



15. Malacostraca



21. Osteichthyes



23. Reptilia



15. Gastropoda



22. Chondrichthyes



24. Mammalia



18. Demospongia



19. Rhizopodea



20. Echinoidea



17. Gymnolaemata

