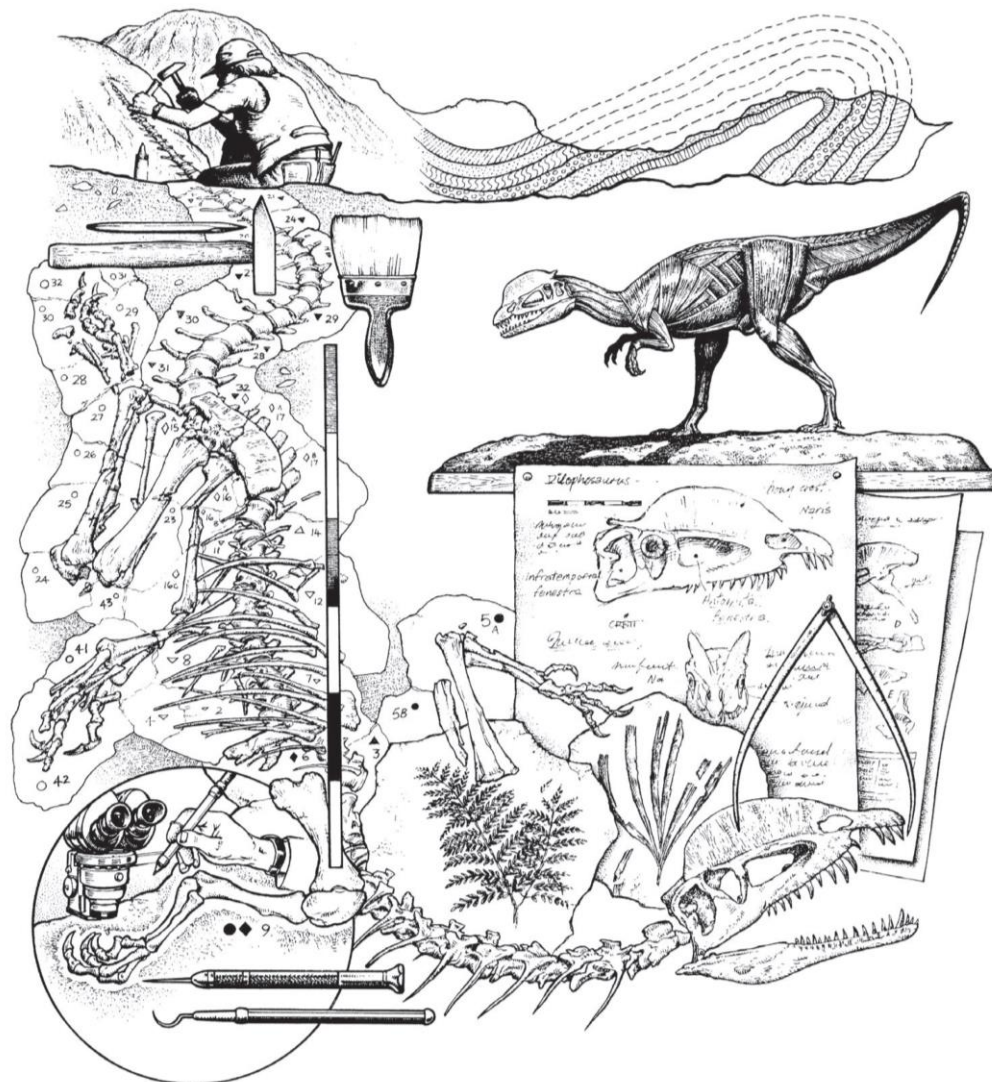


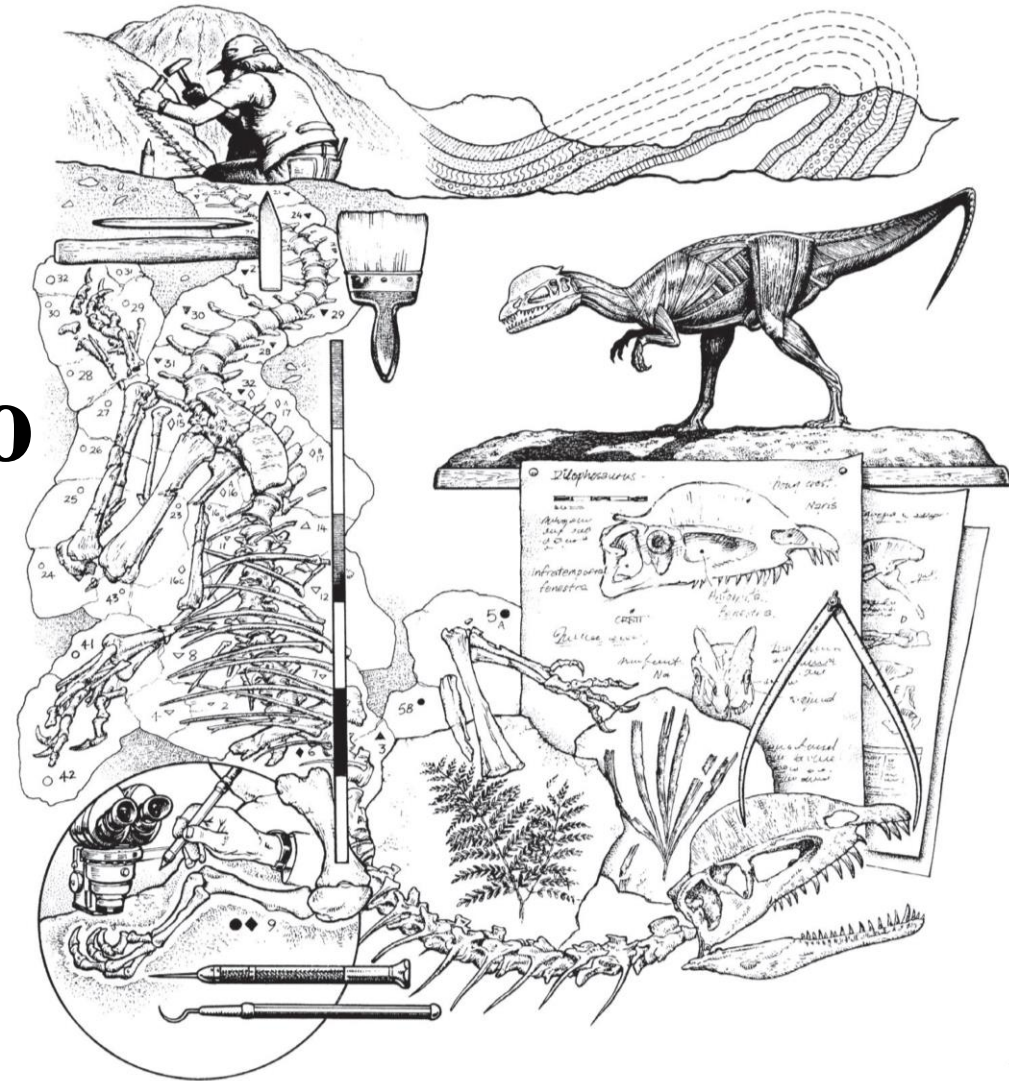


“That our palaeontological collections are very imperfect, is admitted by everyone. [...] No organism wholly soft can be preserved.

[...] it is superfluous to state that our evidence from fossil remains is fragmentary in an extreme degree.”

Charles Darwin (1859) On the Origin of Species

1. Il record fossile è incompleto



PROBLEMI DELL'INCOMPLETEZZA DEL RECORD FOSSILE

- Benché i fossili sono la nostra finestra principale sulla Storia della Vita sulla Terra, i processi tafonomici hanno l'effetto di distorcere la nostra conoscenza degli organismi e delle comunità, perché nel caso in cui la conservazione dei resti non è ottimale sarà difficile ricostruire la loro anatomia, paleobiologia, relazioni filogenetiche, ecc, influenzando quindi sulla qualità del record fossile.
- La conoscenza dei processi tafonomici ci permette di individuare il principale problema che influisce sulla qualità del record fossile, ovvero...

La mancata preservazione delle parti molli

Sono le prime a subire la decomposizione e quindi, nella maggior parte dei casi, non avremo modo di sapere come era fatto realmente un organismo, o come era composta realmente una comunità, soprattutto se questa era principalmente formata da organismi dal corpo molle.



PROBLEMI DELL'INCOMPLETEZZA DEL RECORD FOSSILE

Tra le maggiori conseguenze della mancata preservazione delle parti molli:

1) Record sproporzionato a favore di organismi con parti "dure"

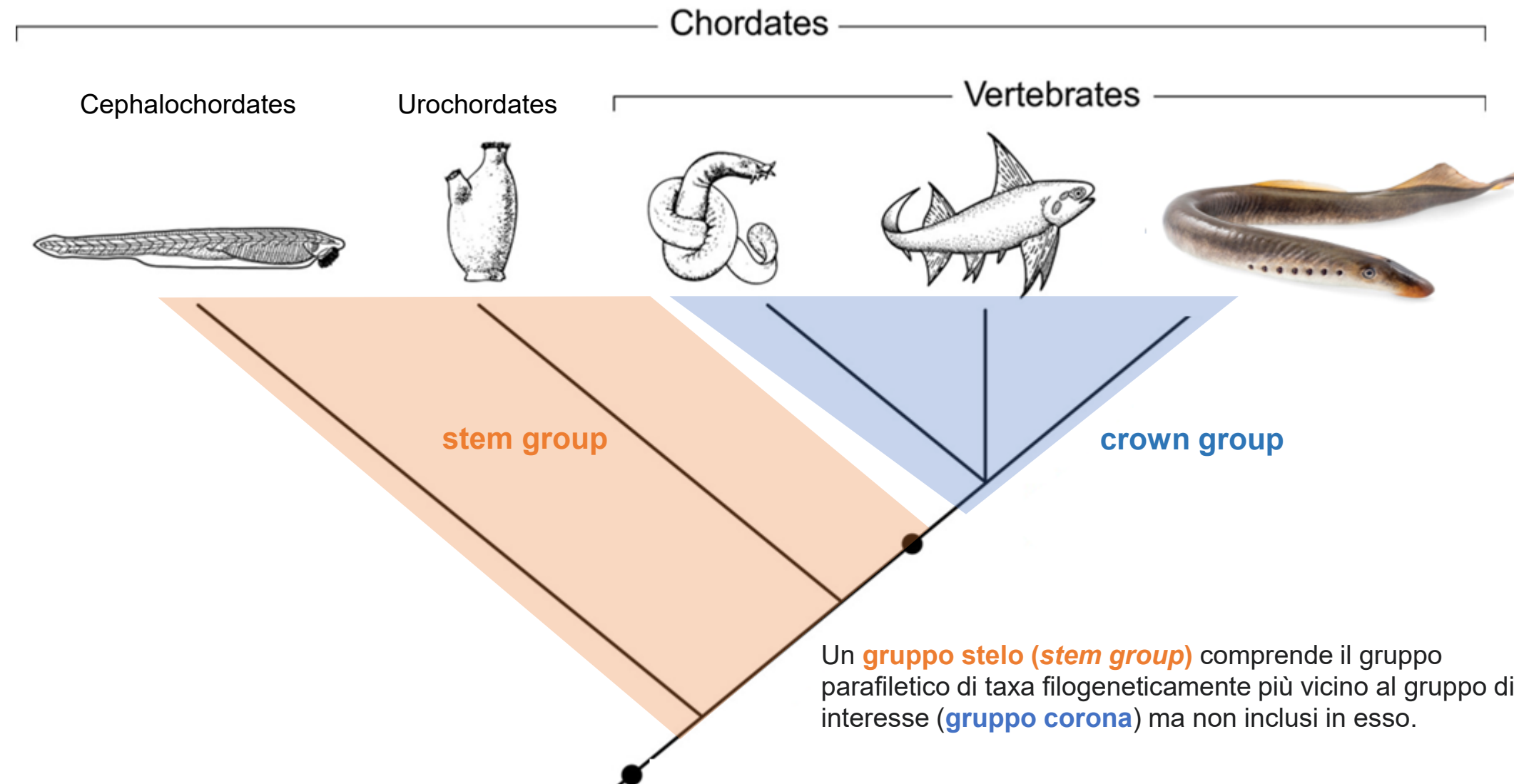
- Conseguenza immediata della decomposizione delle parti molli è che il record fossile è fortemente sproporzionato a favore di organismi con scheletri e gusci mineralizzati.
- Inoltre, dal momento che negli ambienti acquatici marini è più probabile che si creino le condizioni favorevoli alla preservazione (anossia, ipersalinità, ecc), ne consegue che il record fossile è fortemente sproporzionato a favore di **organismi MARINI con parti "dure"**.



PROBLEMI DELL'INCOMPLETEZZA DEL RECORD FOSSILE

2) Lo Stemward slippage

Letteralmente "*slittamento verso dello stelo*", è un altro grande problema legato alla decomposizione delle parti molli.



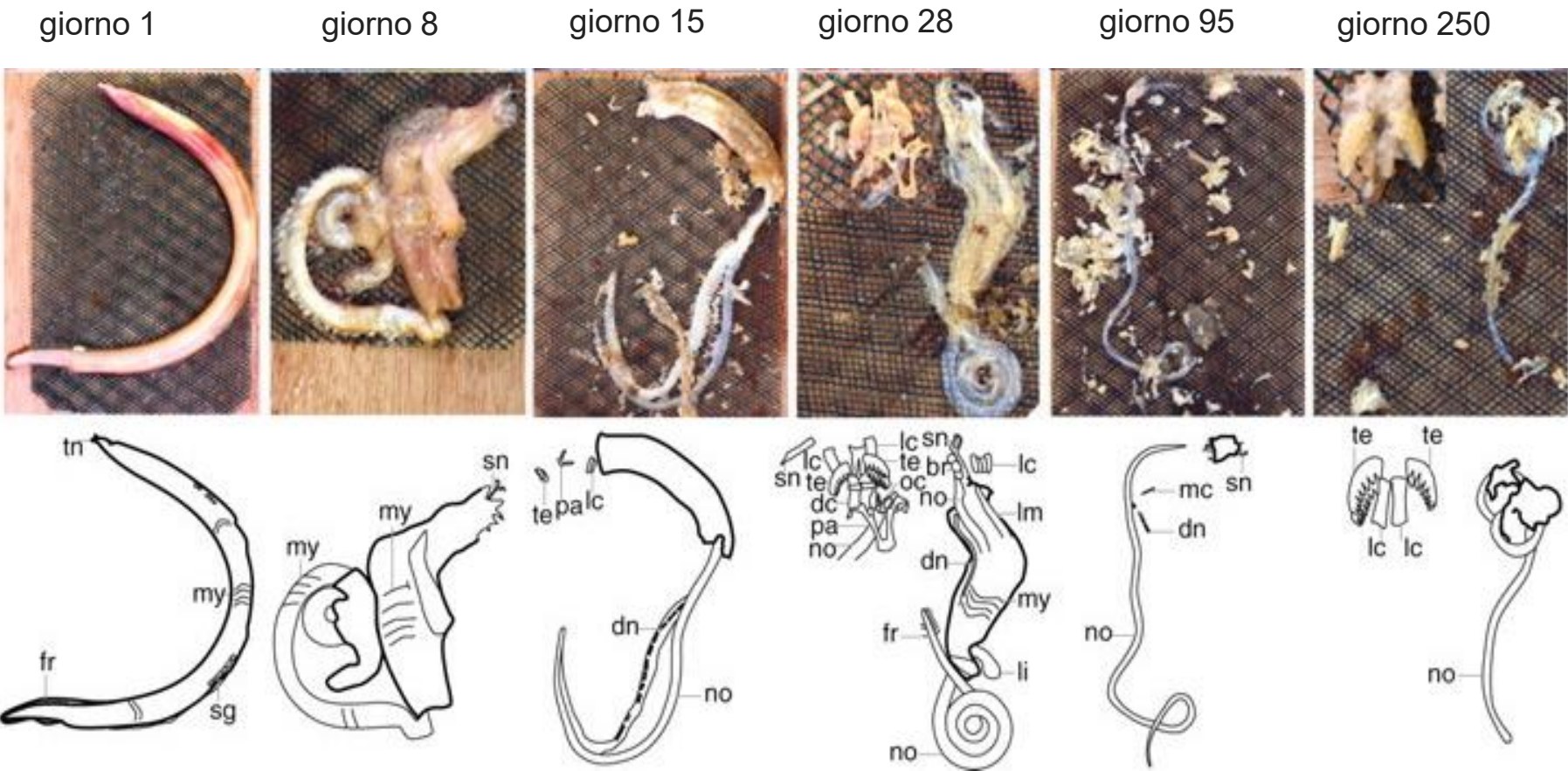
PROBLEMI DELL'INCOMPLETEZZA DEL RECORD FOSSILE

2) Lo Stemward slippage

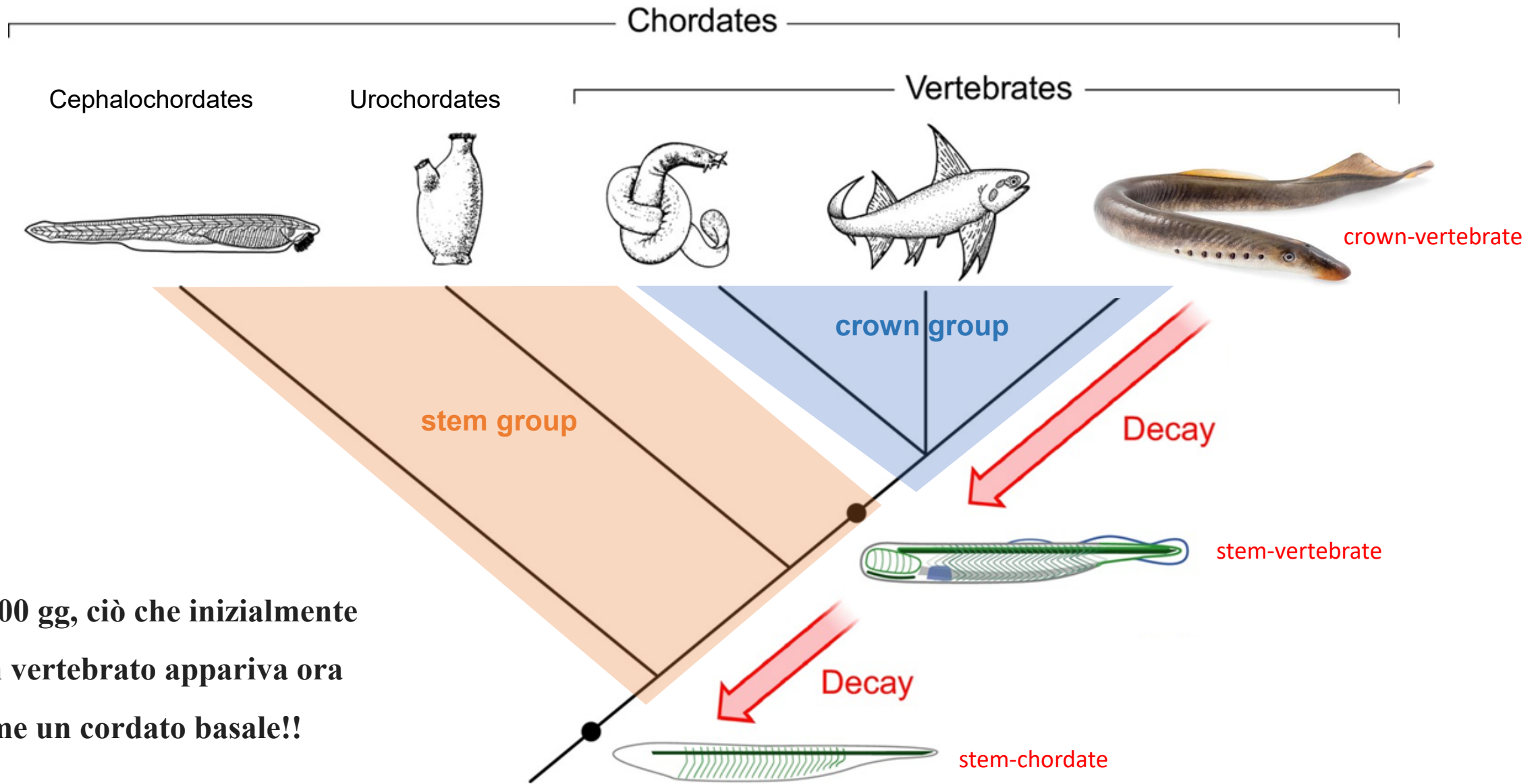
Osservando il processo di decomposizione di pesci come lamprede e missine, è stato osservato che i loro resti vanno incontro ad un preciso pattern di decadimento, il cui studio è utile per capire cosa si conserva nei fossili.

I primi tessuti e organi ad andare incontro a decomposizione sono:

- 0 – 3 giorni: occhi e altri tessuti molli della testa
- 3 – 15 gg: organi sensoriali e cervello
- 15 – 95 gg: intestino, stomaco e altri organi interni, e quasi tutti i tessuti cartilaginei
- Dopo 250 giorni rimangono solo i denti cheratinici e la notocorda.



Lo stemward slippage



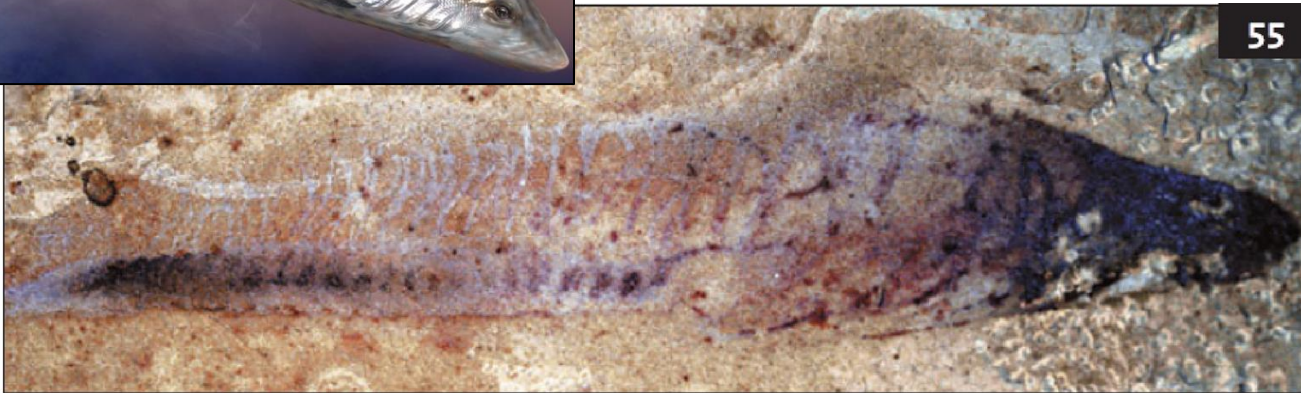
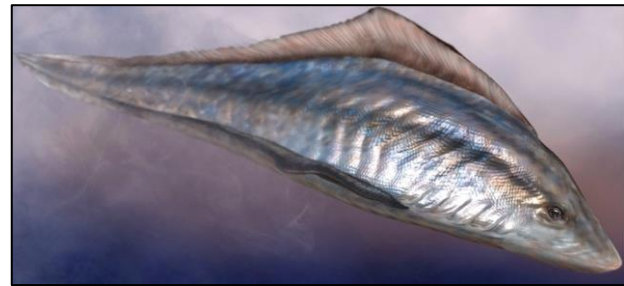
Dopo 200 gg, ciò che inizialmente
era un vertebrato appariva ora
come un cordato basale!!

PROBLEMI DELL'INCOMPLETEZZA DEL RECORD FOSSILE

I ricercatori hanno anche notato che ciò che rimaneva di un vertebrato (una lampreda) dopo 200 giorni dalla morte era qualcosa di simile ai fossili di cordati basali dei giacimenti cambriani (c. 500 Ma) di Chengjiang (Cina) e Burgess Shale (Canada).



Il cordato basale *Pikaia*. Cambriano, Burgess Shale (510 Ma)



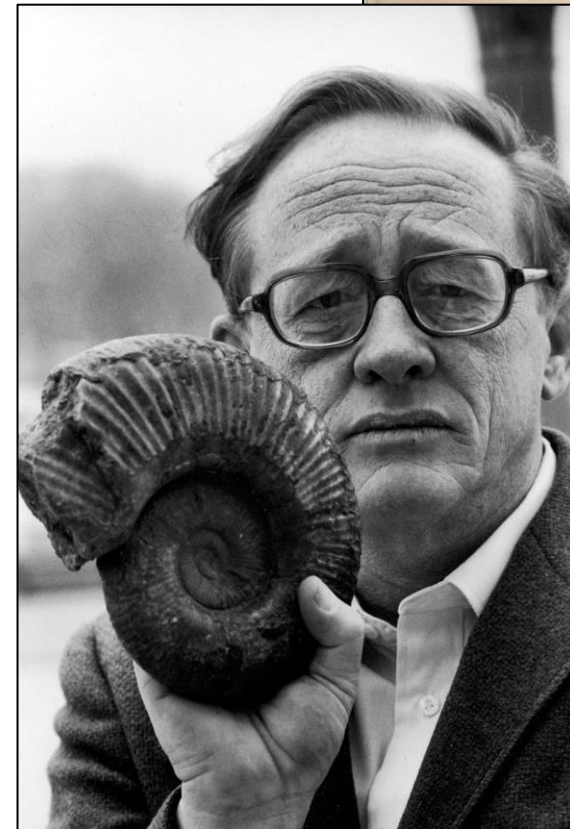
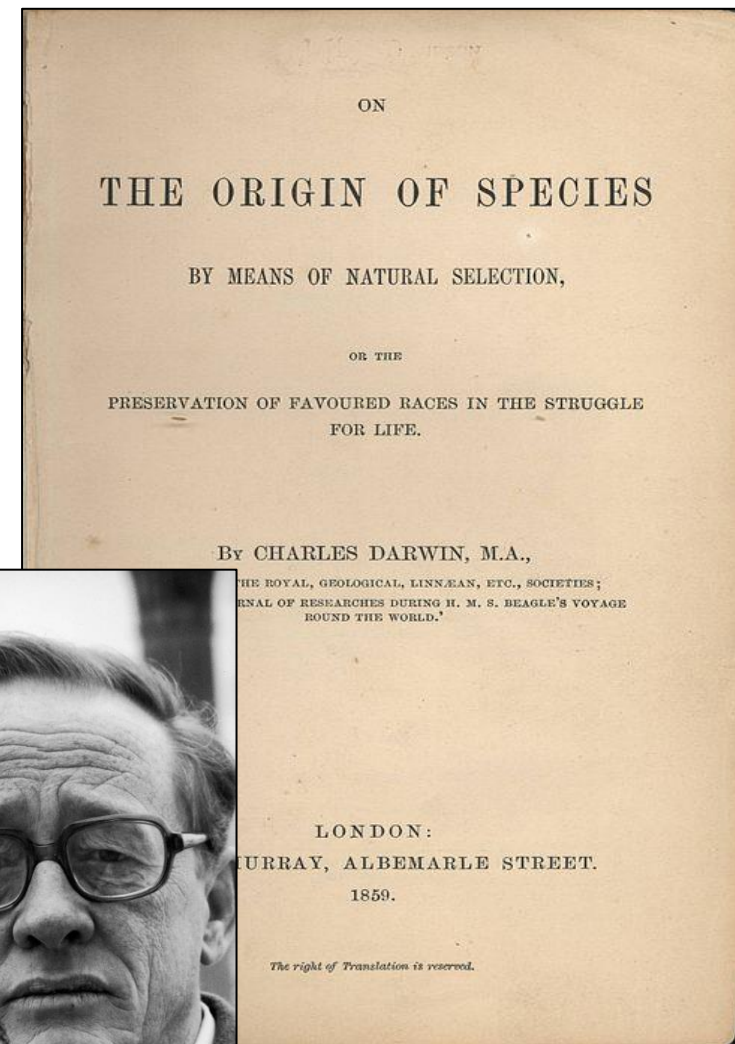
Il vertebrato basale (pesce) *Myllokunmingia*. Cambriano (525 Ma) di Chengjiang, Cina, fino a poco tempo fa considerato un cordato basale.

E' possibile quindi che molti di questi cordati «basali» fossero in realtà dei cordati «superiori», forse addirittura dei vertebrati che, a causa della decomposizione, hanno perso molti dei caratteri chiave.

I FILTRI DEL RECORD FOSSILE

Oltre all'incompletezza dovuta ai processi tafonomici, il record fossile è anche alterato da filtri e bias (artefatti) che possono distorcere la nostra percezione della paleobiodiversità.

- **Charles Darwin** nel suo celebre *On the Origin of Species* (1859) aveva già parlato di «imperfezione del record geologico» elencando una serie di fattori per cui la maggior parte degli organismi non si conservano allo stato fossile.
- **David Raup**, paleontologo dell'Università di Chicago, spiega in un articolo su *Science* del 1972 quali sono questi fattori, interpretandoli come una serie di **filtri** che stanno tra l'organismo e la sua preservazione come fossile. Secondo Raup esistono 8 filtri principali:



David Raup (1933-2015)

I FILTRI DEL RECORD FOSSILE

1) Filtri anatomici

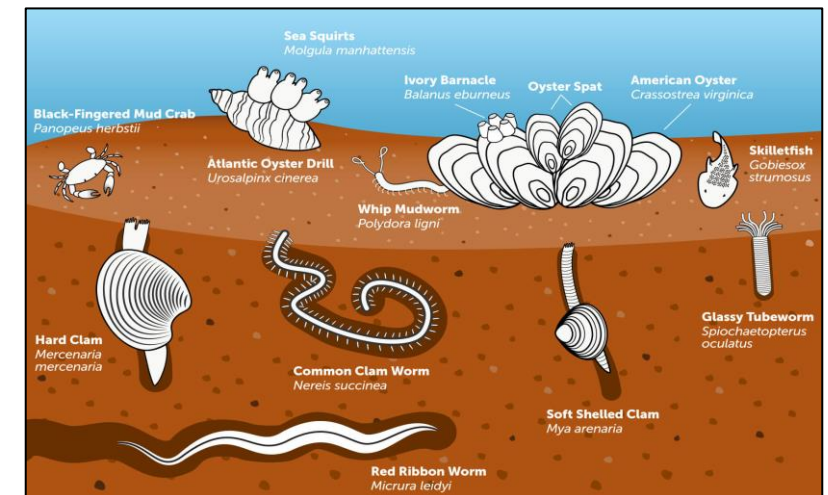
Gli organismi hanno più probabilità di preservarsi se possiedono parti dure (ossa, conchiglie, denti, ecc). Organismi dal corpo molle e privi di parti dure (il 60% degli animali marini) hanno pochissime probabilità di conservarsi, se non in rarissimi casi (ad es. nei giacimenti a conservazione eccezionale).

2) Filtri biologici

Come ad esempio la grandezza effettiva di una popolazione. Organismi estremamente comuni hanno più probabilità di fossilizzarsi rispetto a quelli rari.

3) Filtri ecologici

Legati all'ecologia e al modo di vita degli organismi. Ad es. il modo di vita infaunale aumenta le possibilità di preservazione.



4) Filtri ambientali

Gli organismi avranno più probabilità di conservarsi in ambienti in cui è più probabile che si creino le condizioni favorevoli alla preservazione (elevati tassi di sedimentazione, anossia, ecc).



Per questo motivo, la maggior parte degli ambienti subaerei sono meno adatti alla preservazione e fossilizzazione, mentre negli ambienti subacquei (ad esempio di bacini profondi) i resti avranno più possibilità di conservarsi.

5) Filtri preservazionali

- I filtri preservazionali operano nei casi di **dissoluzione prediagenetica** (che avviene prima del seppellimento). Ad es. in ambienti sottosaturi in carbonato di calcio (CaCO_3), le conchiglie dei molluschi verranno progressivamente distrutte.

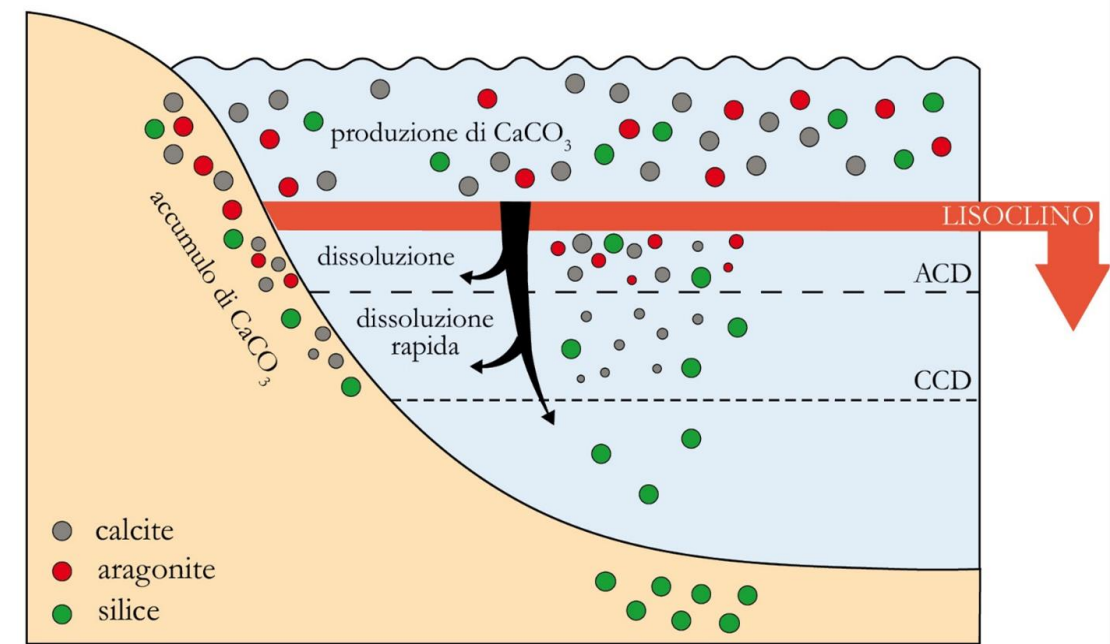
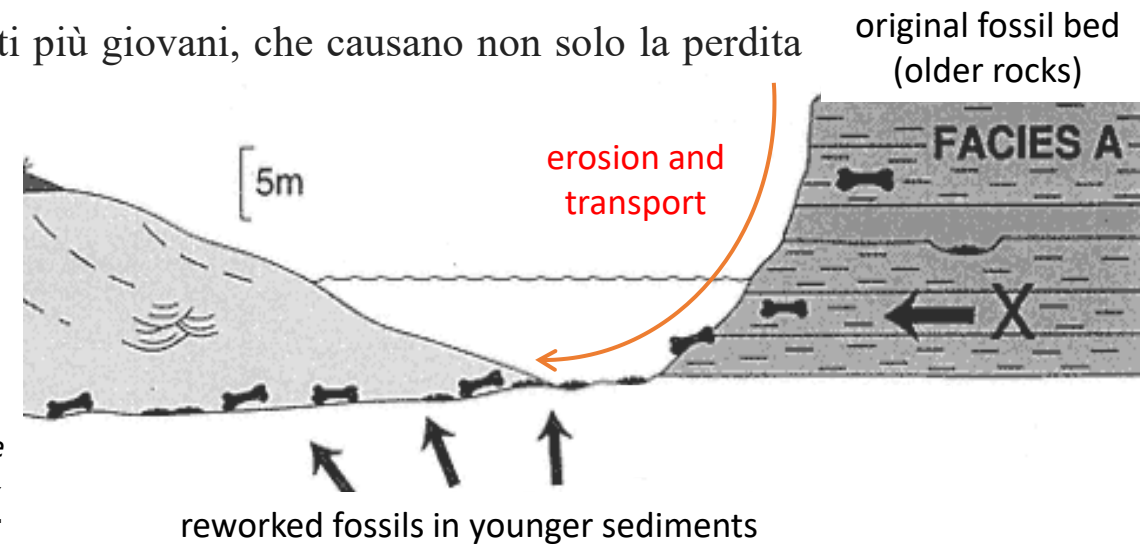


Figura 3.12. Lisocline e Profondità di Compensazione della Aragonite (ACD) e della Calcite (CCD).

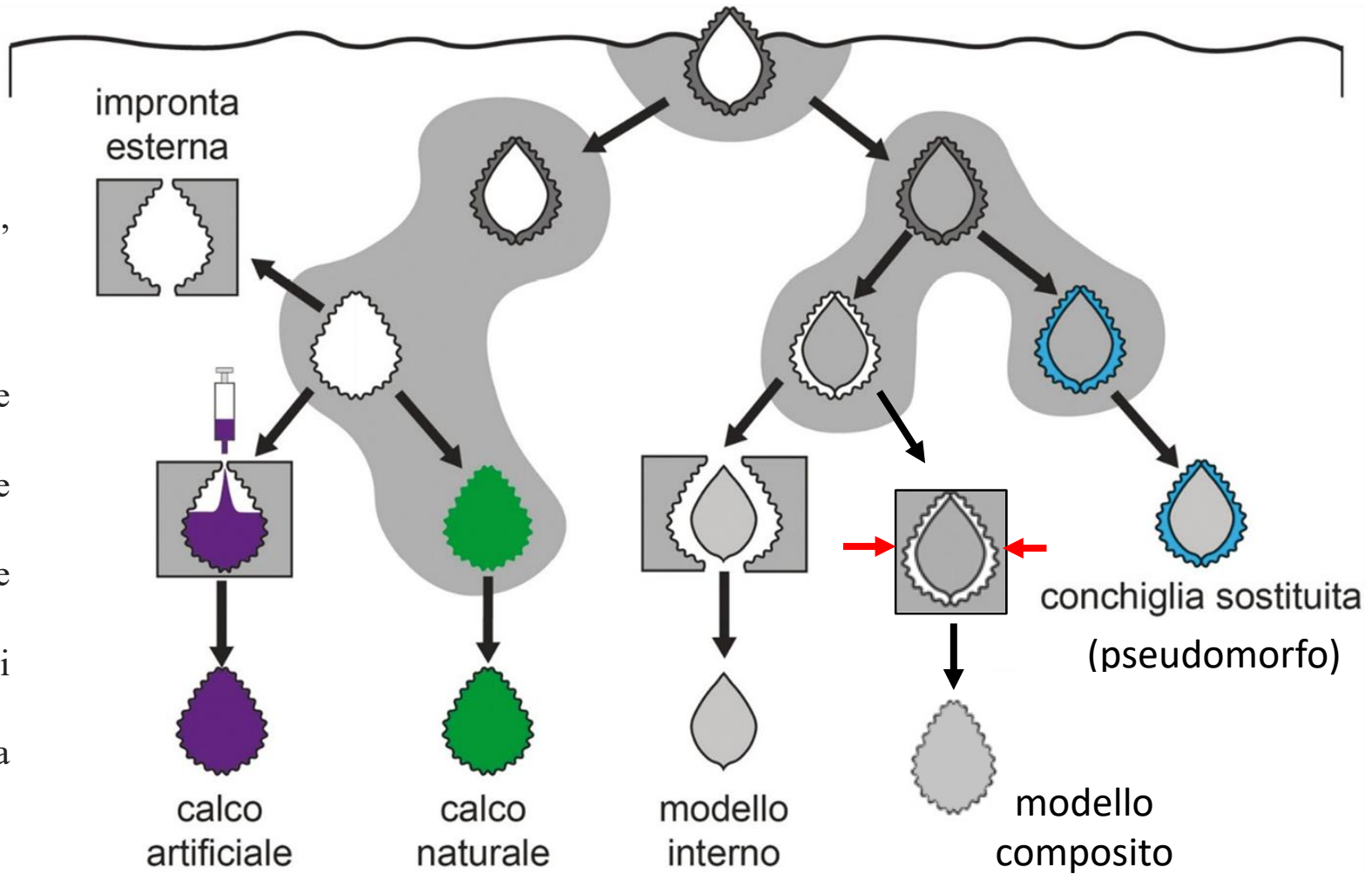
- Altri casi di filtri preservazionali sono il **rimaneggiamento** e la **rielaborazione**, problemi a cui possono andare incontro i fossili quando subiscono cicli di esposizione e risedimentazione in sedimenti più giovani, che causano non solo la perdita di informazione ma anche una erronea/falsa datazione.



Modified after Lofgren (1995). *The Bug Creek Problem and the Cretaceous-Tertiary Transition at McGuire Creek, Montana*. Berkeley: University of California Press.

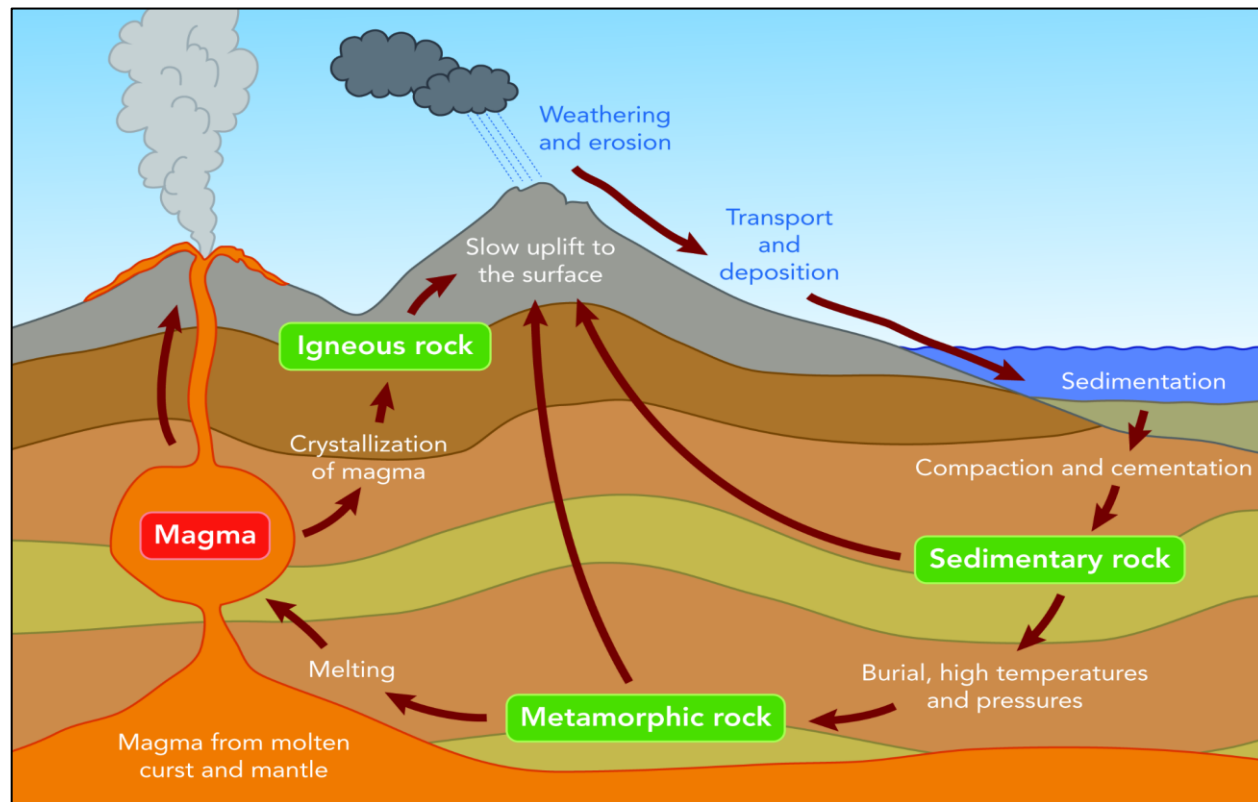
6) Filtri diagenetici

- Sono quelli che avvengono dopo il seppellimento, una volta che il sedimento si è solidificato.
- Ad es. nei casi di **dissoluzione diagenetica** le acque percolanti sottosature possono distruggere l'organismo, oppure rimpiazzare le sue molecole organiche o inorganiche con minerali disciolti nelle acque percolanti, modificandone la microstruttura.

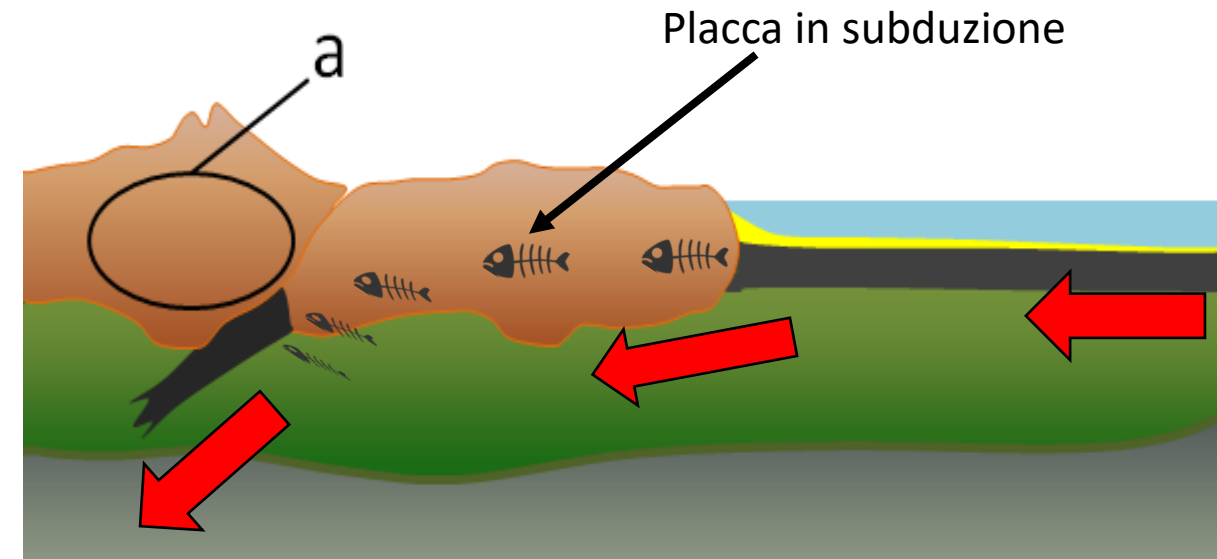


7) Filtri di movimento verticale (o metamorfici)

Il ciclo delle rocce



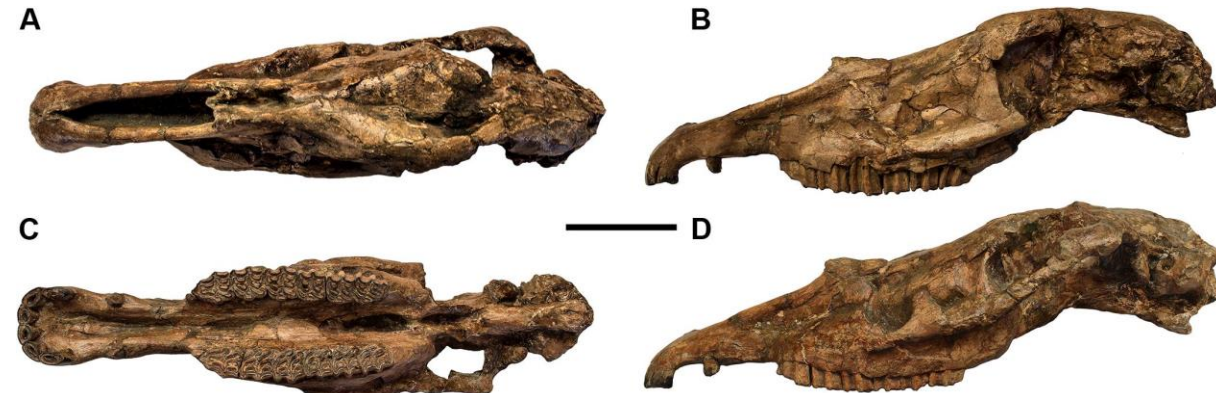
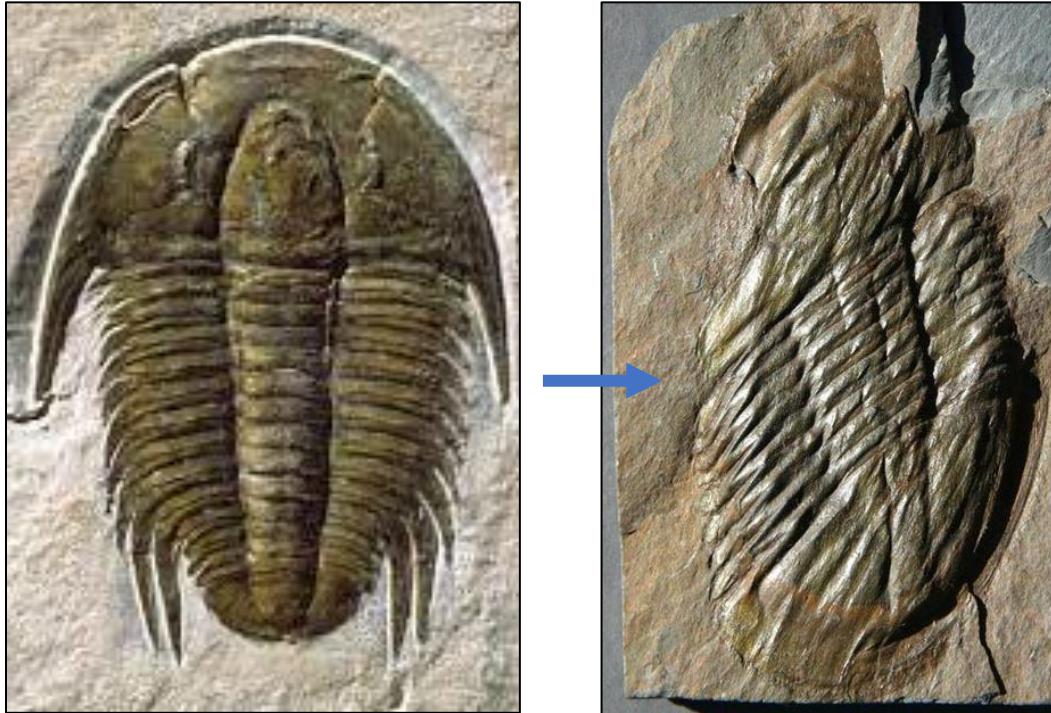
Subduzione



- Sono causati dai movimenti verticali dei sedimenti dovuti al ciclo delle rocce o alla subduzione (sprofondamento di una placca al di sotto di quella adiacente), che ne causano lo sprofondamento.

I FILTRI DEL RECORD FOSSILE

7) Filtri di movimento verticale (o metamorfici)



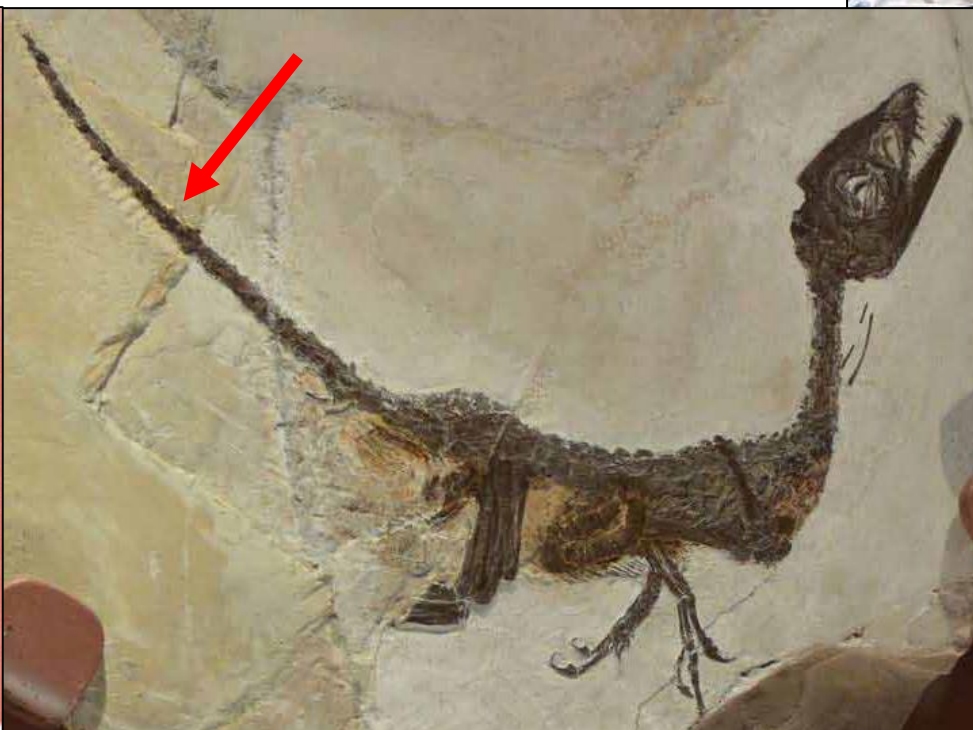
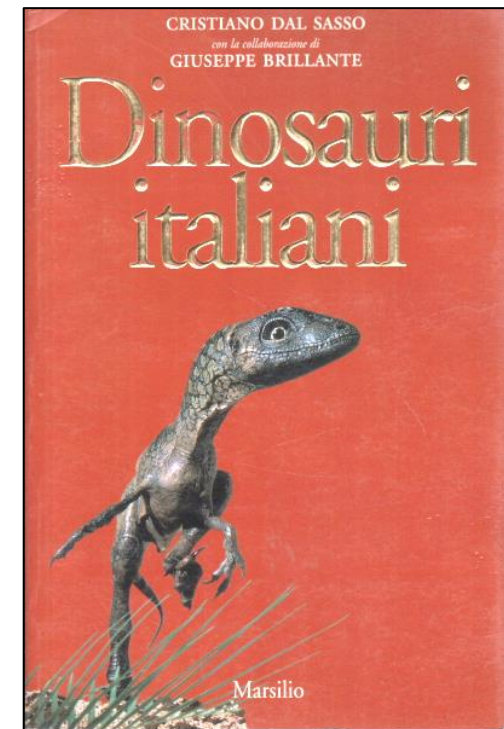
- I fossili contenuti in sedimenti che entrano nel ciclo delle rocce o subiscono la subduzione possono andare incontro a **deformazioni plastiche** e, man mano che le rocce sprofondano e il carico litostatico aumenta, i sedimenti andranno incontro a **metamorfismo**, processo di trasformazione che avviene a causa dell'aumento di temperatura e pressione, subendo cambiamenti strutturali o la completa distruzione.

I FILTRI DEL RECORD FOSSILE

8) Filtri umani

Sono quelli causati da imperizia, ignoranza, inciviltà, o attività lucrative:

- uso di rocce sedimentarie come materiale da costruzione (edilizia e ingegneria civile)
- raccolta e vendita non autorizzata di fossili a fini di lucro.
- raccolta di fossili non autorizzata da parte di non specialisti (es. paleontofili) per la propria collezione personale.



Il primo dinosauro scoperto in Italia, *Scipionyx samniticus*, soprannominato «Ciro», fu raccolto nel 1981 da Giovanni Todesco, un semplice appassionato di fossili a Pietraroja (Benevento, Cretaceo inferiore, 113 Ma). Questa foto fu scattata quando l'esemplare fu «consegnato» da Todesco alla soprintendenza di Benevento, dopo averlo tenuto in casa per ben 12 anni! Credendo fosse una lucertola fossile, provvide a «restaurarlo» impiastricciandolo con colle e resine, e creandogli una coda artificiale.

Cristiano Dal Sasso & Simone Maganuco

(2011)

Scipionyx samniticus (Theropoda: Compsognathidae)
from the Lower Cretaceous of Italy

Osteology, ontogenetic assessment, phylogeny,
soft tissue anatomy, taphonomy and palaeobiology

Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali
e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano

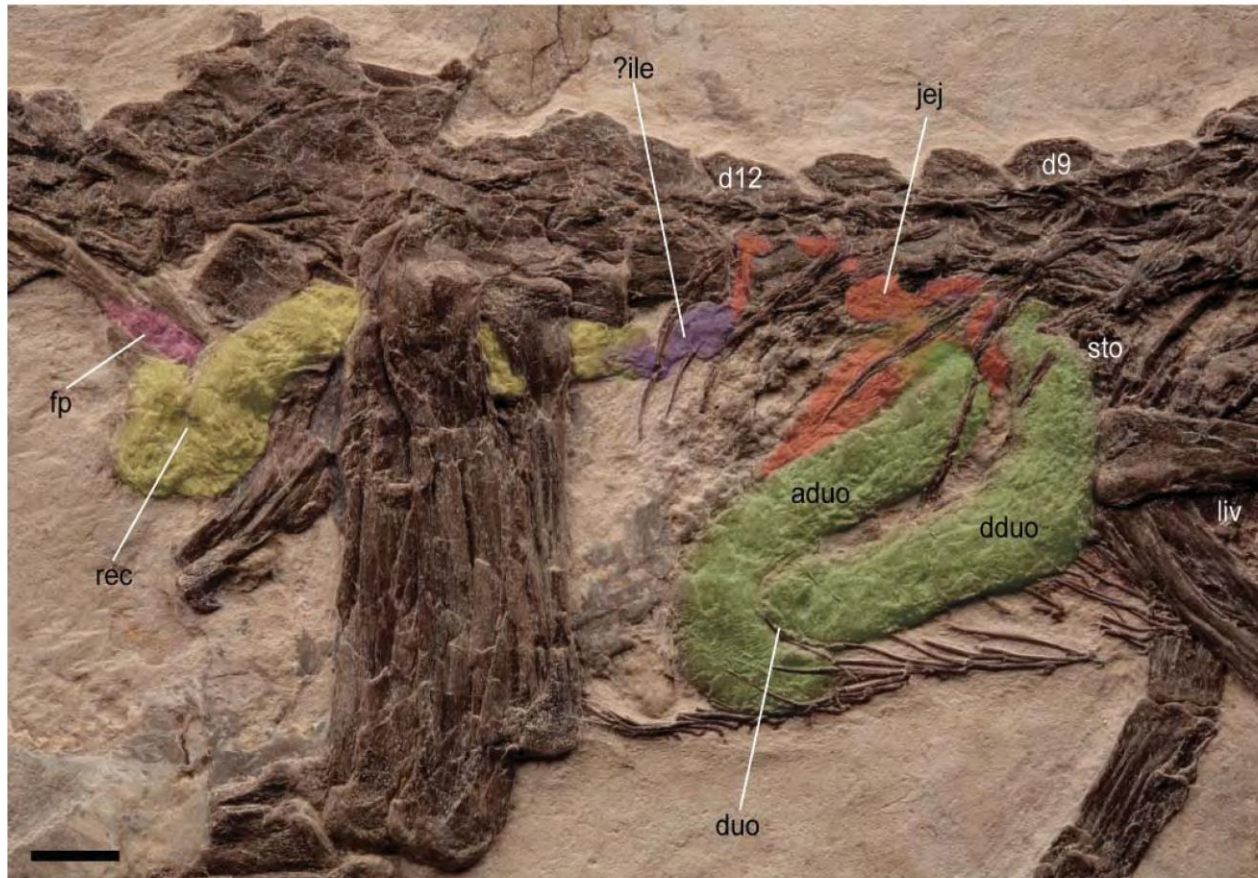
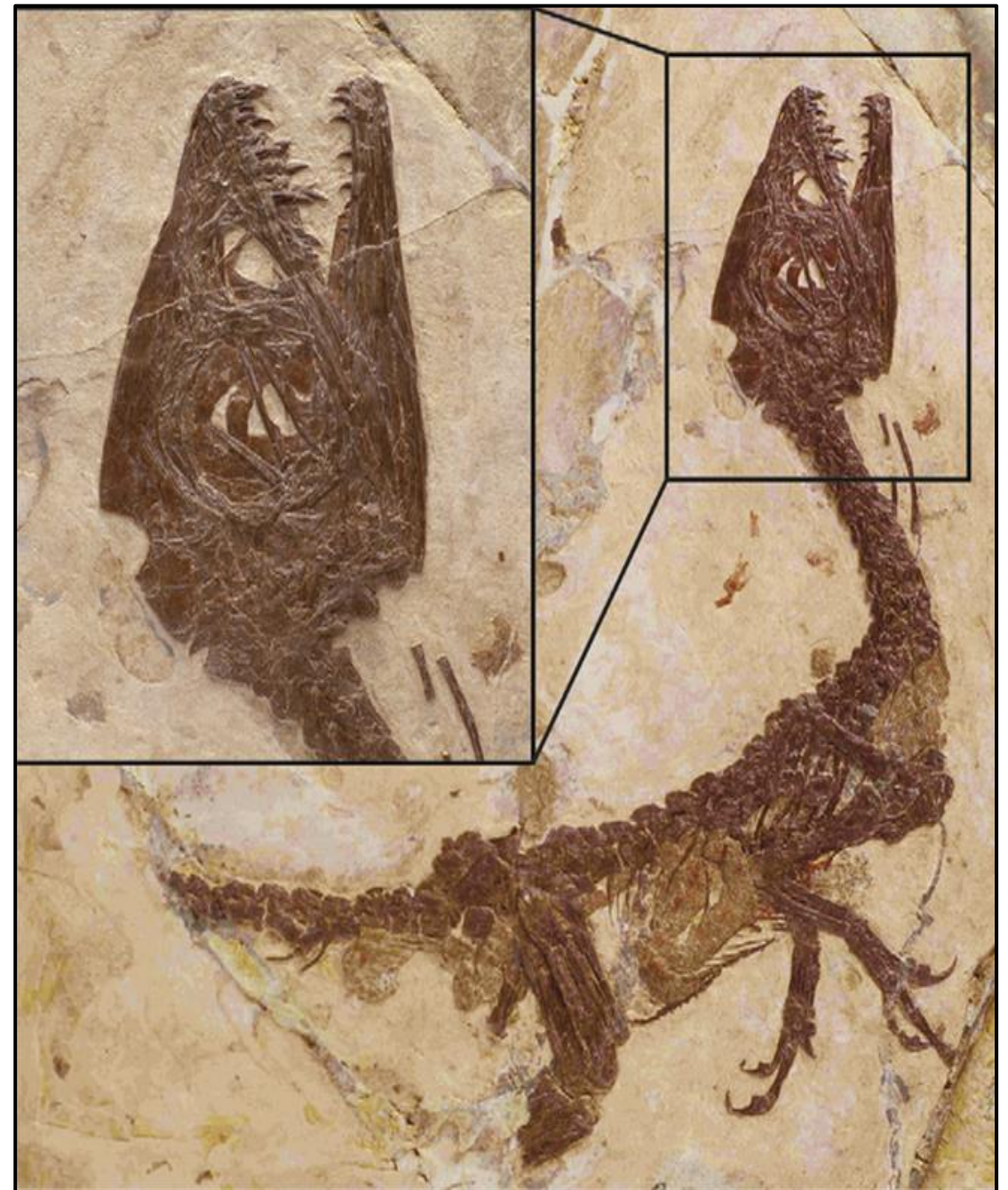


Fig. 145 - The intestine is the most complete internal organ of *Scipionyx samniticus*. In this false-colour image, various parts of the intestine are distinguished according to the morphofunctional subdivisions proposed in the text. Scale bar = 5 mm. See Appendix 1 or cover flaps for abbreviations.

Fig. 145 - L'intestino è l'organo interno più completo di *Scipionyx samniticus*. I cambi di colore virtuale seguono la suddivisione morfofunzionale proposta nel testo. Scala metrica = 5 mm. Vedi Appendice 1 o risvolti di copertina per le abbreviazioni.



**NUOVE LINEE OPERATIVE
PER I BENI PALEONTOLOGICI**

NUOVE LINEE
PER I BENI PALEONTOL
VALERIA ACCONCIA - FUNZIONARIA MIBACT
videnza dagli altri partecip
dalla relazione di
particol

VALERIA ACCONCIA - FUNZIONARIA MIB

Come messo in evidenza dagli altri partecipanti alla tavola rotonda e, soprattutto, dalla relazione di Andrea Pessina e Ursula Wierer (SABAP-FI), la particolare natura dei beni paleontologici e delle metodologie applicate al loro rinvenimento/scoperta fanno di questa categoria un caso particolare nell'ambito dei beni culturali. Basti pensare a come recupero e raccolta di fossili, frequentemente realizzati nel corso di ricognizioni più o meno mirate, siano percepiti come attività facilmente conducibili anche in maniera amatoriale. Si pensi anche a quanto è diffuso il possesso di piccoli fossili (illecito ai sensi del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio; d.lgs. 42/2004), non dichiarati ai sensi della normativa vigente e recuperati al di fuori di specifiche campagne di ricerca. La necessità di olizzare/normare questo ambito è fortemente sentita nel settore riuniti in società di accademici e amanti nei musei, che sollecitano la per chiarire i termini

L'Istituto Centrale per l'Archeologia (d.m. 243/2016, ha, tra le sue funzioni, quelle di effettuare inventari (art. 169/2017), quelle di effettuare indagini e i Parchi archeologici, nonché di individuare i soggetti, italiani o stranieri, che possiedono o detengono beni archeologici e di assicurare la tutela dei beni archeologici e la loro documentazione medesima (art. 169/2017); "la ricognizione, l'aggiornamento e l'archiviazione degli archivi di dati archeologici, nonché la loro tutela e la loro valorizzazione, provvedendo al recupero e alla valorizzazione degli archivi archeologici".

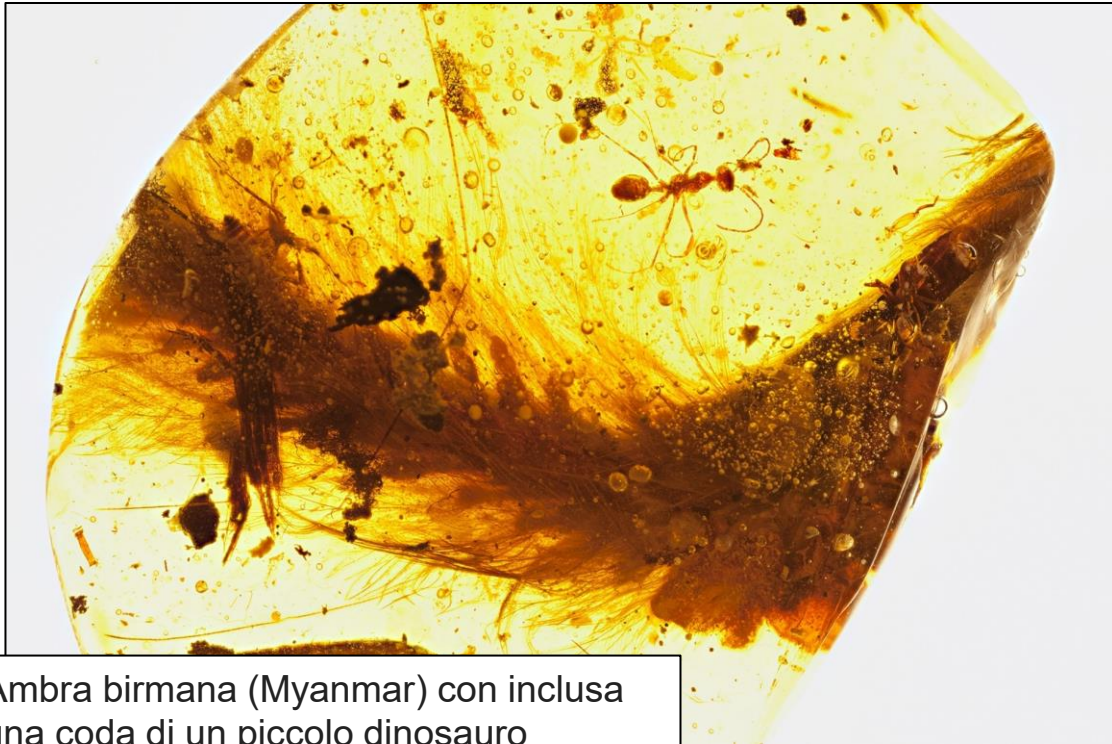
LA LEGISLAZIONE DI TUTELA DELLE "COSE" DI NATURA PALEONTOLOGICA

VITO CICALÉ*

La Terra nel corso delle ere geologiche ha subito innumerevoli cambiamenti che hanno determinato la sua lunga evoluzione che ha condotto alla formazione dell'ambiente in cui attualmente viviamo. Come un vecchio albero conserva nel tronco gli anni della sua vita, la terra mantiene le "memorie" del passato scritte nelle sue profondità e nella sua superficie, nelle rocce e nel paesaggio. La scienza insegna che il passato della terra non è meno importante di quello dell'uomo.

del patrimonio paleontologico sono da ricercare nella più vasta categoria delle leggi di tutela del materiale archeologico. L'art. 1 della Legge del 1 giugno 1939, n. 1089¹, "*Tutela delle cose d'interesse artistico o storico*", delineava il campo d'interesse della tutela dei beni culturali nel modo seguente: "Sono soggette alla presente legge le cose, immobili e mobili, che presentano interesse artistico, storico, archeologico, etnografico, paleontologico, storico-naturistico".

- Alcuni problemi legati ai filtri umani, e in particolare alla vendita di fossili da parte dei locali dei Paesi in via di sviluppo, sollevano il **problema etico**.
- Molti di questi Paesi (Birmania, Madagascar, ecc) hanno grandi e importanti giacimenti fossiliferi, in buona parte inesplorati o sconosciuti ai Paesi occidentali, che vengono sfruttati dai locali a fini di lucro, usando anche i **minorenni come manodopera** per estrarre i fossili per poi venderli a inconsapevoli turisti.



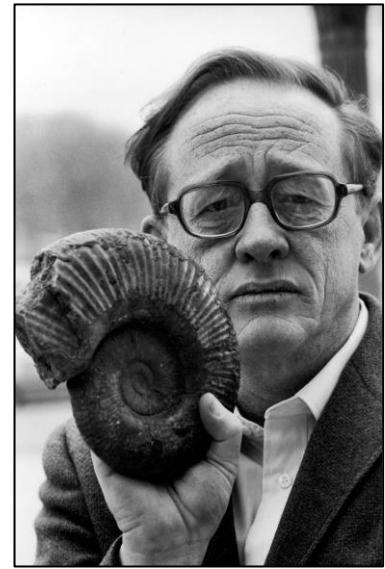
Ambra birmana (Myanmar) con inclusa una coda di un piccolo dinosauro perfettamente conservata



- Oggi molte istituzioni e case editrici stanno cercando di porre rimedio a questo problema, ad esempio NON accettando di pubblicare lavori scientifici che riguardano fossili provenienti da questi Paesi «a rischio» e/o senza una certa tracciabilità.

BIAS DEL RECORD FOSSILE

Raup (1975) asserisce che il record fossile non è solo incompleto a causa dei filtri, ma anche **alterato/falsato da bias** (*alterazioni, artefatti, distorsioni*), ovvero qualunque influenza esterna che maschera i segnali biologici e che può distorcere i risultati delle analisi. Egli riconosce 3 tipi di bias:



A. Geologici

1. Bias di sedimentazione
2. Ipotesi della causa comune
3. Bias di non-conformità
4. Bias temporale
5. Bias ambientale

B. Antropogenici

1. Bias di campionamento
2. Campionamento sproporzionato
3. Bias storici e geografici
4. Bias tassonomici

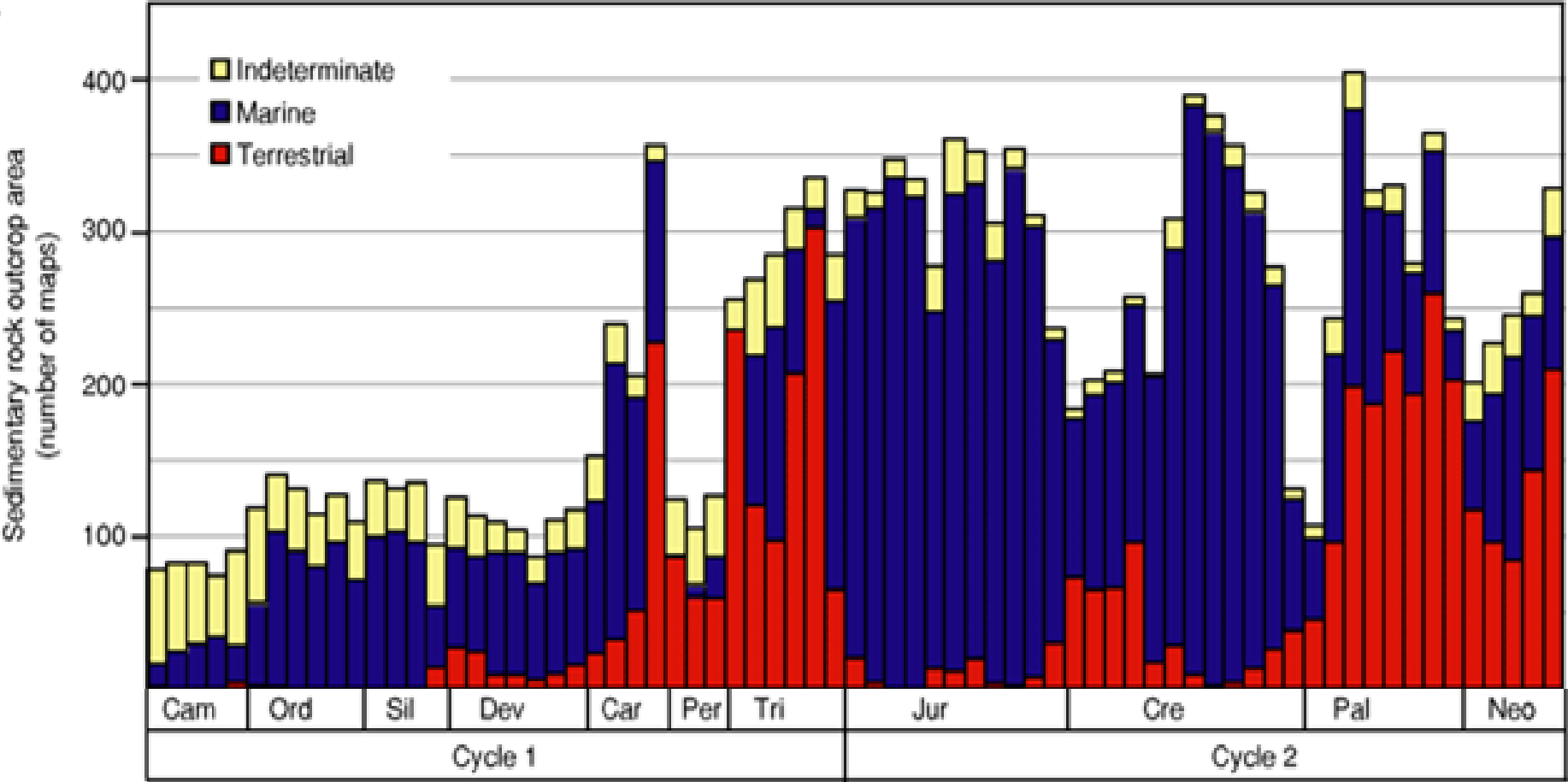
C. Tafonomici

1. Effetto Signor-Lipps
2. Effetti Lazarus, Elvis, Zombie
3. Effetto Lagerstätten
4. Pull of the Recent

A. BIAS GEOLOGICI

1) Bias di sedimentazione

- Il numero e tipo di specie fossili presenti in un determinato periodo geologico dipendono dalla presenza e numero di formazioni rocciose sedimentarie, dal loro volume, e dal tipo di sedimento (marino, terrestre, ecc).



- Esistono più rocce marine (e quindi più fossili marini) perchè in mare è più probabile che avvenga la **sedimentazione e quindi il seppellimento dei fossili**.

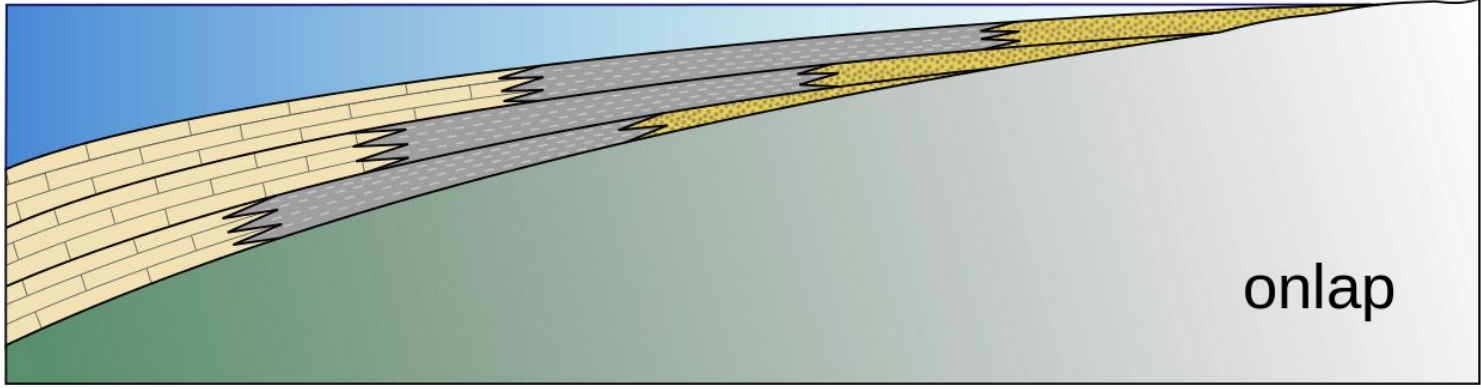
Superficie di rocce sedimentarie derivati da 1265 carte geologiche di Spagna, Francia, Inghilterra e Galles (Smith & McGowan 2007). Da essa si evince che la maggior parte delle rocce sono di origine marina.

transgression 

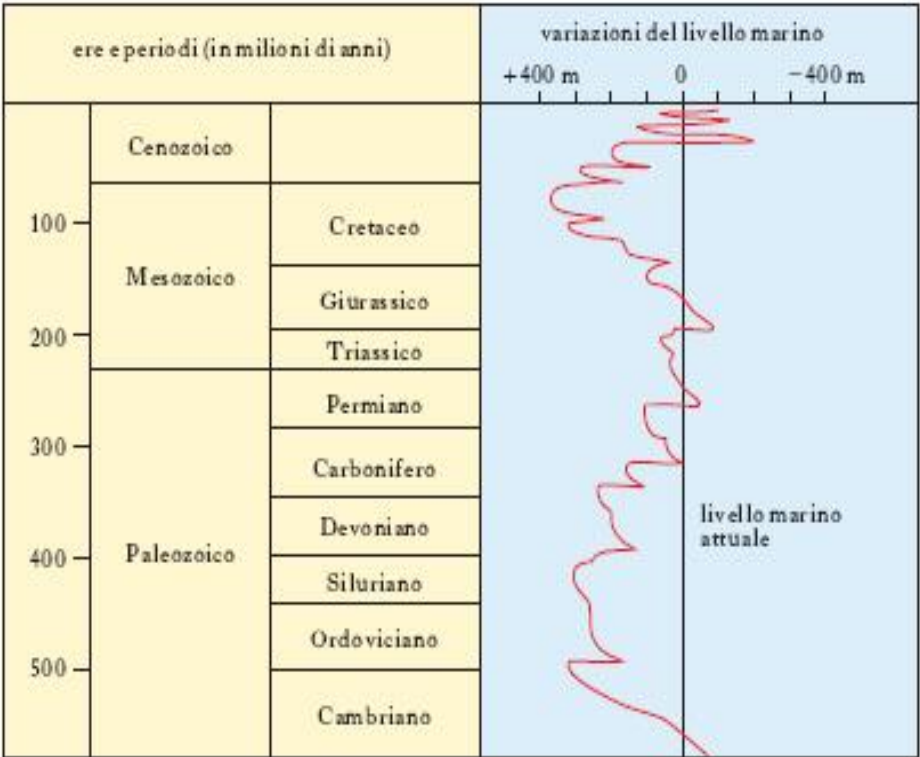
A. BIAS GEOLOGICI

2) Ipotesi dalla causa comune

- Un'altra teoria ipotizza che sia il volume di rocce sedimentarie marine che il record fossile siano controllate da un terzo fattore, ovvero **l'eustatismo** (variazioni del livello marino a grande scala).



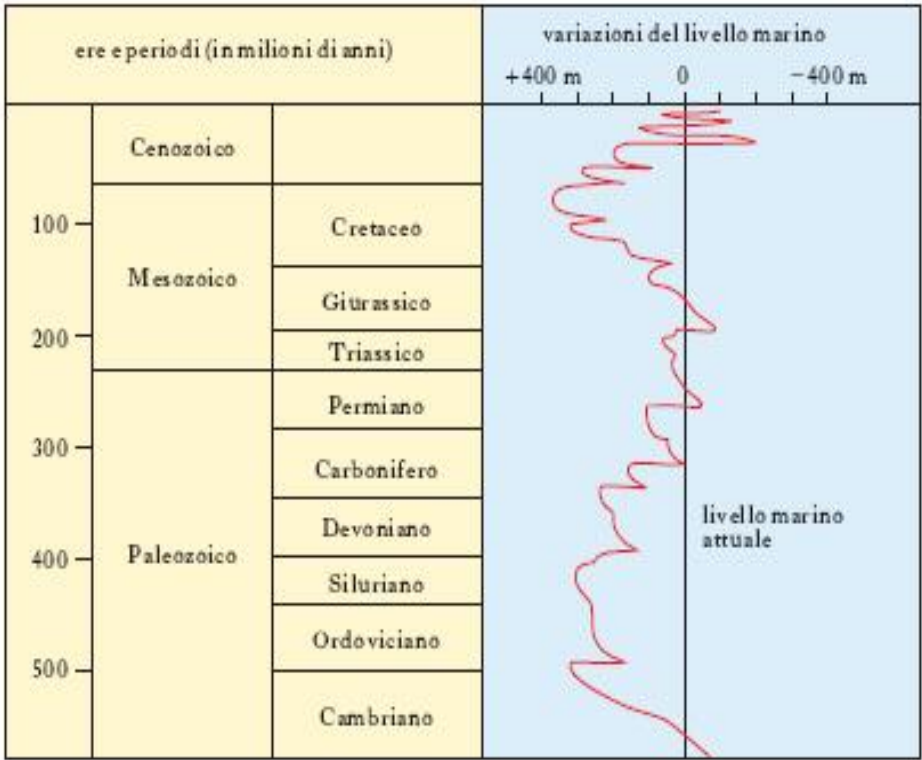
- **L'innalzamento del livello del mare (trasgressione marina)** in particolare, provoca un aumento della superficie di piattaforma carbonatica, con conseguente aumento sia della superficie colonizzabile dagli organismi marini, sia della superficie che può essere interessata da altra deposizione sedimentaria.



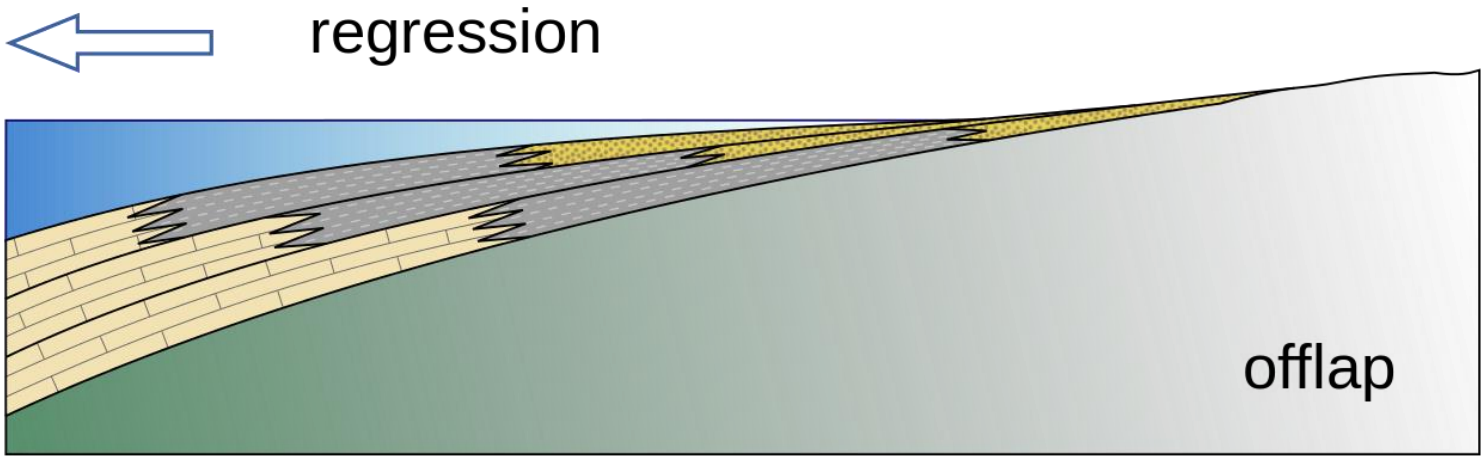
A. BIAS GEOLOGICI

2) Ipotesi dalla causa comune

- L'ipotesi alternativa è che sia il volume di rocce sedimentarie marine che il record fossile siano controllate da un terzo fattore, ovvero **l'eustatismo** (variazioni del livello del mare).

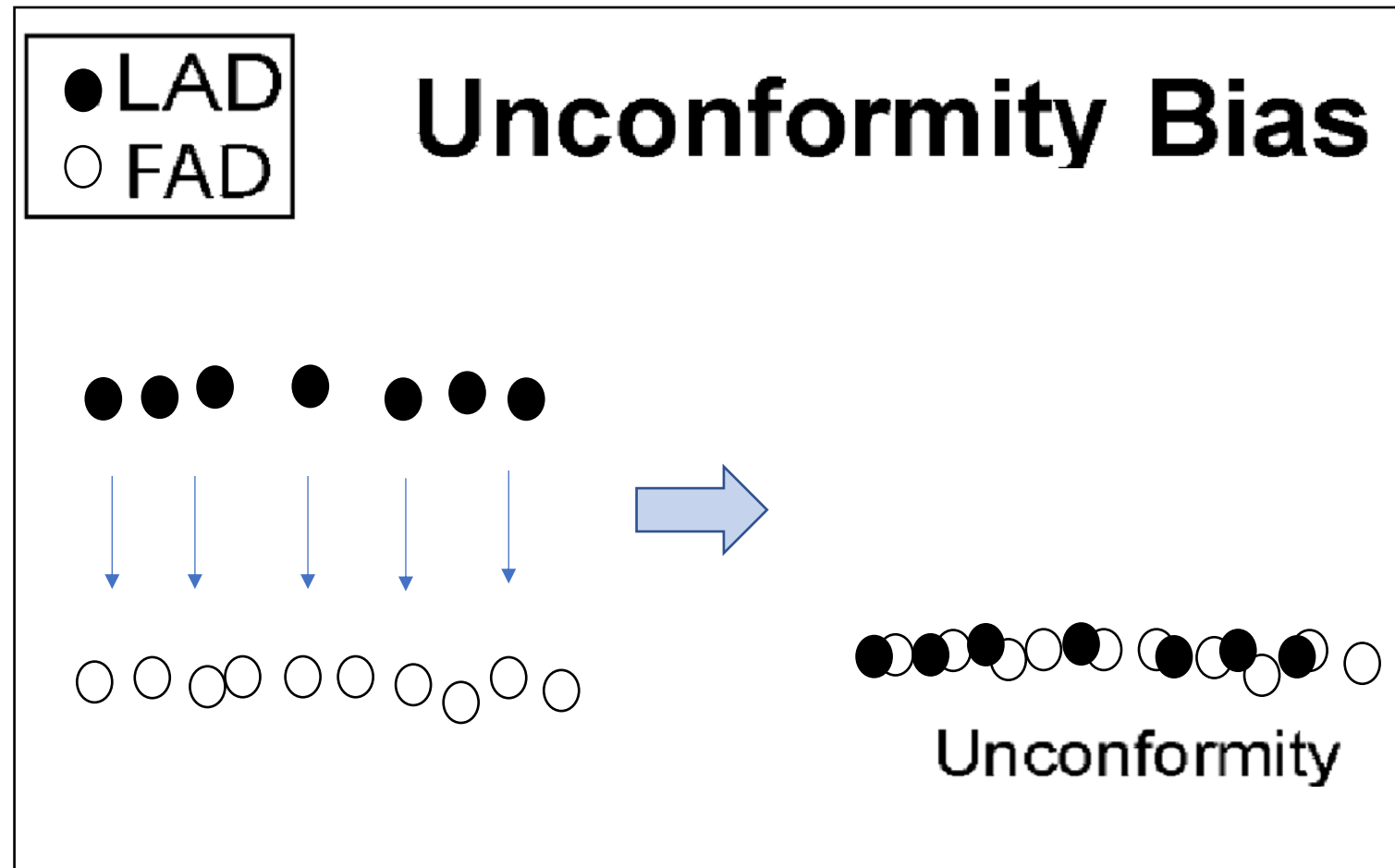


- Al contrario, **l'abbassamento del livello del mare (regressione marina)**, provoca la diminuzione della superficie di piattaforma carbonatica, con conseguente diminuzione sia della superficie colonizzabile dagli organismi marini, sia della superficie che può essere interessata da altra deposizione sedimentaria.



A. BIAS GEOLOGICI

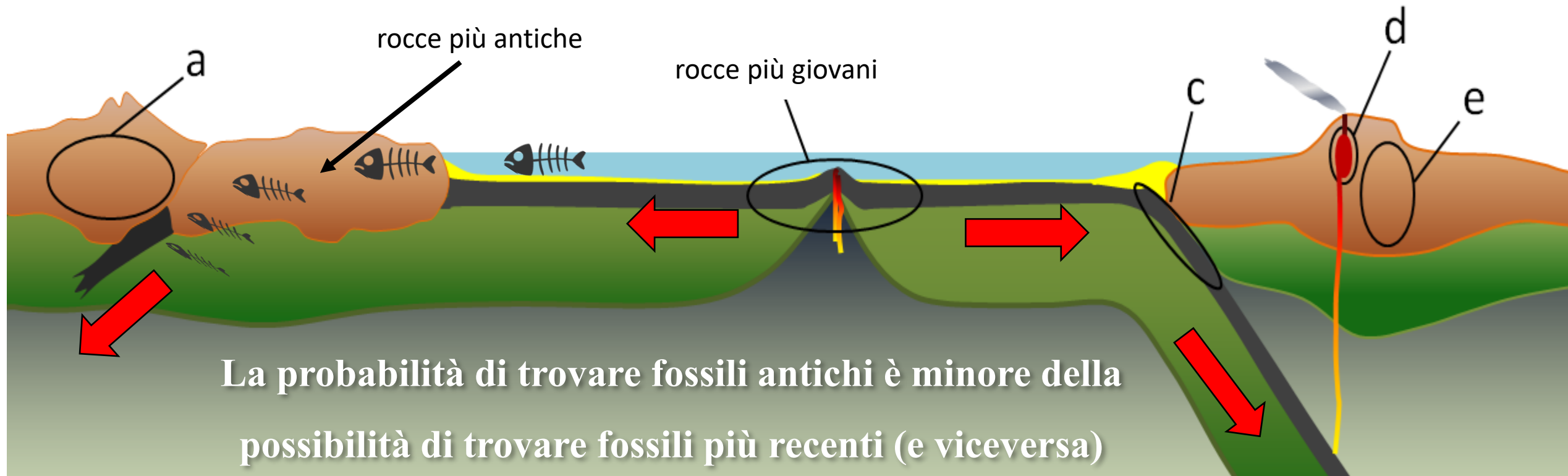
3) **Bias di non-conformità.** Avviene per mancanza di sedimentazione o per l'erosione delle rocce che fanno sì che la prima occorrenza fossile (FAD, First Appearance Datum) e l'ultima (LAD, Last Appearance Datum) di una stessa specie o specie diverse, si raggruppino in uno stesso orizzonte fossilifero (detto orizzonte di non-conformità). Il bias fa sì che fossili di età diverse appaiano come della stessa età.



A. BIAS GEOLOGICI

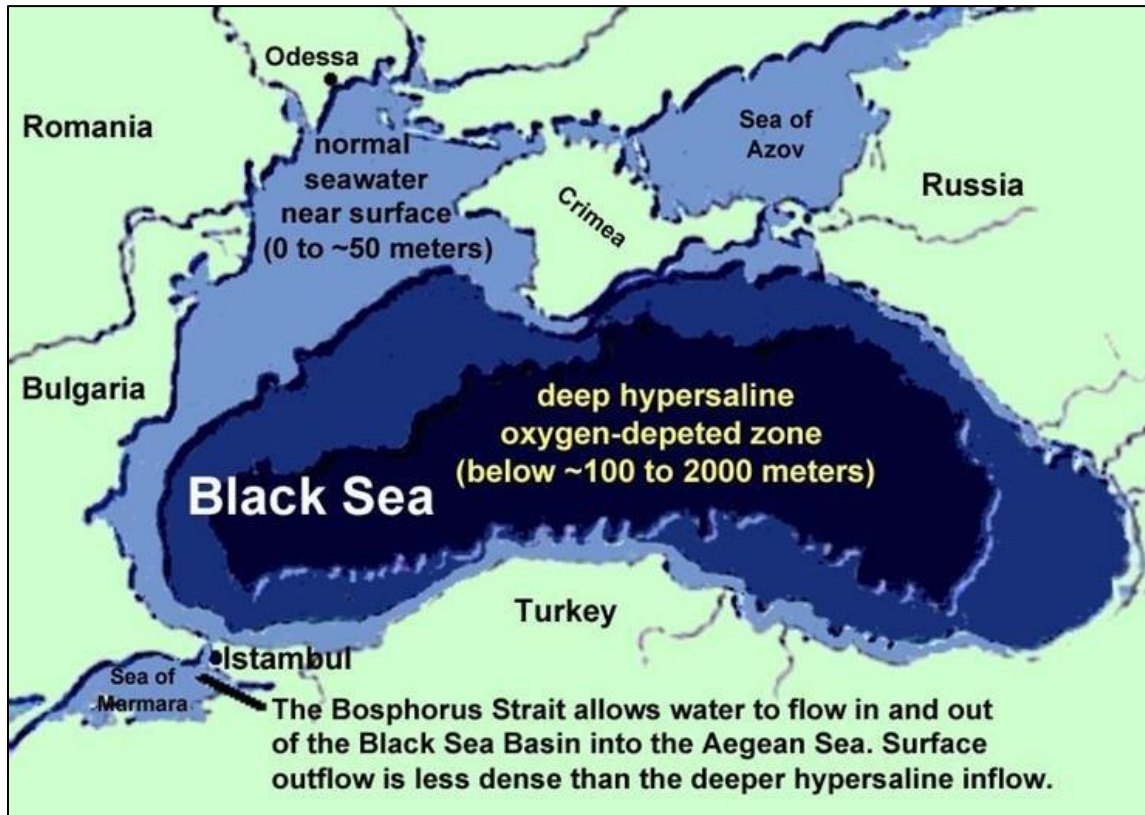
4) Bias temporale

- Una volta che gli organismi hanno la fortuna di divenire fossili non è detto che di essi avremo mai conoscenza. Perché ciò avvenga, i fossili devono **A) venire esposti in superficie e B) evitare l'erosione** da parte di agenti esogeni prima che il paleontologo possa trovarli e recuperarli.
- Le rocce sedimentarie più antiche (e i fossili contenuti), a causa dei movimenti tettonici delle placche continentali, hanno più probabilità di andare in **subduzione** (ovvero sprofondare al di sotto di una placca adiacente) e **subire metamorfosi**, e quindi, meno possibilità di rimanere esposte in superficie per lungo tempo. Ne consegue che ...



A. BIAS GEOLOGICI

5) Bias ambientale. Il luogo di vita di un organismo influisce sulla possibilità che diventi un fossile. Animali marini hanno più probabilità di diventare fossili perché maggiori sono le possibilità che in acqua si creino condizioni ambientali favorevoli alla preservazione (anossia, seppellimento, rapido, ecc). Ne consegue che...



Il fondale del Mar Nero è ipersalino e privo di ossigeno. Gli organismi che vivono nella soprastante colonna d'acqua ossigenata hanno buone possibilità di divenire fossili se raggiungono il fondale.

**La probabilità di trovare fossili marini sarà maggiore rispetto
alla possibilità di trovare fossili terrestri.**

BIAS DEL RECORD FOSSILE

A. Geologici

1. Bias di sedimentazione
2. Ipotesi della causa comune
3. Bias di non-conformità
4. Bias temporale
5. Bias ambientale

B. Antropogenici

1. Bias di campionamento
2. Campionamento sproporzionato
3. Bias storici e geografici
4. Bias tassonomici

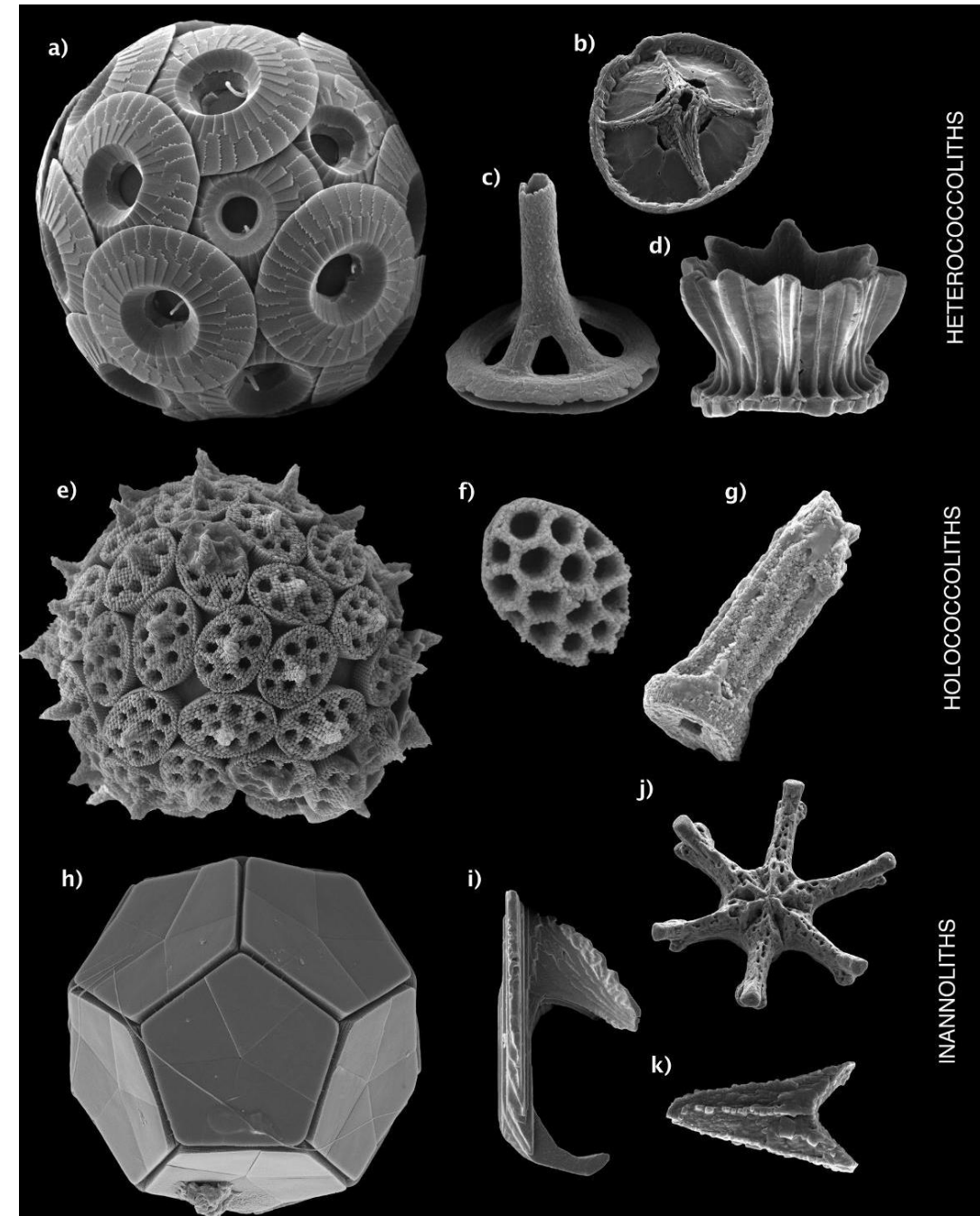
C. Tafonomici

1. Effetto Signor-Lipps
2. Effetti Lazarus, Elvis, Zombie
3. Effetto Lagerstätten
4. Pull of the Recent

B. BIAS ANTROPOGENICI

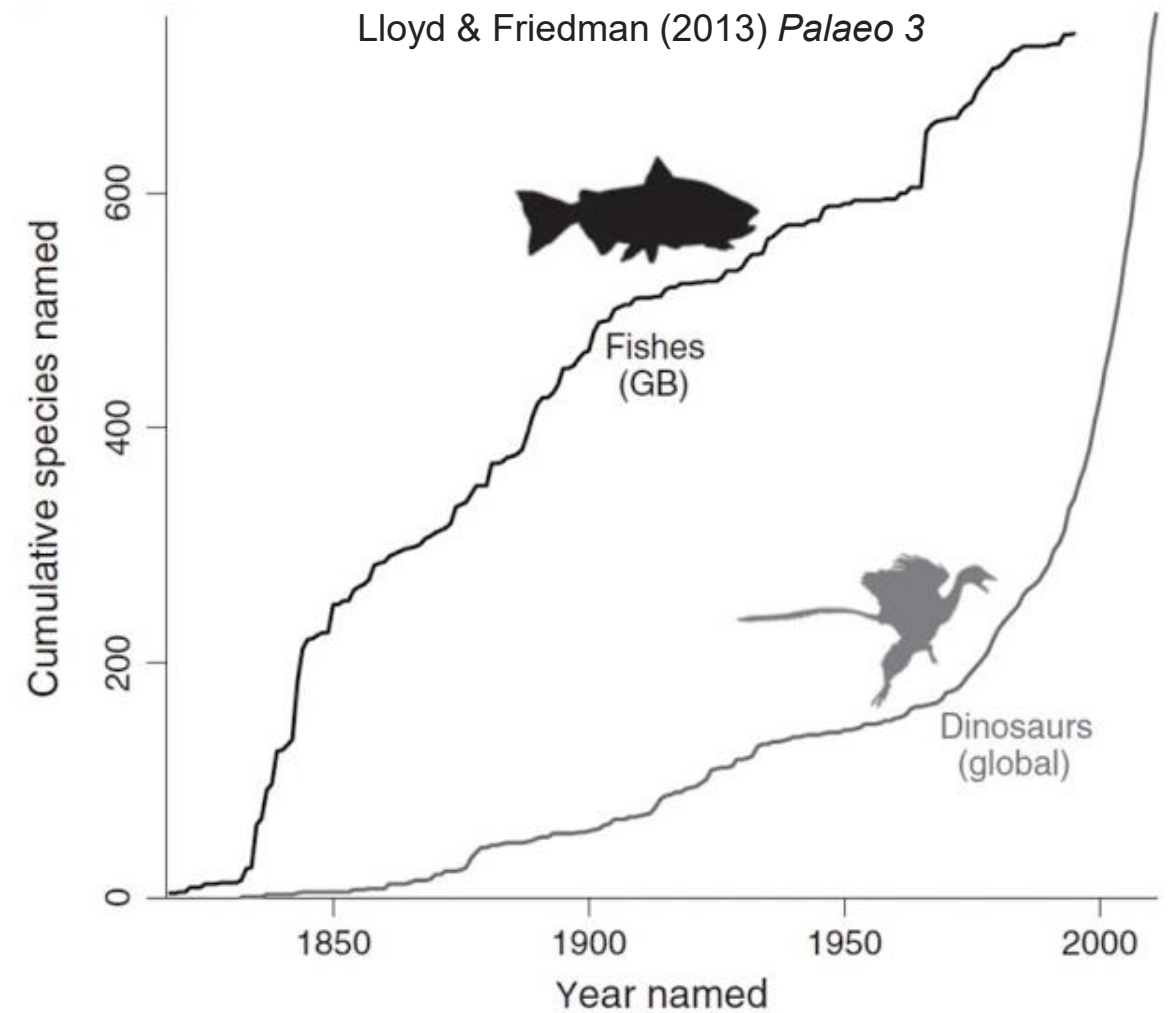
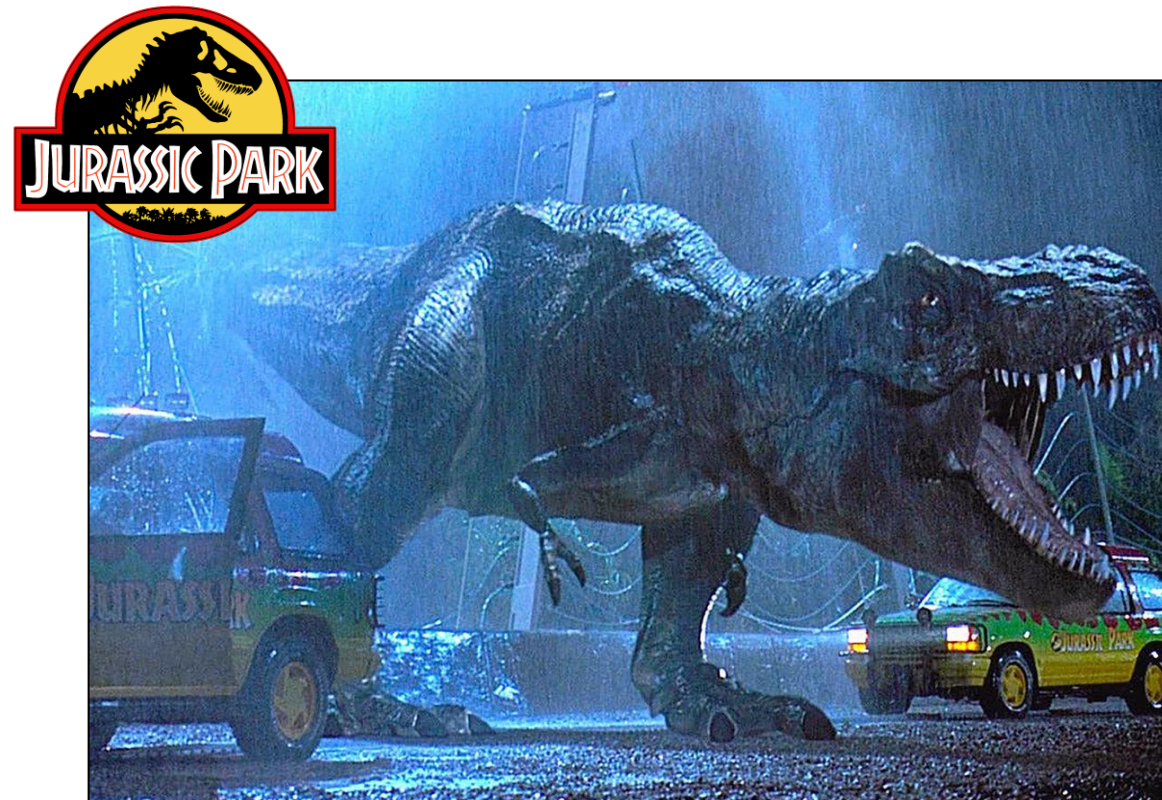
Il fattore umano può influenzare le misure e la conoscenza della paleobiodiversità.

1) Bias di campionamento. Dipende da quei fattori che precludono la raccolta e il campionamento (ad es. tempo impiegato nella raccolta, rarità, piccola taglia, ecc). L'entità del bias di campionamento aumenta con la diminuzione dell'abbondanza delle specie, della loro taglia, e con la diminuzione dell'intensità di campionamento.



B. BIAS ANTROPOGENICI

2) Campionamento sproporzionato. E' causato dal preferire lo studio di certi intervalli temporali chiave (es. il limite Cretaceo/Paleogene) o organismi (es. i dinosauri) ritenuti (soggettivamente) più interessanti rispetto ad altri.



- Il campionamento sproporzionato può anche essere causato dal preferire lo studio di organismi fossili di periodi geologici più recenti che sono più facili da studiare in quanto sono più semplici le comparazioni con taxa viventi più strettamente imparentati.

B. BIAS ANTROPOGENICI

3) Bias storici e geografici. Non in tutte le aree del mondo si cercano fossili allo stesso modo. La raccolta paleontologica esiste da più anni in Europa Occidentale e Nord America. Inoltre dal momento che la ricerca scientifica ha anche un costo economico, Paesi meno ricchi (Africa, Sud America, ecc) sono (o sono stati) meno propensi a investire nella ricerca paleontologica.

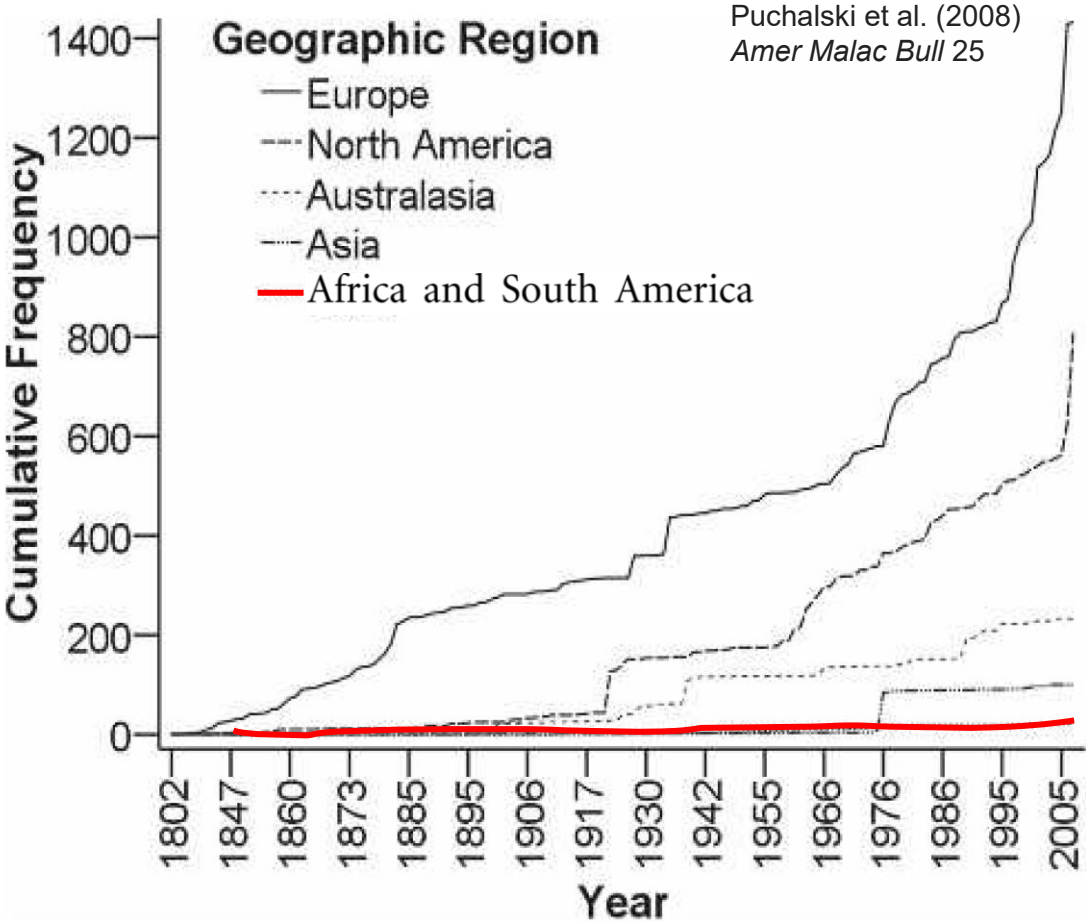


Figure 2. Collector curves for all fossil chiton occurrences reported by geographic region (see Table 1 for listing of the countries in each region).

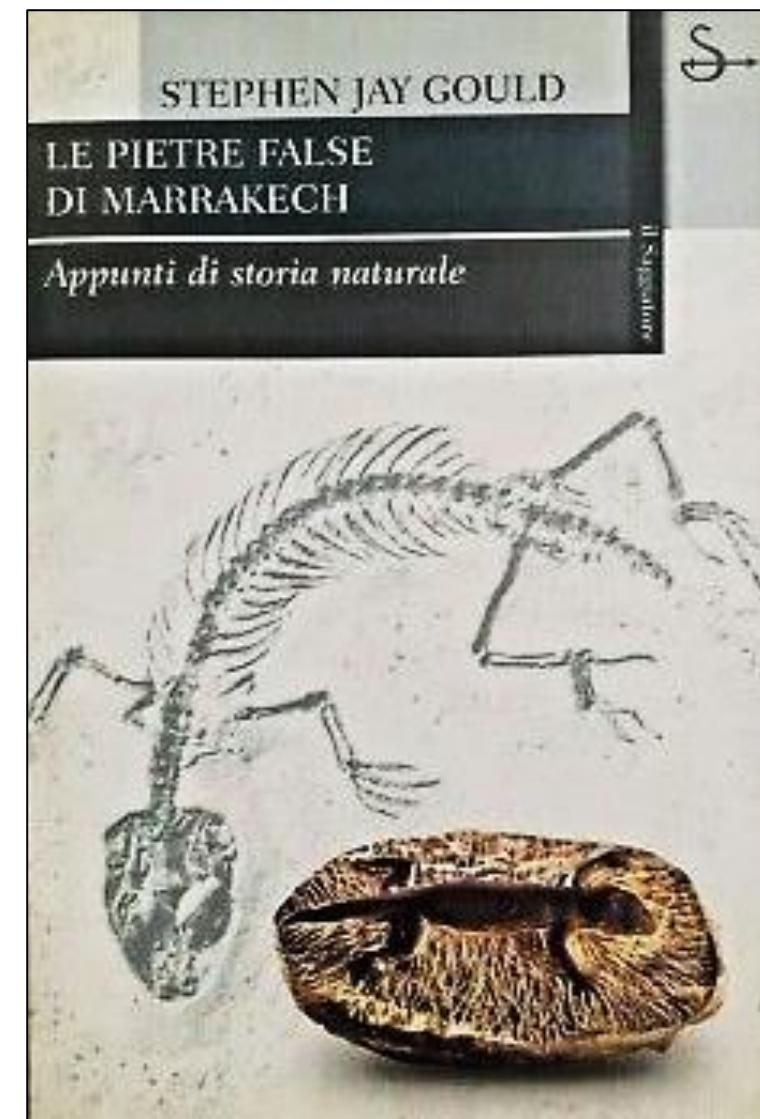
- Infine la stabilità politica, i conflitti e gli interessi economici dei vari Paesi influenzano notevolmente il campionamento e la raccolta di dati paleontologici.

B. BIAS ANTROPOGENICI

4) Bias tassonomici

Legati ad una identificazione scorretta per ignoranza, o legati ad una classificazione troppo soggettiva dei reperti fossili, o legati alla difficoltà di riconoscere variabilità intraspecifica o interspecifica all'interno di un campione producendo:

- errate identificazioni
- eccessive sinonimie
- oversplitting
- overlumping



B. BIAS ANTROPOGENICI

4) Bias tassonomici

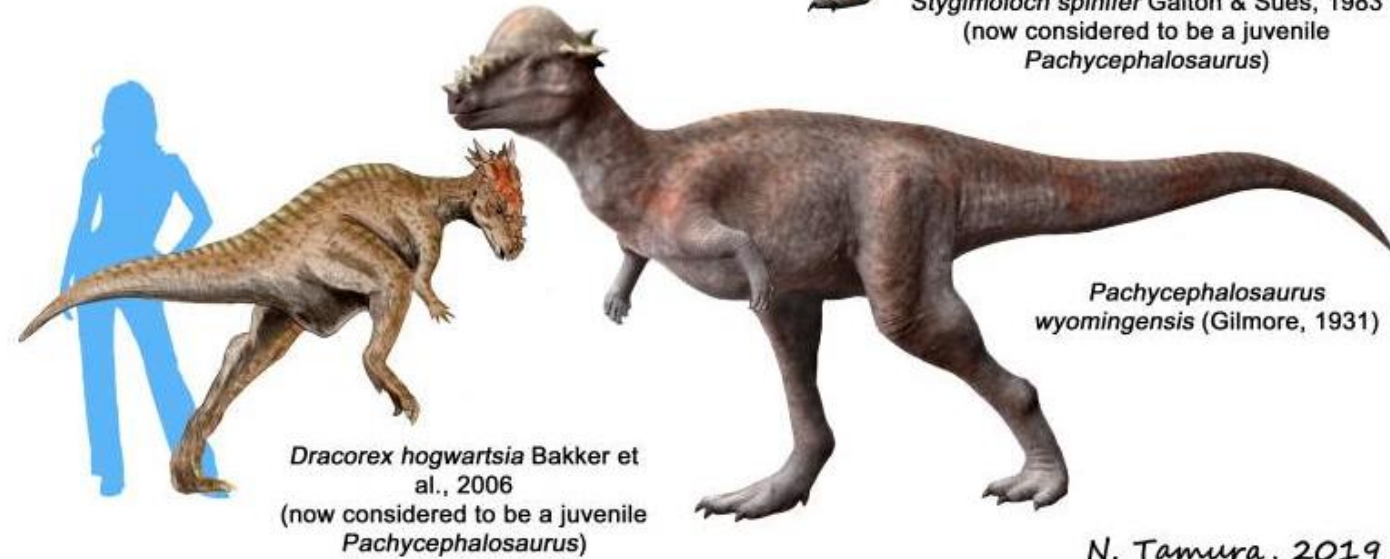
Oversplitting

- Tendenza che porta a considerare esemplari della stessa specie come appartenenti a specie diverse a causa, ad esempio, dell'incapacità di riconoscere la variabilità intraspecifica.
- Uno **splitter** è colui che utilizza definizioni precise e le più piccole variazioni morfologiche per creare nuove categorie di classificazione.
- Se la tendenza è eccessiva, uno splitter rischia di identificare variazioni dovute in realtà a variabilità intraspecifica (individuale, ontogenetica, sessuale) come variazione interspecifica, creando specie potenzialmente inesistenti.

Pachycephalosaurus
Late Cretaceous Hell Creek Formation
(Montana, USA)



Stygimoloch spinifer Galton & Sues, 1983
(now considered to be a juvenile
Pachycephalosaurus)



Dracorex hogwartsia Bakker et
al., 2006
(now considered to be a juvenile
Pachycephalosaurus)

Pachycephalosaurus
wyomingensis (Gilmore, 1931)

N. Tamura, 2019



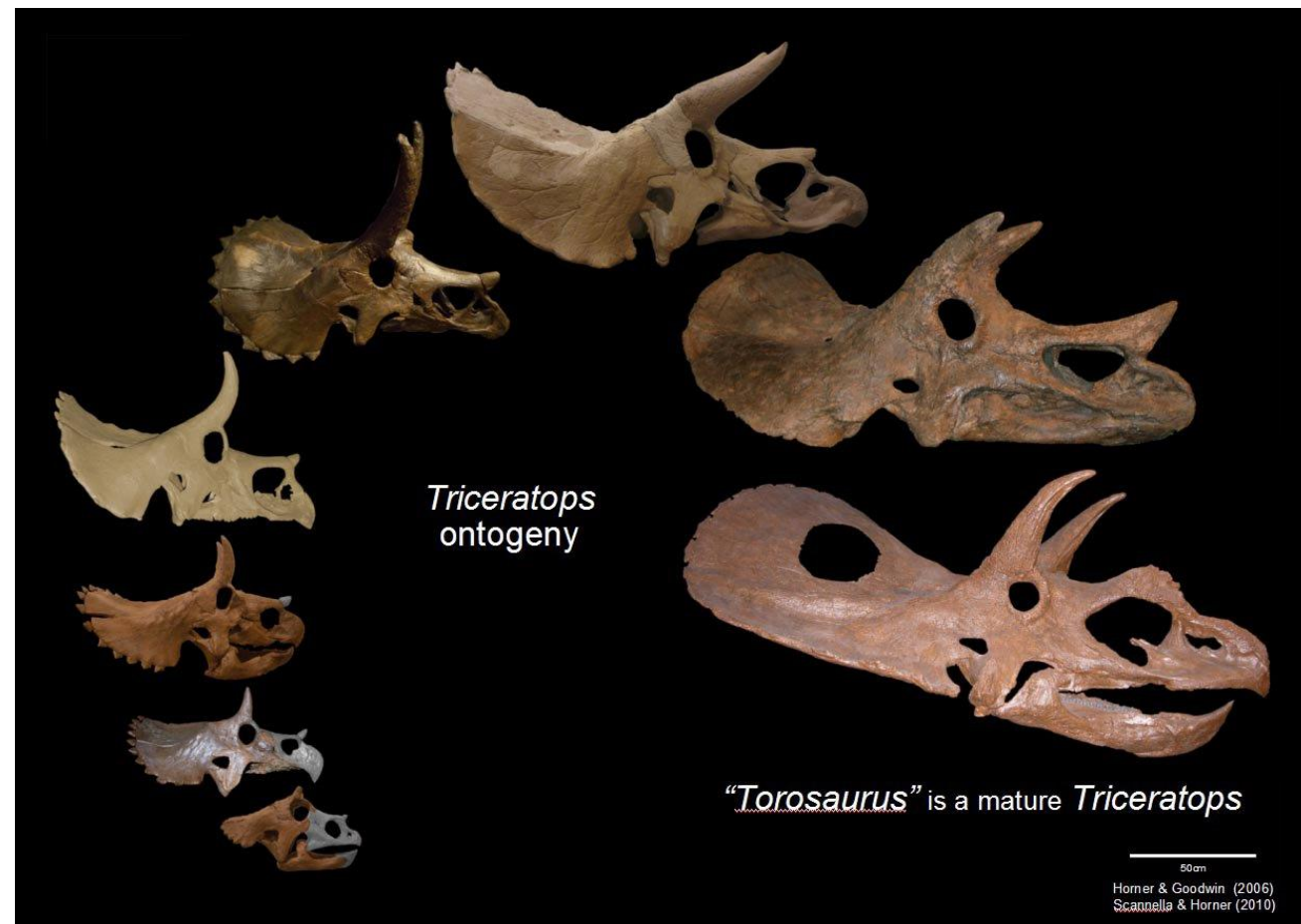
B. BIAS ANTROPOGENICI

4) Bias tassonomici

Overlumping

- **Tendenza nel procedere ad accorpamenti arbitrari di più specie in una sola.** Per un "lumper" le differenze tra individui non sono così importanti o diagnostiche da indicare la presenza di più specie.
- Se la tendenza è eccessiva, un lumper rischia di ignorare importanti differenze dovute a variabilità tra specie diverse (interspecifica) interpretandole invece come variabilità individuale, ontogenetica o sessuale (intraspecifica), ignorando così l'esistenza di più specie.

Triceratops e *Torosaurus*:
generi diversi, o diversi
stadi di crescita di un unico
taxon?



BIAS DEL RECORD FOSSILE

A. Geologici

1. Sedimentary bias
2. Common cause hypothesis
3. Unconformity bias
4. Temporal bias
5. Environmental bias

B. Antropogenici

1. Sampling bias
2. Sampling sproporzionato
3. Bias storici
4. Bias tassonomici

C. Tafonomici

1. Effetto Signor-Lipps
2. Effetti Lazarus, Elvis, Zombie
3. Effetto Lagerstätten
4. Pull of the Recent

C. BIAS TAFONOMICI

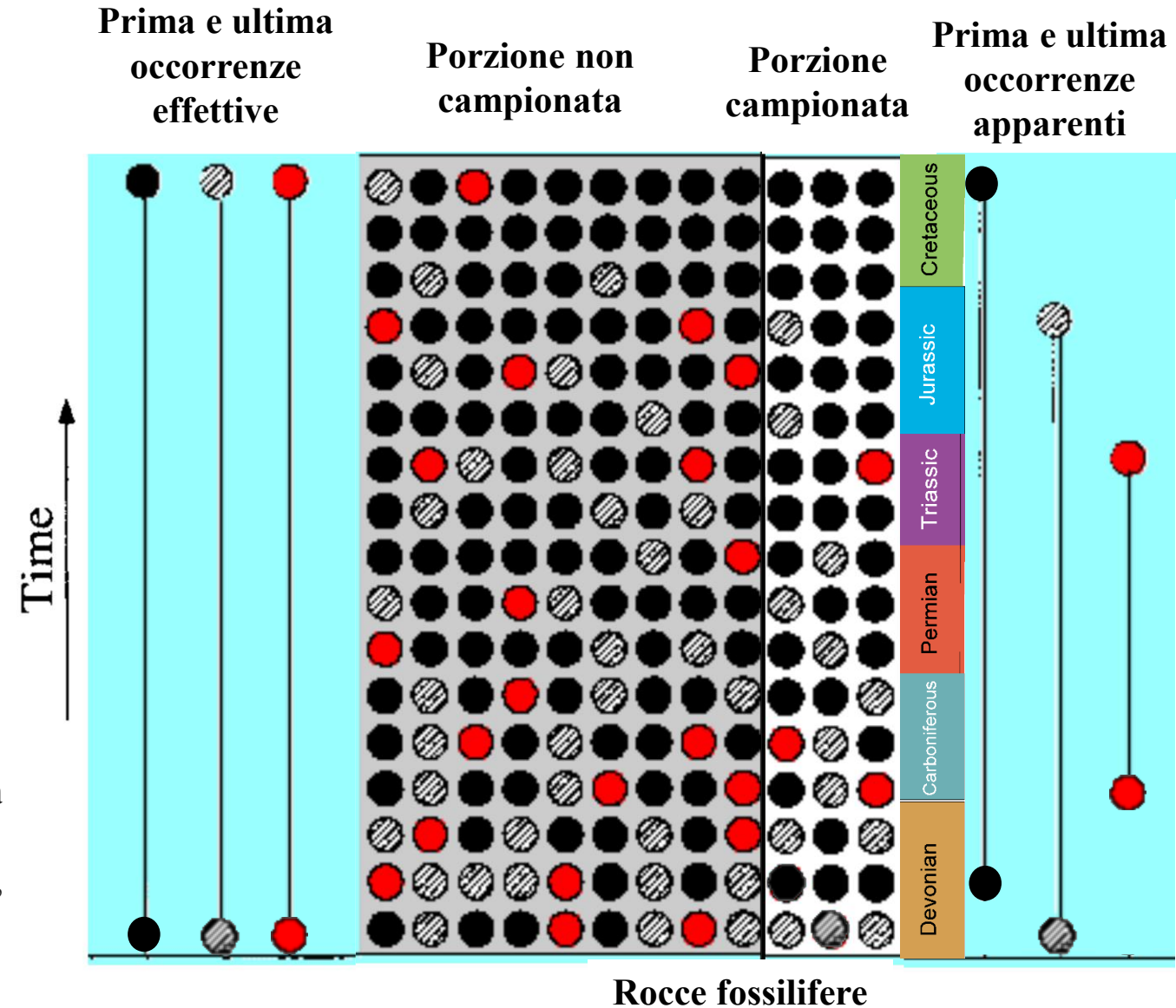
I bias tafonomici sono quelli legati alle caratteristiche intrinseche del record fossile.

1) Effetto Signor-Lipps

"Dato che il record paleontologico degli organismi non è completo in nessun caso, né il primo né l'ultimo rappresentante di un determinato taxon saranno rinvenuti sotto forma di fossili" (Signor & Lipps 1982)

Conseguenza dell'effetto Signor-Lipps:

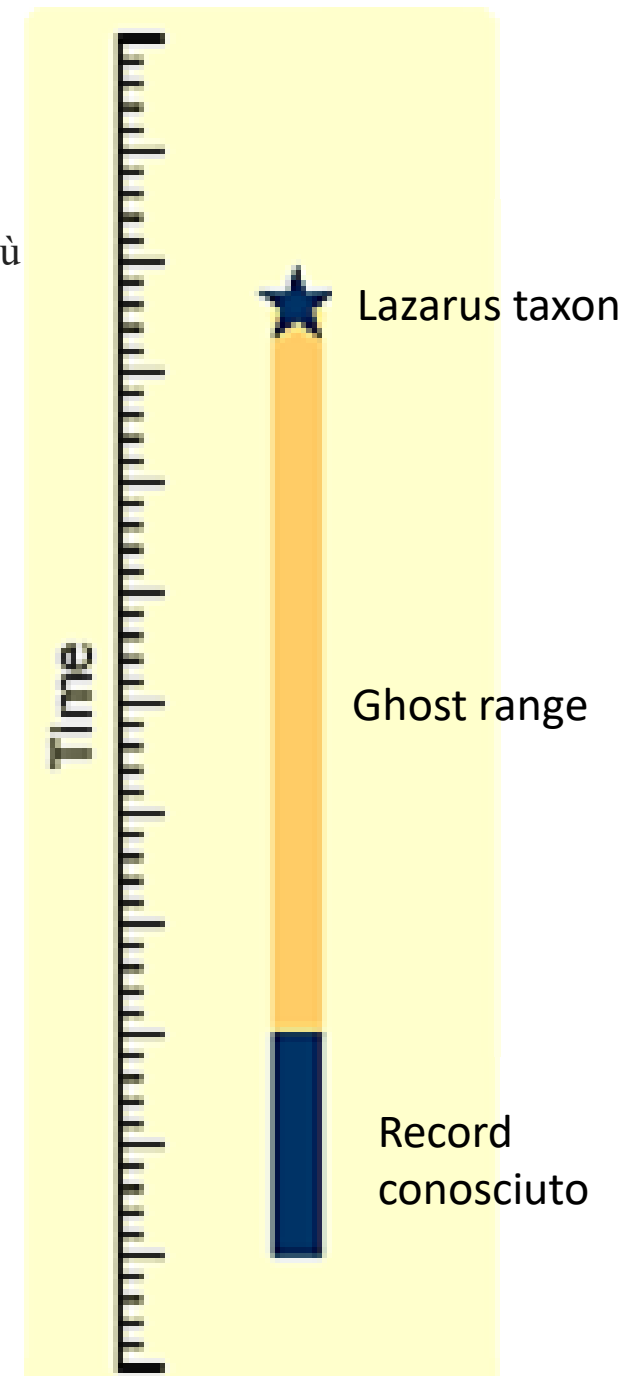
- Il record paleontologico tende sempre a **post-datare** la **comparsa** di un taxon e a **pre-datare** la sua **estinzione**, rispetto alla sua reale comparsa e alla sua reale estinzione.



C. BIAS TAFONOMICI

2) Effetti Lazzaro, Elvis, Zombie

- L'**effetto Lazzaro** è dovuto a un taxon (Lazarus taxon) che apparentemente scompare per un intervallo più o meno lungo dal record paleontologico per riapparire nuovamente in seguito.
- Una conseguenza diretta dell'effetto Lazzaro è la presenza di buchi nella documentazioni, i cosiddetti **ghost ranges**, ovvero quei range temporali in cui non vi sono fossili di un determinato taxon ma la cui esistenza può essere certamente dedotta.

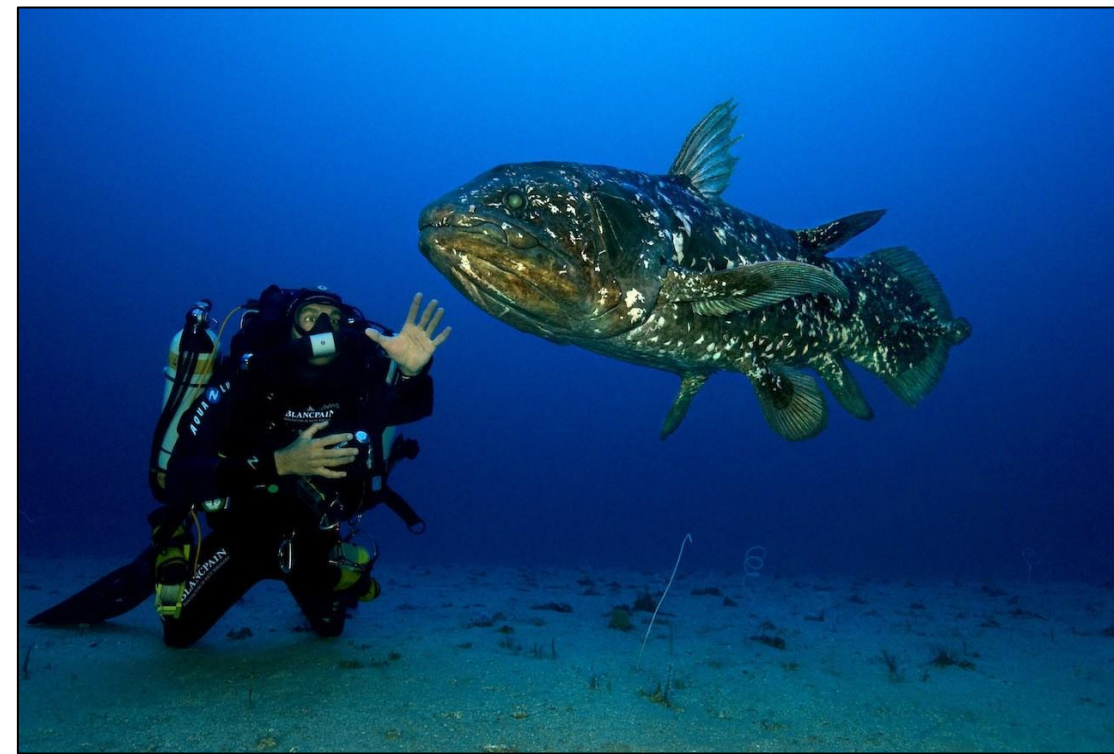


C. BIAS TAFONOMICI

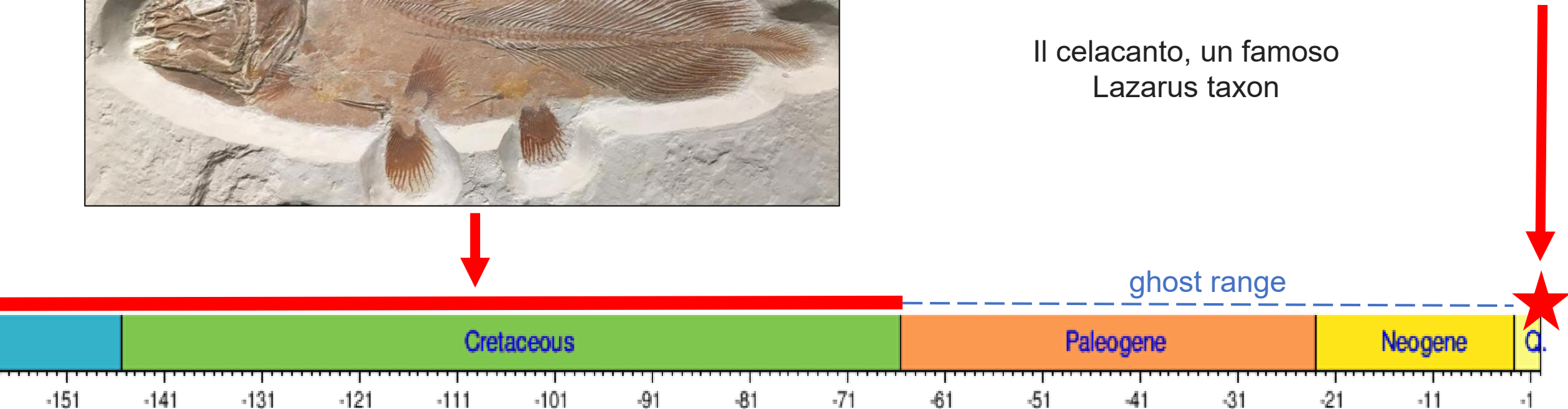
2) Effetti Lazzaro, Elvis, Zombie

I Lazarus taxa sono artefatti che possono essere causati da:

- estinzioni locali
- una raccolta incompleta



Il celacanto, un famoso
Lazarus taxon



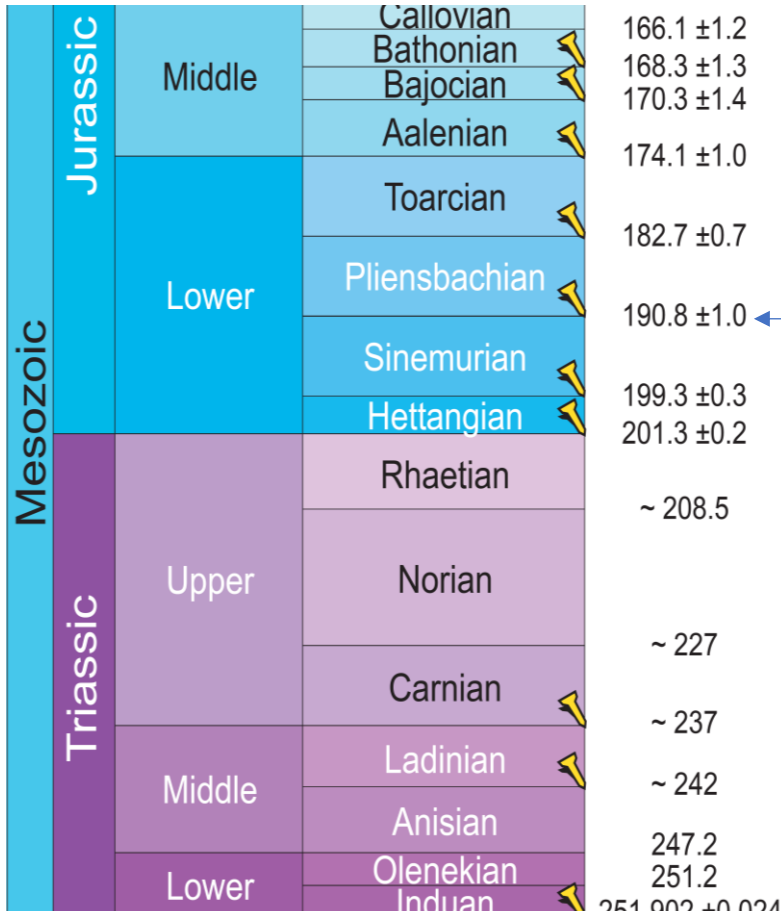
C. BIAS TAFONOMICI

2) Effetti Lazzaro, Elvis, Zombie

- L'effetto Elvis è dovuto a un taxon che è stato erroneamente identificato come "riemerso" nel record paleontologico in seguito a un periodo di presunta estinzione. L'errore è dovuto in realtà al fatto che l'esemplare "risorto" ha una morfologia simile al taxon creduto estinto, dovuta a convergenza evolutiva, che induce in errore l'osservatore (errore umano).



Elvis Presley (1935-1977)



Esemplari del brachiopode "*Rhetina gregaria*" ritrovati nel Giurassico Inf. (190 Ma) sono un esempio di taxon Elvis, perché morfologicamente simili al vero *Rhetina gregaria* che si estinse alla fine del Triassico (201 Ma).

"*Rhetina gregaria*"
(taxon Elvis)



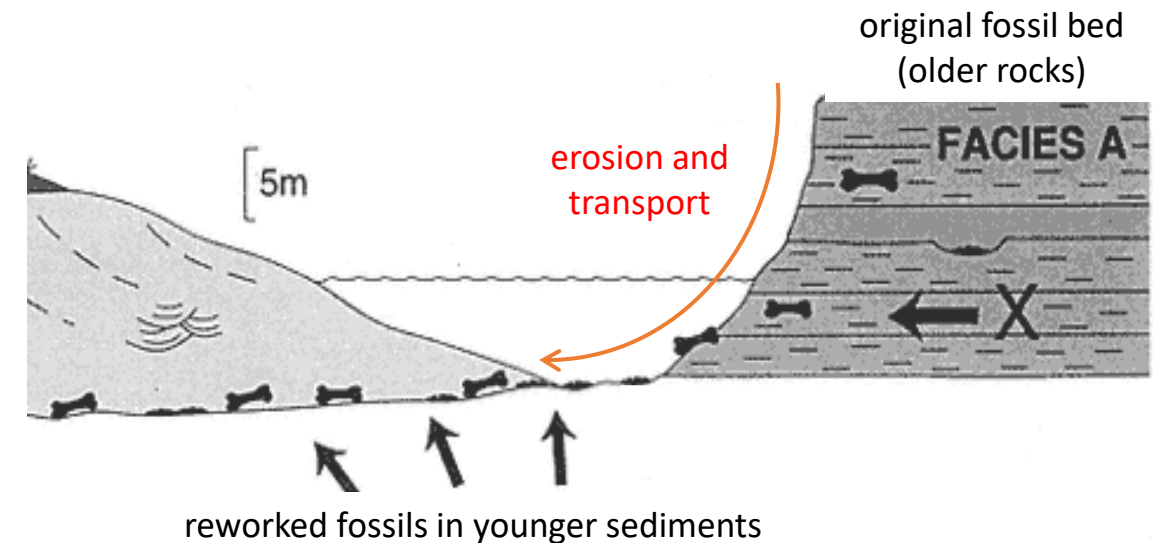
Rhetina gregaria

- In realtà il taxon originale è veramente estinto e il taxon "riemerso" (il *taxon Elvis*) non è un discendente del taxon originale ma ha solo sviluppato una morfologia simile per evoluzione convergente.

C. BIAS TAFONOMICI

2) Effetti Lazzaro, Elvis, Zombie

- L'effetto **Zombie** è dovuto ai fossili rielaborati. Un fossile che, a seguito dell'esposizione in superficie viene dilavato dal sedimento originario che lo contiene e si rideposita in sedimenti più giovani, causa un bias nella datazione del fossile.
- Famosi sono i casi di dinosauri non aviani (estinti 66 Ma fa) ritrovati in rocce cenozoiche più recenti, ad es. nel Paleocene (66-56 Ma).



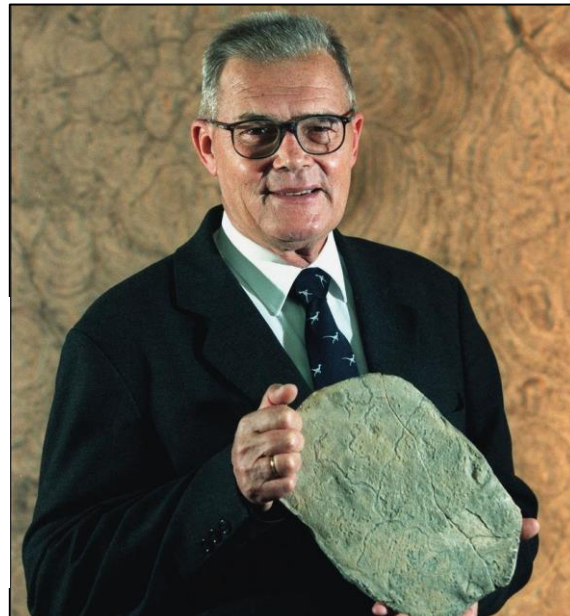
Modified after Lofgren (1995). *The Bug Creek Problem and the Cretaceous-Tertiary Transition at McGuire Creek, Montana*. Berkeley: University of California Press.

C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

- Un *Lagerstätte* (dal tedesco *Lager* 'deposito' e *Stätte* 'luogo' = giacimento) è **un giacimento fossilifero che conserva fossili con abbondanza e/o conservazione eccezionali**, fornendo così un'enorme quantità di informazioni paleontologiche.

“ [Fossil-Lagerstätten] provide interesting details to the environmental, depositional and diagenetic history of the whole ecological association”
(Seilacher 1990)



Il famoso *Archaeopteryx*, il più antico uccello, proveniente dal Lagerstätte giurassico di Solnhofen (Germania).

C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

Ne esistono di due tipi:

- ***Konservat-Lagerstätten*** (depositi di conservazione) sono depositi noti per l'eccezionale conservazione di organismi fossili. Sono caratterizzati da un'elevata **qualità di conservazione** delle parti molli e dure. Gli scheletri sono generalmente completi e articolati.
- Fondamentali per fornire risposte a momenti importanti della storia e dell'evoluzione della vita. Ad esempio:



- Burgess Shale (Canada): associato alla radiazione iniziale dei Metazoi.
- Solnhofen (Germania): *Archaeopteryx*, il più antico uccello nel record fossile.
- Bolca (Italia): radiazione dei pesci dopo l'estinzione di fine Cretaceo.

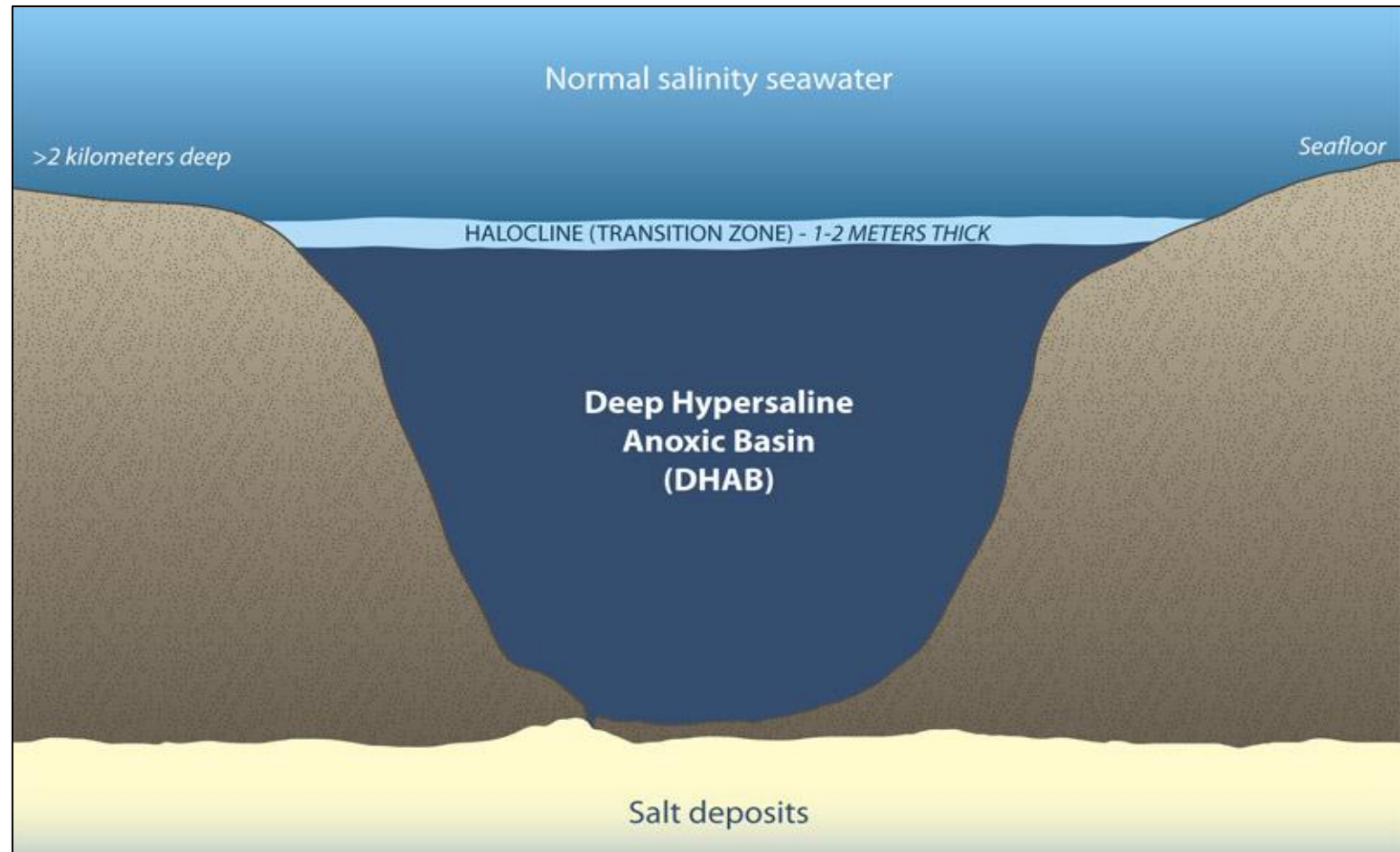


C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

Esistono tre tipi di depositi di conservazione:

a) **Depositi di stagnazione:** depositi che si formano in bacini marini o lacustri nei quali alcuni parametri abiotici (assenza di ricircolo, correnti, ossigeno; presenza di elevata salinità) impediscono la distruzione dei resti da parte di decompositori e necrofagi. Film microbici (*microbial mat*) possono ricoprire i resti preservandoli ulteriormente e promuovendo la precipitazione di minerali. Esempi: Bolca (Italia), Solnhofen (Germania).

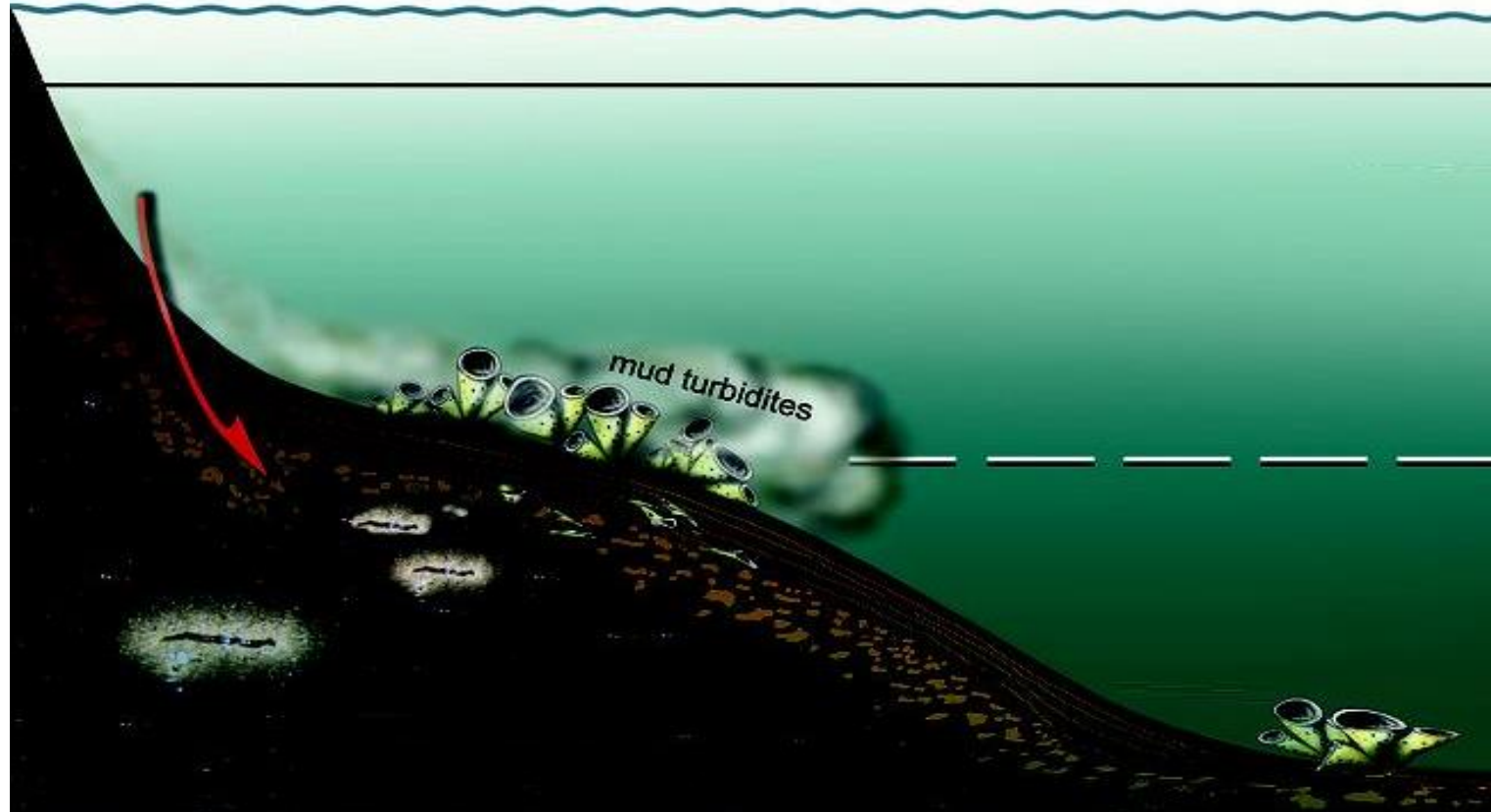


C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

b) Depositi di soffocamento/seppellimento (obration deposit): depositi marini che si formano a causa di improvvisi e rapidi accumuli di sedimenti a seguito di frane o torbiditi che seppelliscono istantaneamente gli organismi bentonici che vivono sui fondali marini sottraendoli immediatamente agli agenti in grado di distruggere il reperto. La conservazione sarà eccezionale se gli accumuli finiscono in fondali anossici.

Esempi: Burgess Shale (Canada), Ediacara (Australia).



C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

c) **Trappole di conservazione:** depositi nei quali gli organismi sono intrappolati nei loro ultimi momenti di vita.

- l'ambra, una resina fossile che ha intrappolato insetti e piccoli vertebrati (es. l'ambra del Mar Baltico)
- pozze di idrocarburi (es. Rancho la Brea; California)
- paludi e torbiere (es. Tollund; Danimarca)
- ghiaccio (es. il permafrost siberiano)



C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

- ***Konzentrat-Lagerstätten*** (depositi di concentrazione) sono depositi con una particolare "concentrazione" di parti dure disarticolate (accumuli di ossa, conchiglie, ecc) che vengono accumulate da fattori fisici come correnti, onde, vento, ecc.



C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

I Konzentrat-Lagerstätten si formano a seguito di processi sedimentologici o biologici che escludono in gran parte la conservazione delle parti molli.

Caratteristiche:

- Alta concentrazione di resti
- Alto grado di disarticolazione e bassa completezza.
- Meno spettacolari rispetto a Konservat-Lagerstätten, ma comunque importanti per la quantità e la diversità dei fossili.



C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

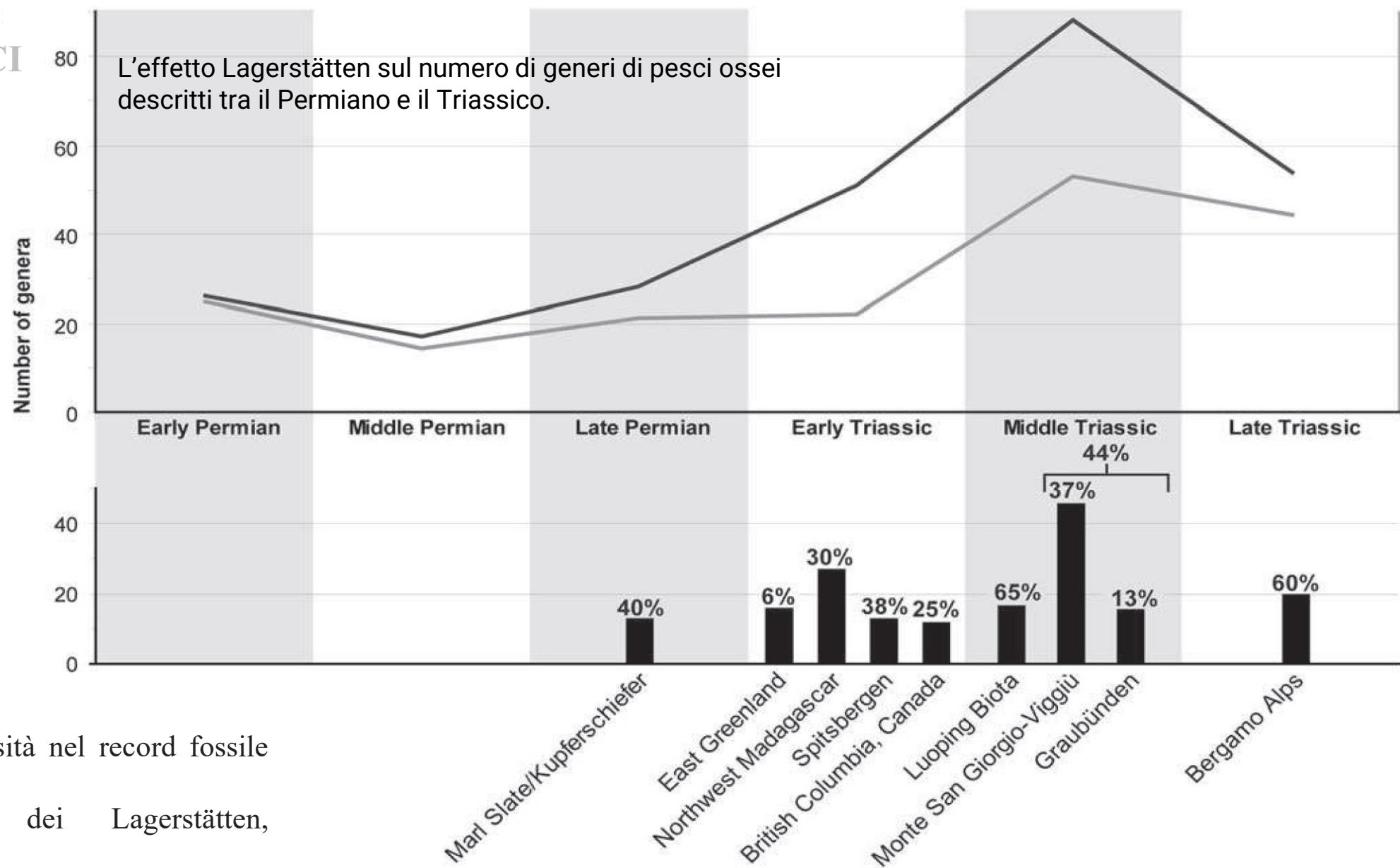
Benchè i fossili dei Konzentrat- e Konservat-Lagerstätten sono una straordinaria fonte di informazioni sulla biodiversità, anatomia, ecologia, paleoambiente in cui vivevano gli organismi, essi stessi al contempo **possono creare un bias, ovvero una distorsione nell'analisi della biodiversità**, per due principali motivi:

- A) hanno una ricchezza di taxa «anomala» che andrà ad influenzare le analisi della biodiversità, creando dei picchi superiori alla media sia nel tempo che nello spazio.
- B) Sono più estensivamente studiati e creano dunque anche un bias antropogenico.



C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten



- Spesso, i picchi di diversità nel record fossile corrispondono all'età dei Lagerstätten, specialmente se un determinato gruppo di fossili è conservato solo in questi tipi di depositi.

C. BIAS TAFONOMICI

3) Effetto Lagerstätten

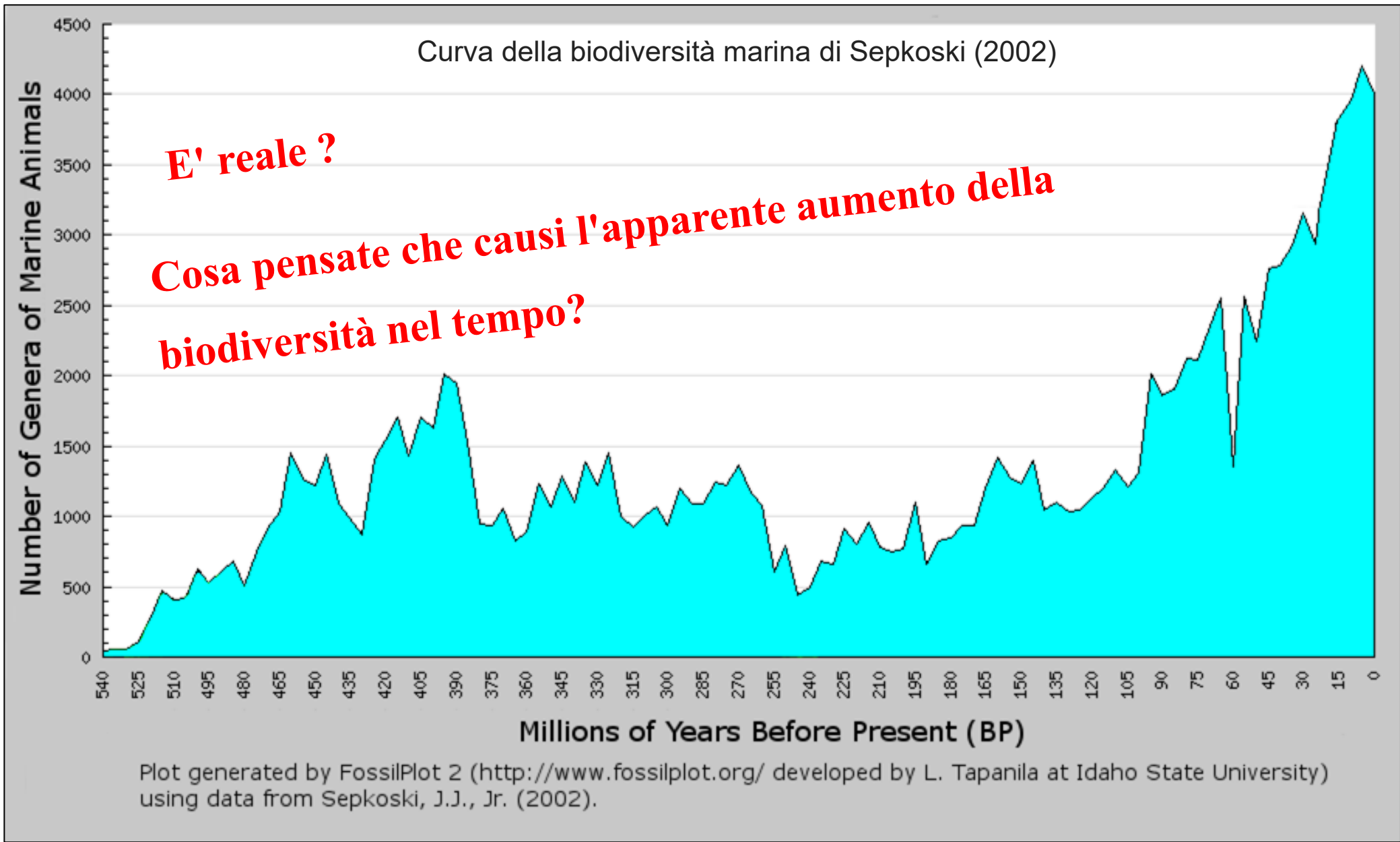
- Alcune trappole di conservazione (es. pozze di asfalto) rappresentano chiari esempi di Effetto Lagerstätten. In Rancho la Brea (Pleistocene, California) i mammiferi carnivori rappresentano il 90% dei mammiferi totali (l'opposto che in natura).



- La spiegazione più ovvia della percentuale sproporzionata di carnivori rispetto agli erbivori è che un singolo erbivoro, rimanendo intrappolato nell'asfalto, avrebbe potuto attirare un intero branco di carnivori, che sarebbero a loro volta rimasti intrappolati.

4) Pull of the Recent

Quale pattern vedete in questi dati ?

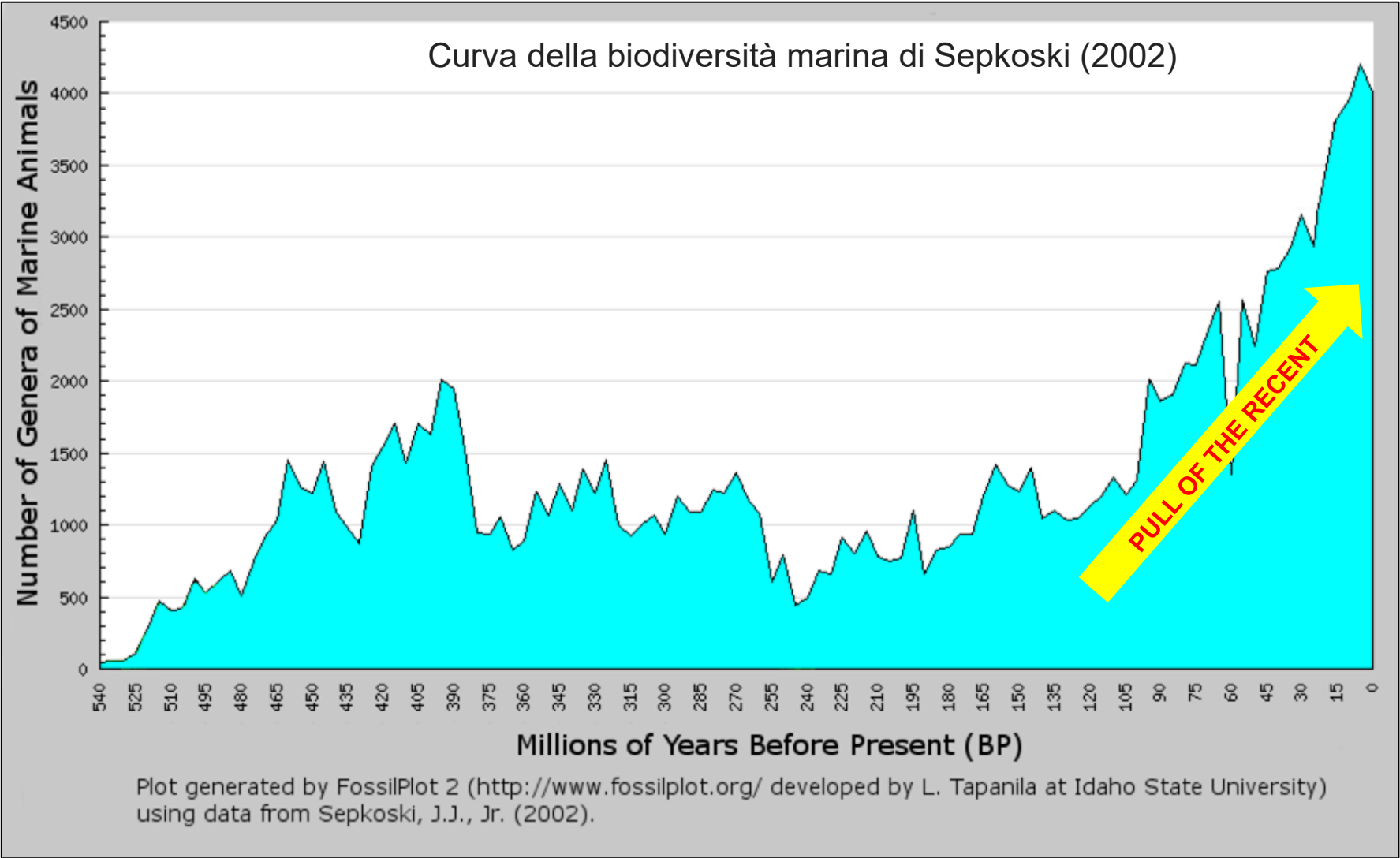


4) Pull of the Recent

L'effetto Pull of the Recent ("attrazione verso il Recente") è una distorsione delle stime della biodiversità nel tempo, per la quale **sembra che la biodiversità sia aumentata sempre più nel corso del tempo geologico** (soprattutto a partire dal Cretaceo).

Cause:

- 1) **Bias geologici.** Più i fossili sono antichi, più è probabile che siano stati distrutti.
- 2) **Bias antropogenici.** La migliore conoscenza delle specie viventi favorisce lo studio e la conoscenza dei loro parenti più prossimi (i più recenti).

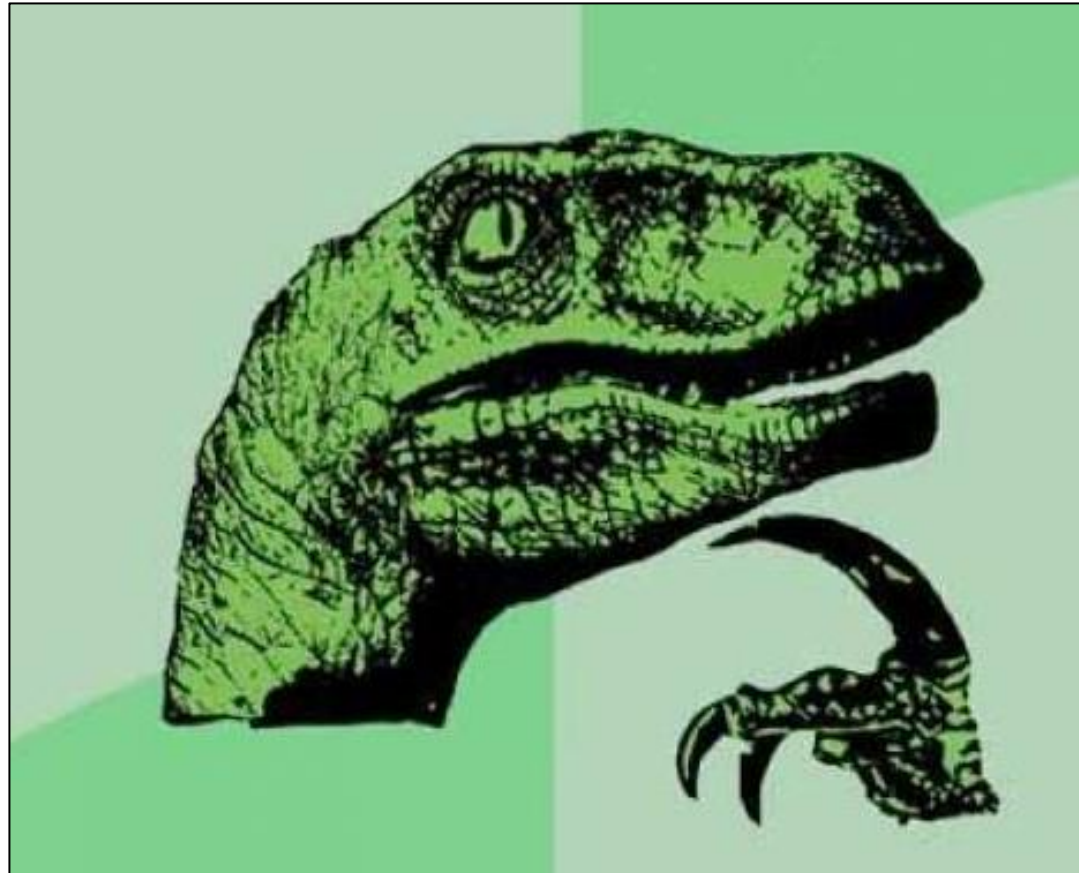


Prendere consapevolezza dei filtri e bias del record fossile ci permette di delineare il secondo "assioma" della paleontologia:

1. Il record fossile è incompleto

2. Il record fossile è alterato

**ESISTONO SOLUZIONI PER CORREGGERE O ALMENO MITIGARE I
PROBLEMI DERIVANTI DA FILTRI E BIAS DEL RECORD FOSSILE ?**



Curva di Sepkoski (2002)



SOLUZIONI AI BIAS DEL RECORD FOSSILE

Alcuni di questi approcci sono illustrati in Benton et al. (2011):

- **Rarefazione:** standardizzare campionamenti disuguali su ogni intervallo di tempo.
- **Standardizzazione:** dividere il n. di specie per numero di formazioni rocciose, volumi o aree di superfici.
- **Preferire analisi a livello di genere o famiglia invece che a livello di specie.**
Questo perché è più probabile che nel record fossile sia trovato almeno un esemplare di ogni famiglia, che un esemplare di ogni specie. Inoltre, è meno probabile che nel record fossile siano stati presenti taxa di alto rango tassonomico (classi, ordini, famiglie) di cui non sapremo mai l'esistenza.
- ... e molti altri....

Assessing the quality of the fossil record: insights from vertebrates

MICHAEL J. BENTON^{1*}, ALEXANDER M. DUNHILL¹, GRAEME T. LLOYD² & FELIX G. MARX^{1,3}

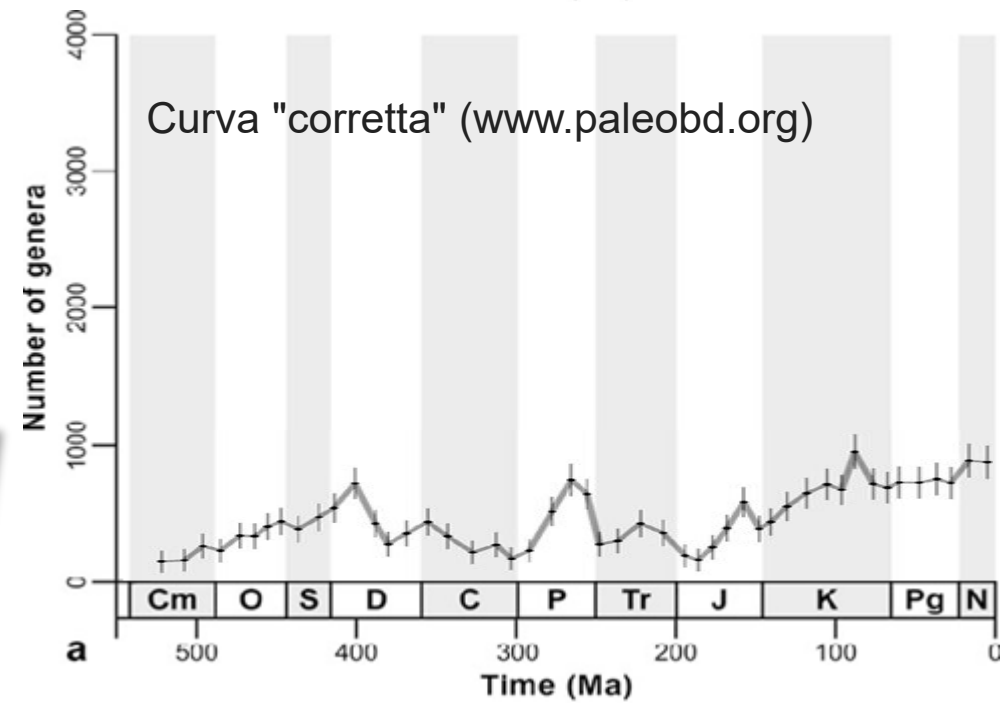
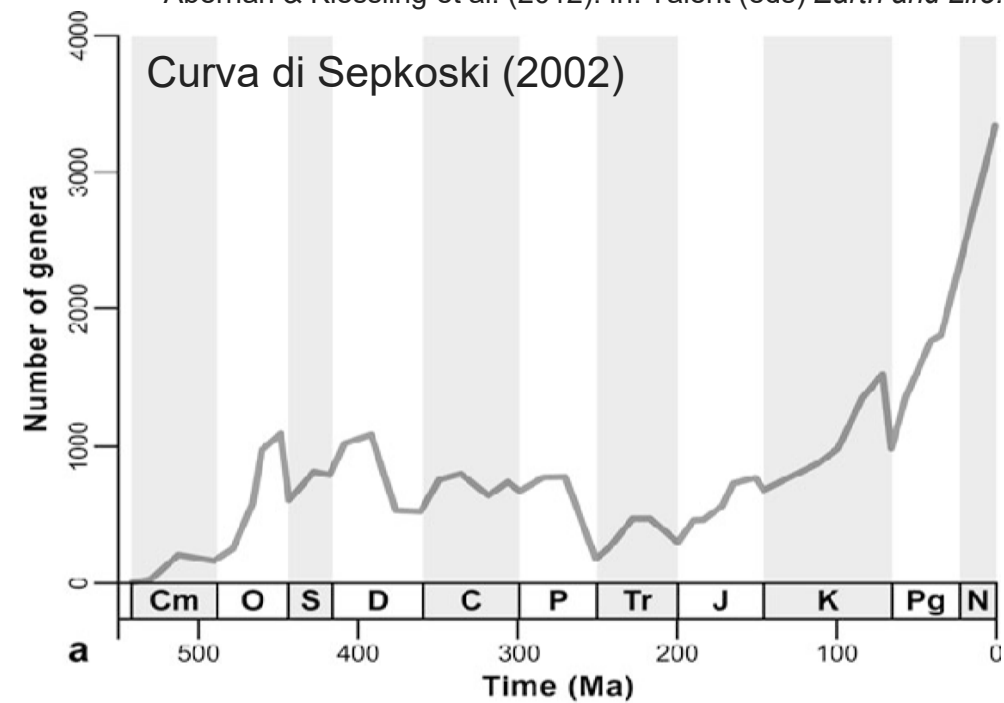
¹School of Earth Sciences, University of Bristol, Wills Memorial Building, Queen's Road, Bristol, BS8 1RJ, UK

²Department of Palaeontology, The Natural History Museum, Cromwell Road, London, SW7 5BD, UK

³Department of Geology, University of Otago, PO Box 56, Dunedin, New Zealand

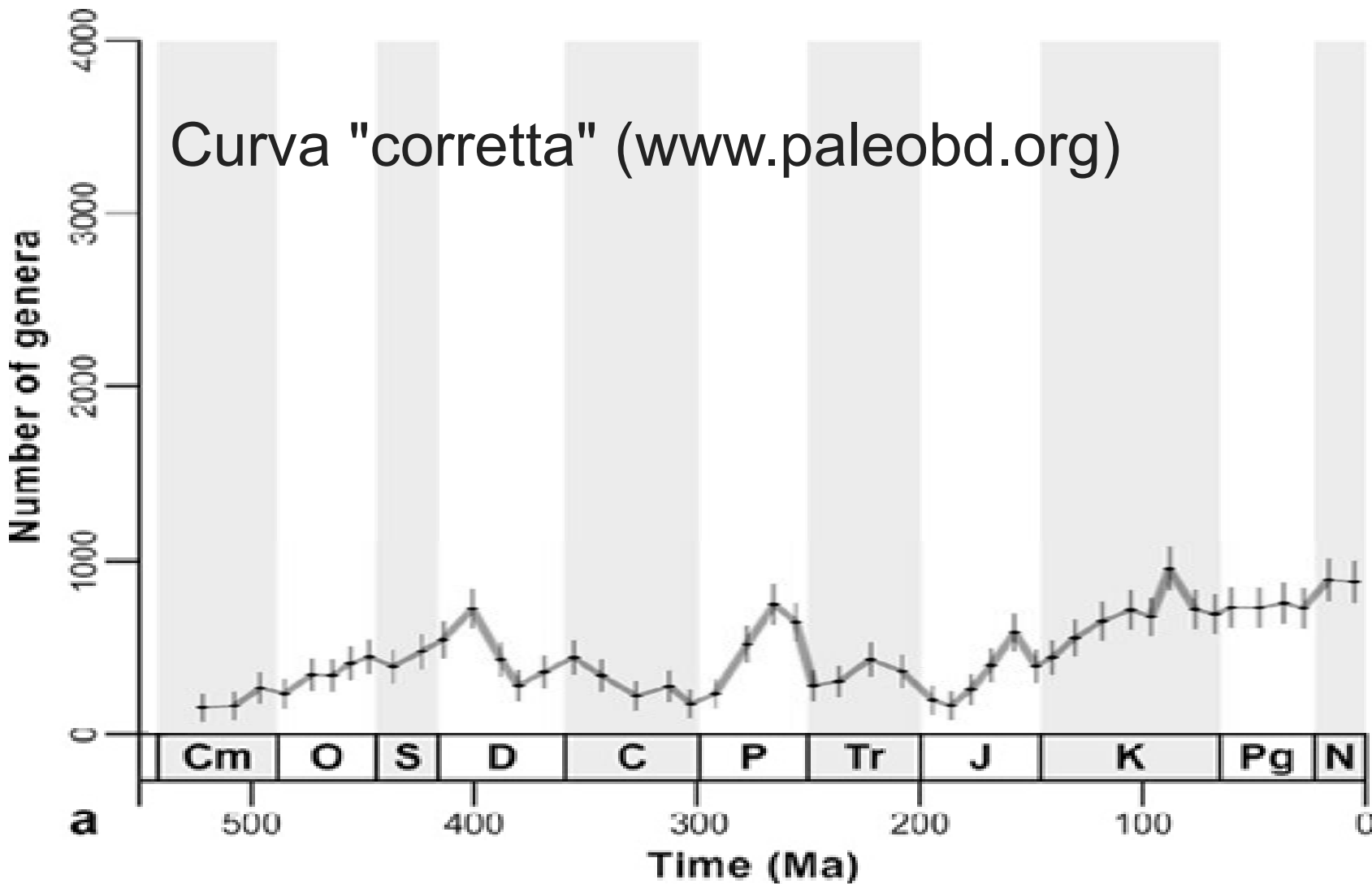
*Corresponding author

Aberhan & Kiessling et al. (2012). In: Talent (eds) *Earth and Life*.



Sebbene ora la curva sia "corretta", possiamo ancora osservare un relativo (più moderato) aumento della paleobiodiversità nel tempo...

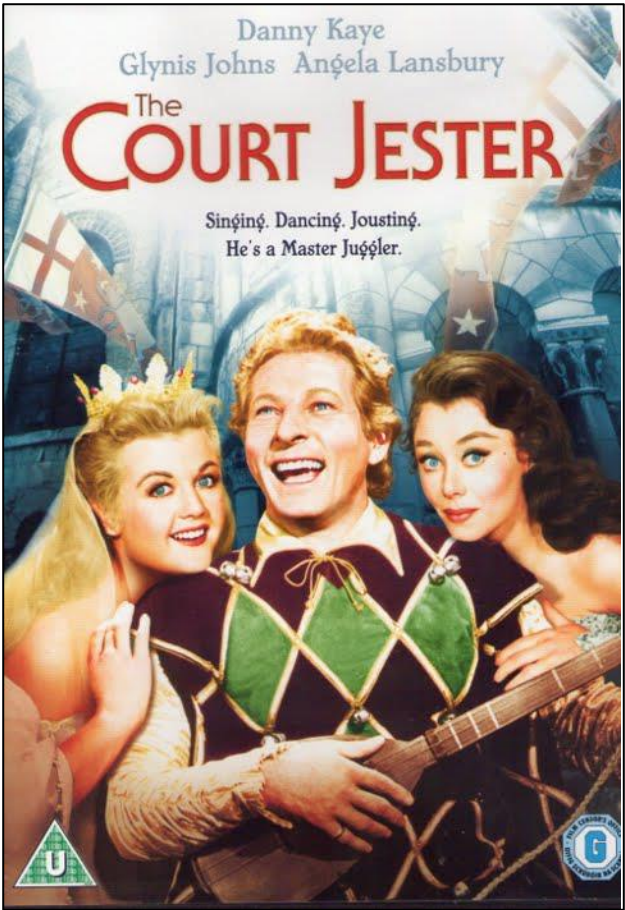
- Quali sono allora le cause del moderato aumento della biodiversità nel tempo ?
- Come si è formata la biodiversità come la conosciamo oggi?



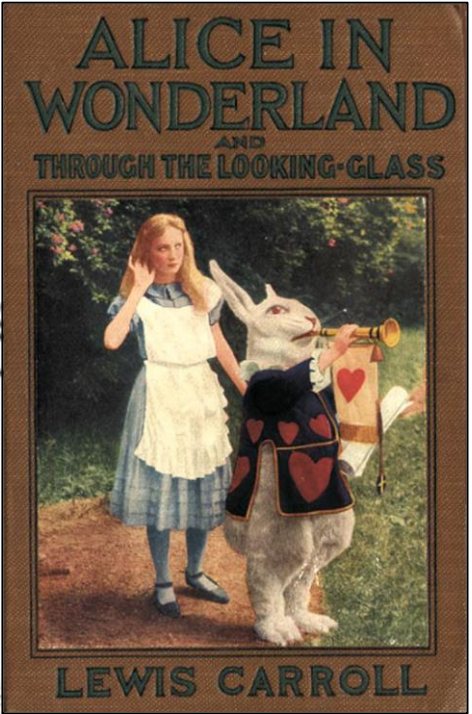
Sebbene ora la curva sia "corretta", possiamo ancora osservare un relativo (più moderato) aumento della paleobiodiversità nel tempo...

- Quali sono allora le cause del moderato aumento della biodiversità nel tempo ?
- Come si è formata la biodiversità come la conosciamo oggi?

Modello del Giullare di Corte



Modello della Regina Rossa



Modello della Regina Rossa

"It takes all the running you can do, to keep in the same place."



Proposta nel 1973 da Leigh Van Valen per spiegare il fenomeno della **coevoluzione**:

- il processo di evoluzione congiunto di due o più specie appartenenti che interagiscono tra loro in modo da costituire ciascuna un forte fattore selettivo per l'altra (o le altre), col risultato di influenzarsi a vicenda ed evolversi insieme.

Il Modello della Regina Rossa intende spiegare due diversi fenomeni:

- vantaggio della riproduzione sessuale all'interno della specie e aumento della variabilità intraspecifica che danno luogo alla **microevoluzione**
- costante corsa agli armamenti tra specie concorrenti (parassita-ospite o preda-predatore) che dà luogo alla **macroevoluzione**

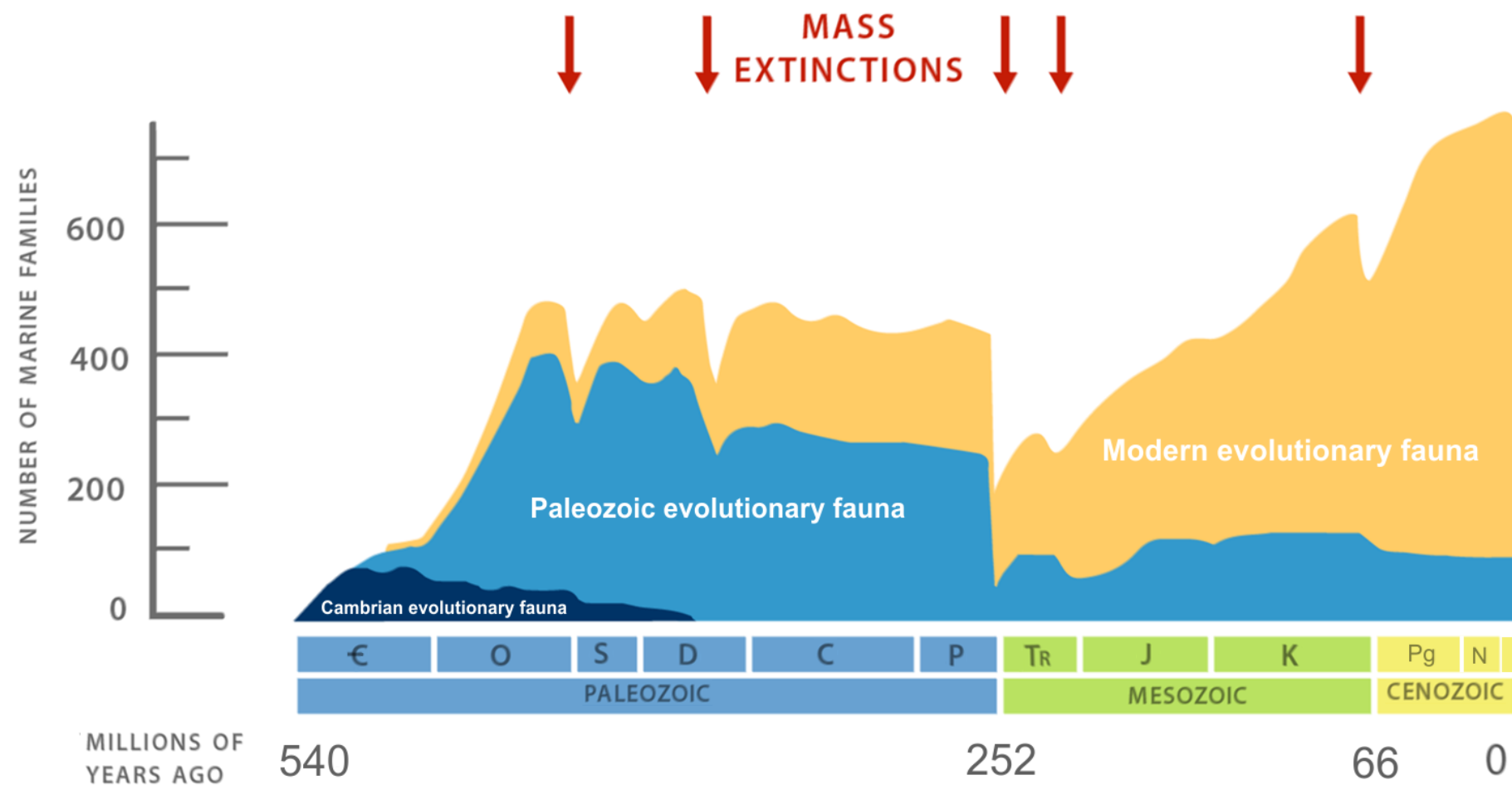
**Secondo il modello, a causare l'aumento della biodiversità nel tempo
sono i fattori biotici (intrinseci)**

Modello della Regina Rossa

Fattori biotici

1) Competizione

Competizione su larga scala tra le tre maggiori "faune evolutive" (cambriana, paleozoica e moderna) e raggiungimento di livelli di equilibrio intrinseco sempre più elevati dopo ogni turnover (sostituzione) a seguito di un'estinzione di massa.

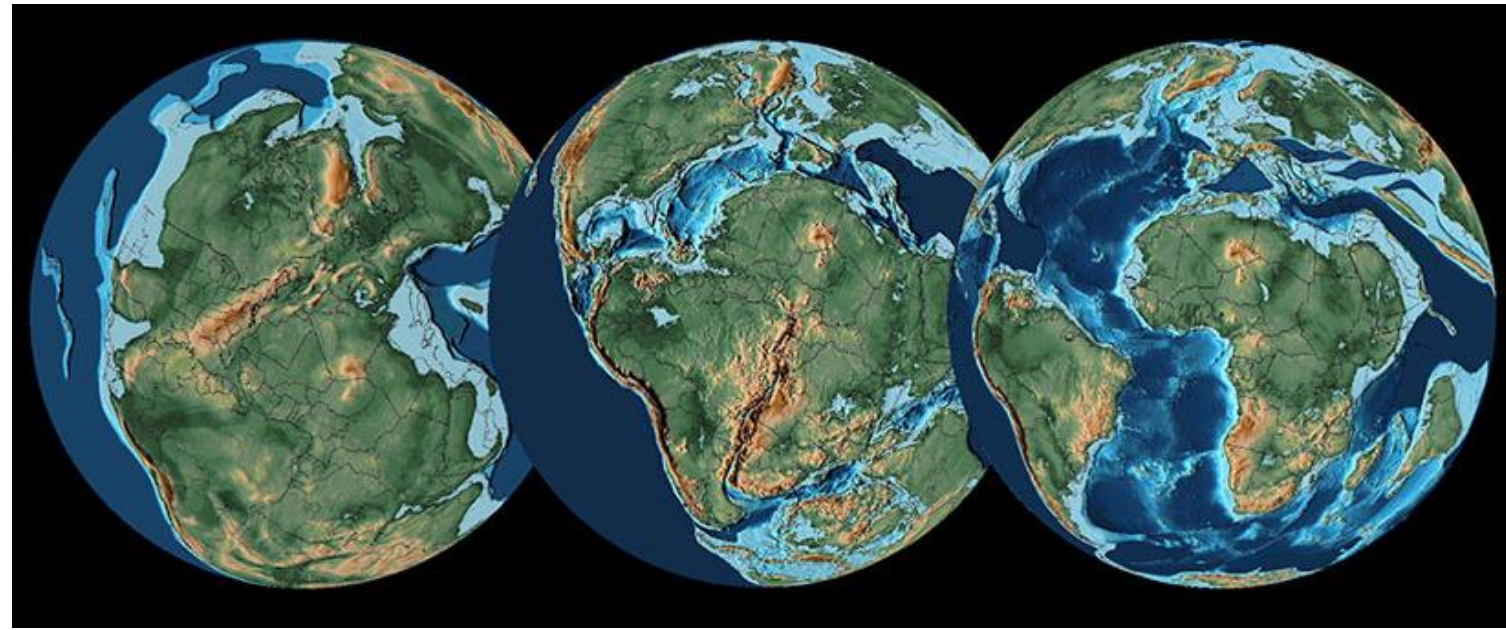


Modello della Regina Rossa

Fattori biotici

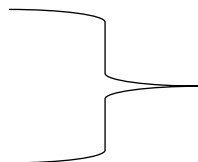
2) Aumento dell'endemismo, causato da:

- Cambiamenti globali climatici
- Frammentazione della Pangea
- Cambiamenti nella circolazione oceanica



3) Riduzione della probabilità di estinzione attraverso:

- Aumento della fitness (capacità di passare il proprio corredo genetico)
- Riduzione della competizione (occupando nicchie diverse)
- Aumento delle specie per famiglia nel tempo
- Aumento delle famiglie nel tempo



Riduzione della possibilità di estinzione per il gruppo di rango superiore (ordine, classe, ecc)

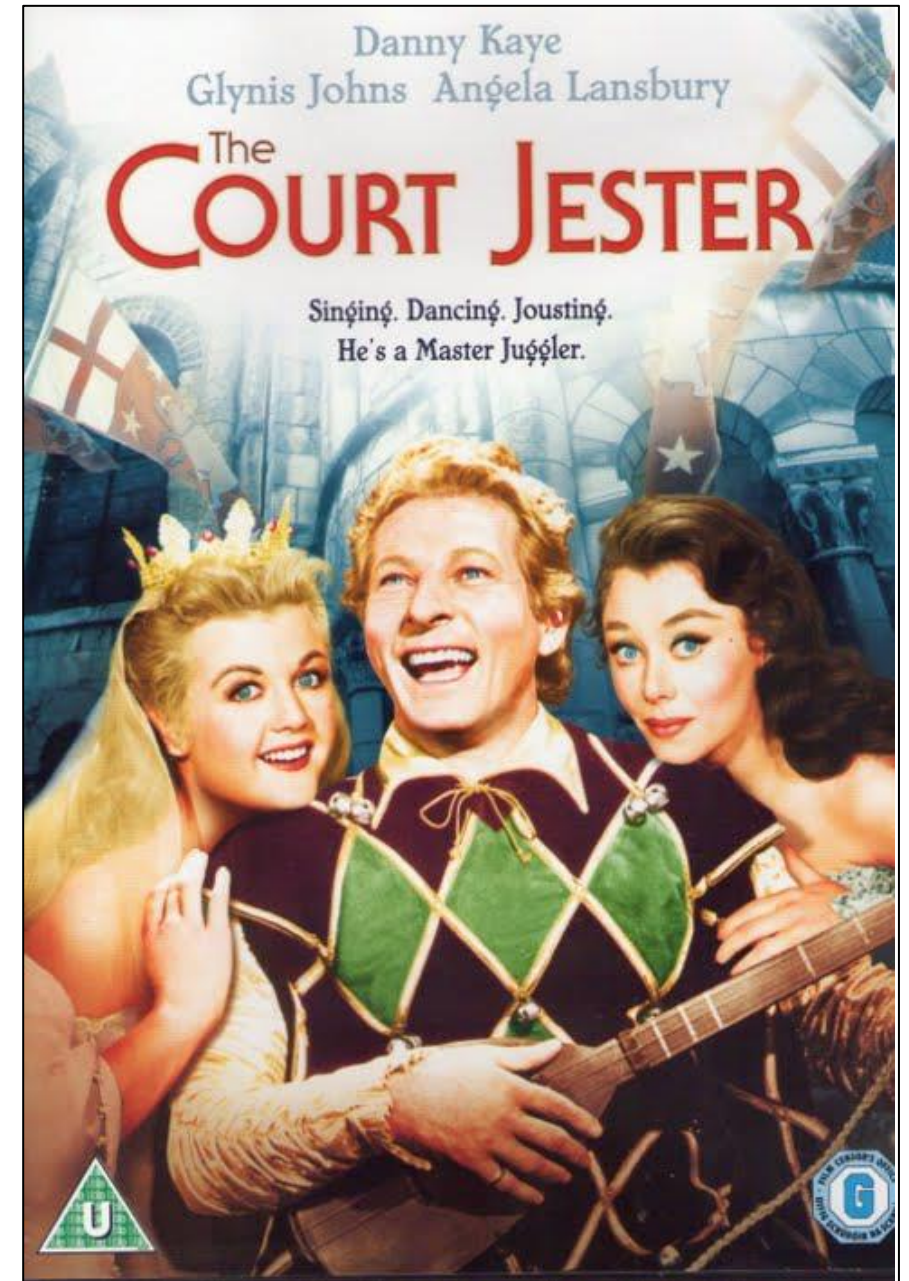


Modello del Giullare di Corte

- Coniato da Anthony Barnosky nel 1999 in risposta (e in alternativa) all'ipotesi della Regina Rossa.

Secondo il modello, l'aumento della biodiversità nel tempo è causato da fattori abiotici, piuttosto che dai fattori biotici.

- Quali sono le cause abiotiche ?

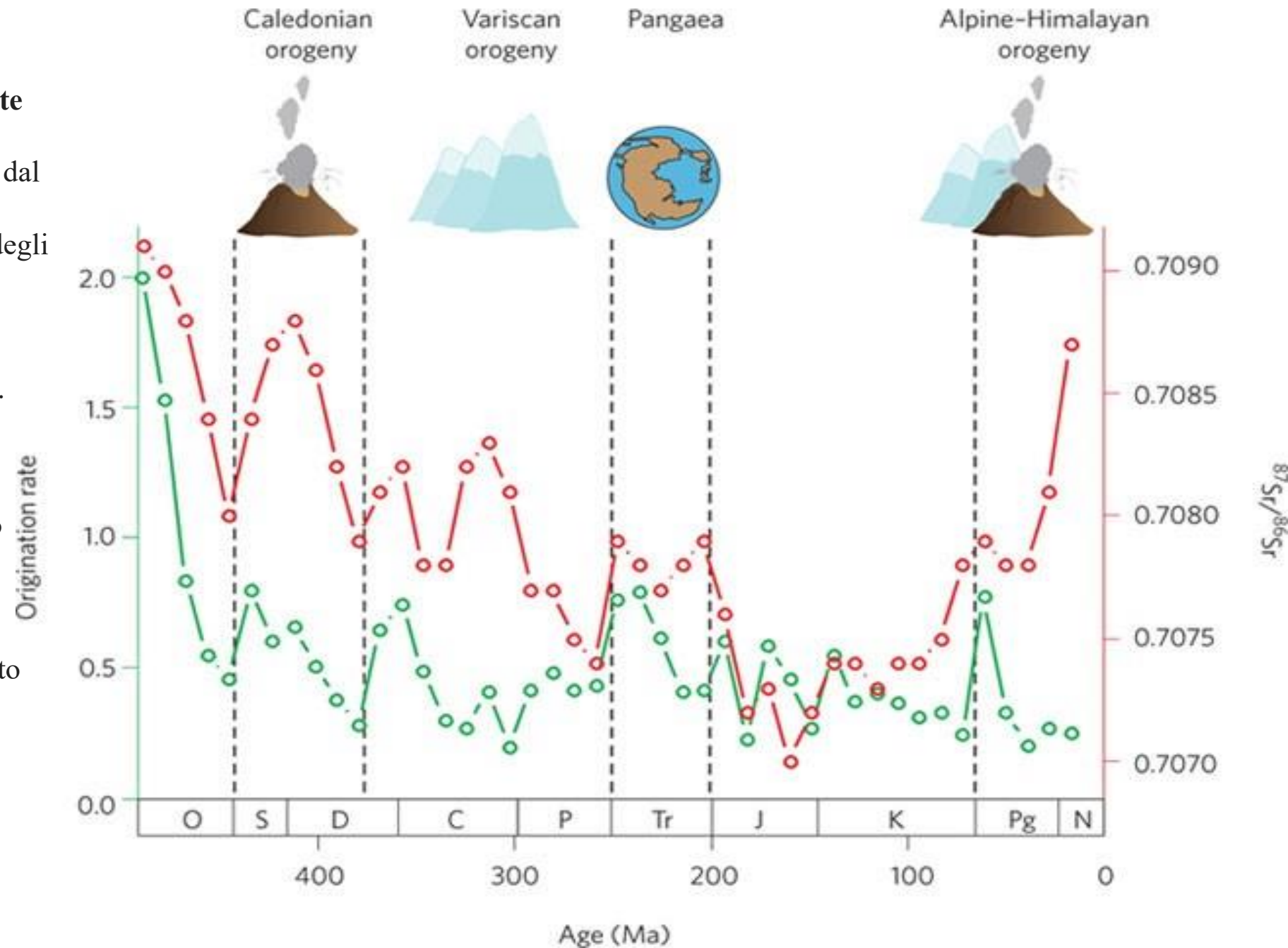


Modello del Giullare di Corte

1) Frammentazione del supercontinente

Pangea: avrebbe provocato (a partire dal Triassico) l'aumento di eterogeneità degli habitat, mantenendo alti i livelli di diversificazione e dei turnover biotici.

2) La tettonica delle placche: causando modifiche del substrato, maggiore frammentazione dell'habitat, e aumento della produttività primaria, avrebbe provocato le principali fasi di diversificazione marina.

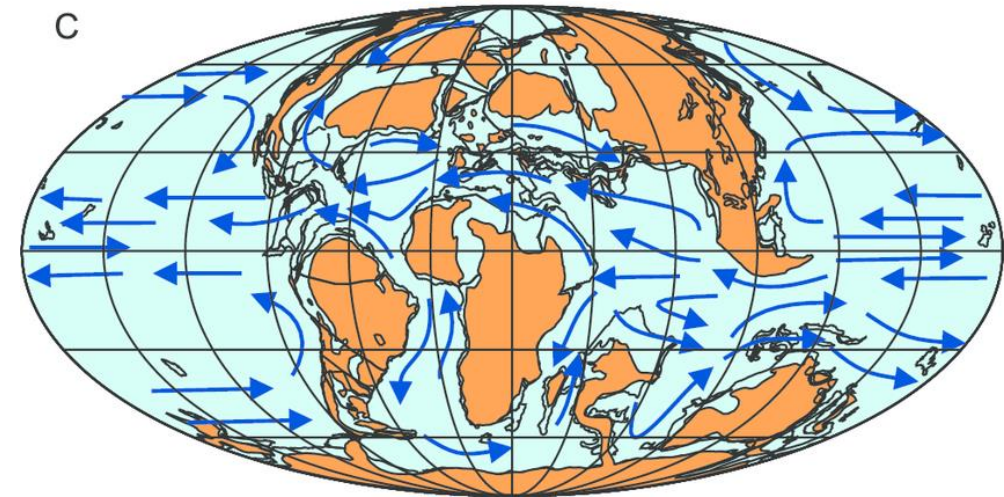
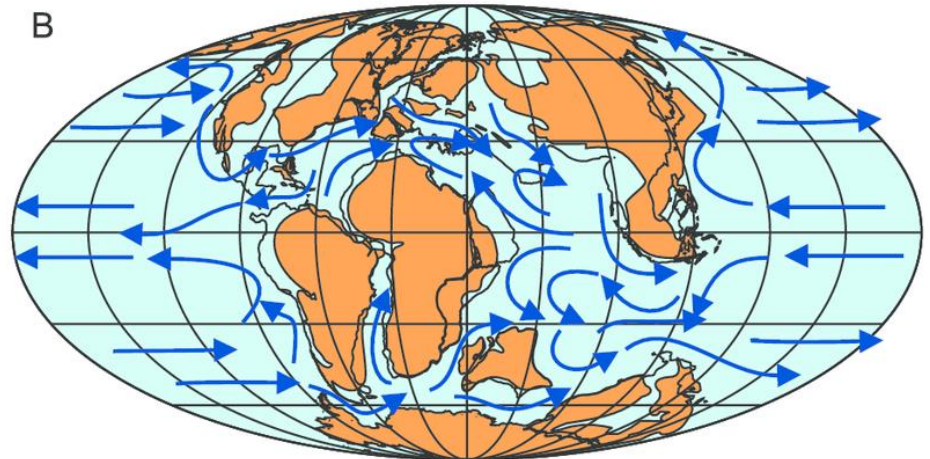
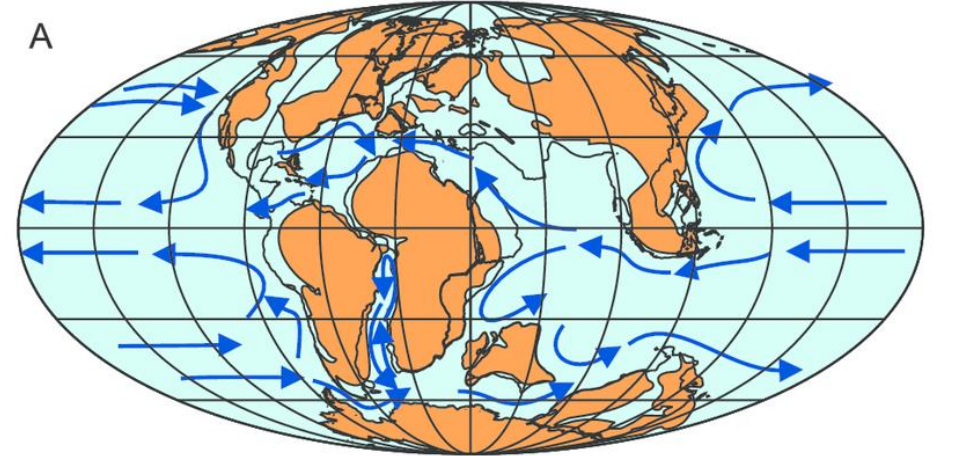


Modello del Giullare di Corte

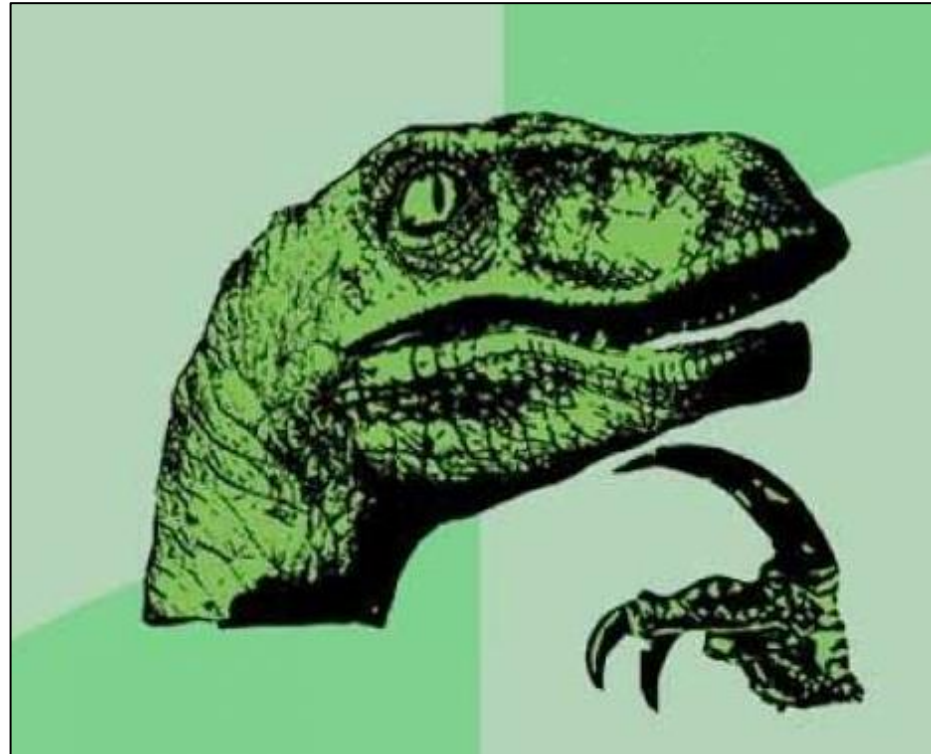
3) Cambiamenti nella circolazione oceanica ed episodi di vulcanismo

piroclastico, che causerebbero:

- creazione di “isole bentoniche” temporanee colonizzabili
- aumento dell'eterogeneità genetica



**Dopo aver appurato che il record fossile è incompleto e alterato,
possiamo ancora usarlo per ricostruire la storia della vita sulla Terra ?**



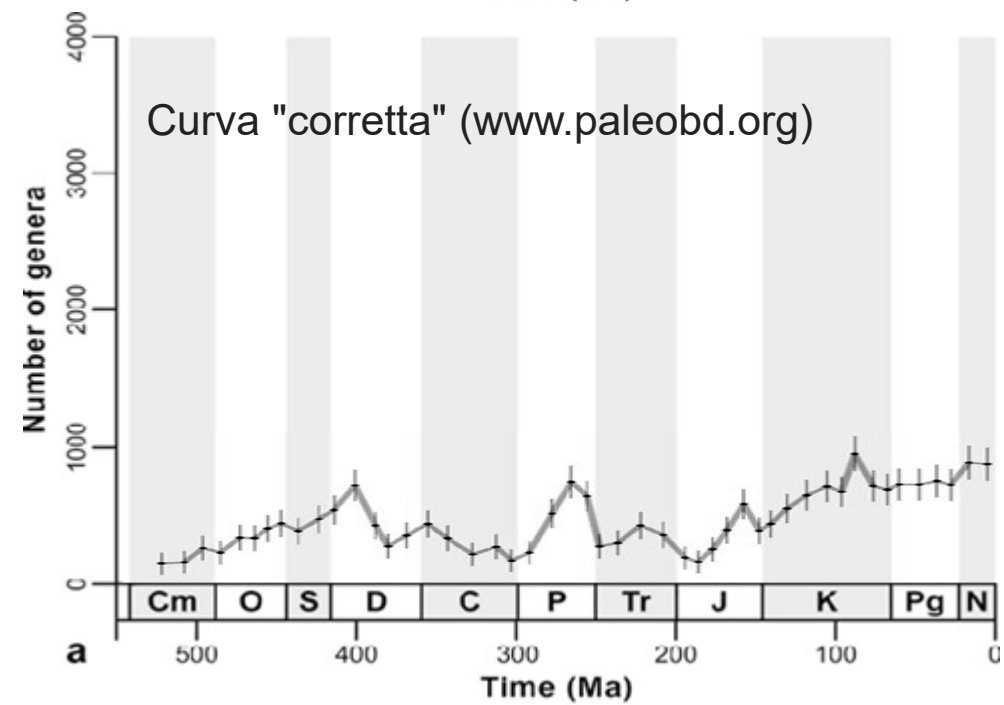
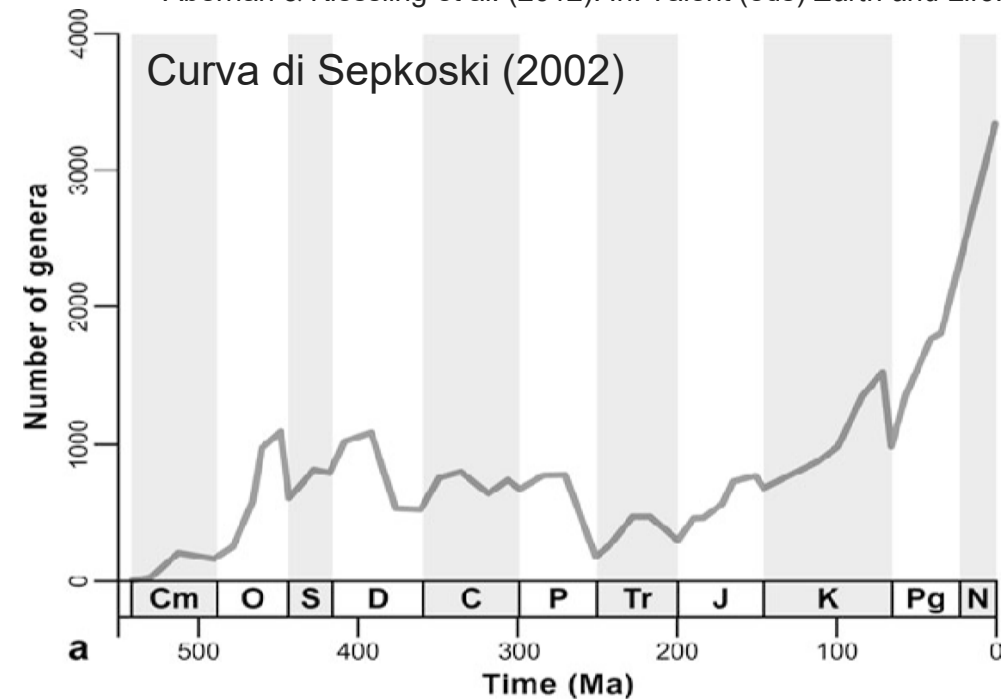
A patto di...

Tenere conto del fatto che il record fossile è incompleto e alterato da tutti quei

fattori che possono introdurre errori nell'interpretazione dei dati, ovvero:

- **filtri** anatomici, biologici, ecologici, ambientali, umani, ecc...
- **bias** geologici, antropogenici e tafonomici...
- ...e a patto di usare approcci analitici e operazioni statistiche che permettono di valutare se una documentazione fossile è distorta, la natura del bias, correggere gli errori dovuti ai bias del record fossile ...e quindi di ottenere una più corretta interpretazione della paleobiodiversità passata...

Aberhan & Kiessling et al. (2012). In: Talent (eds) *Earth and Life*.



Si, possiamo credere nel record fossile perché...

1) Esiste quasi sempre una congruenza tra età dei fossili ed età dei nodi negli alberi filogenetici ricavati su base molecolare.

L'ordine dei fossili nelle rocce generalmente corrisponde strettamente all'ordine dei nodi negli alberi morfologici e molecolari.

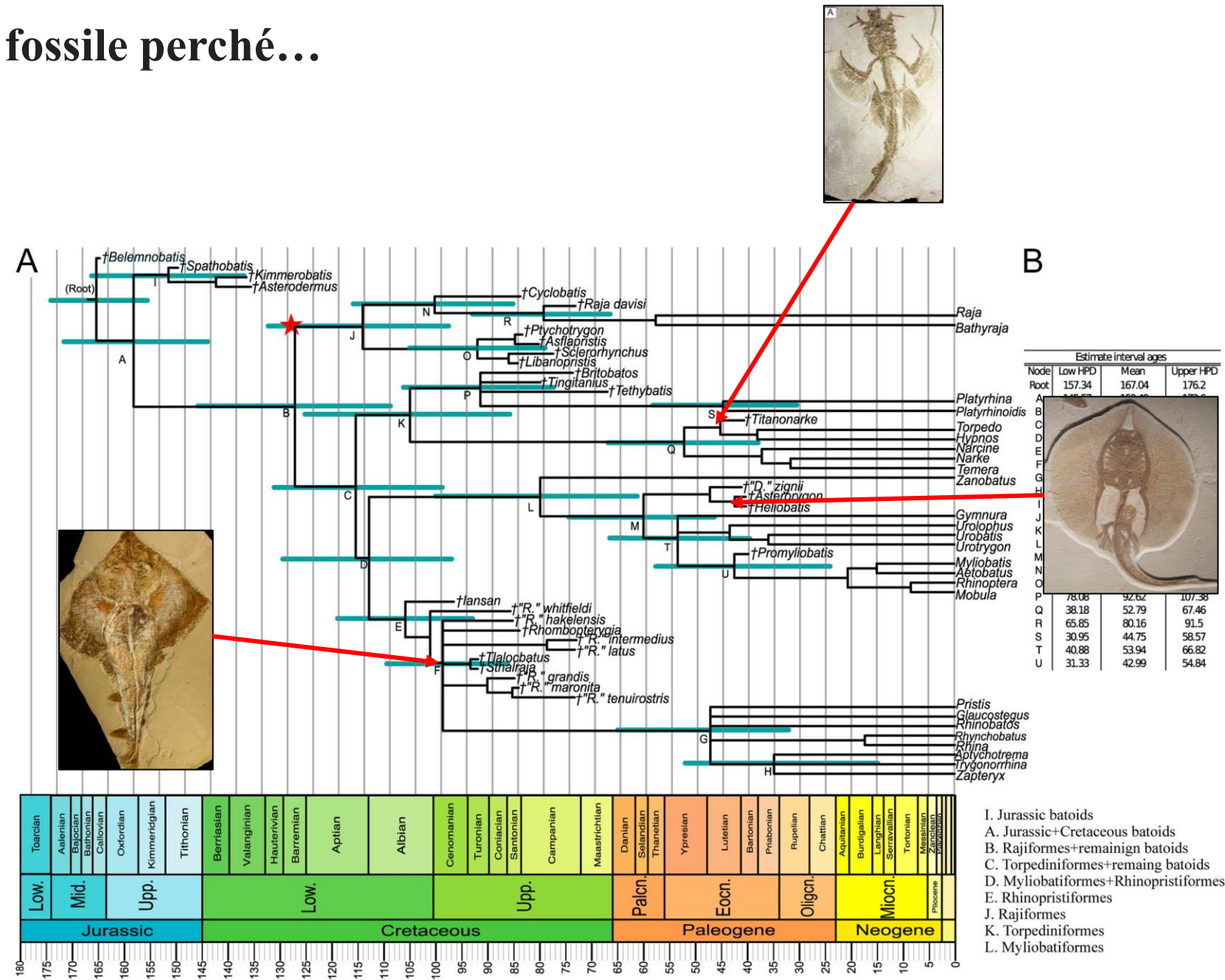


FIGURE 2. **A**, Tip-dated tree with estimated divergence ages marked in blue for the relevant clades. Letters refer to the nodes. Age of the oldest fossil record of sclerorhynchoids marked with a star. **B**, High posterior density interval and mean estimated for the nodes marked with letters.

Si, possiamo credere nel record fossile perché...

- 2) I modelli macroevolutivi, comprese estinzioni di massa e diversificazioni, sono in gran parte immuni ai cambiamenti nelle conoscenze paleontologiche, anche in oltre 200 anni di ricerca.
- 3) Congruenza tra stratigrafia e filogenesi sostanzialmente stabile nel corso del XX secolo, nonostante l'aumento del numero di fossili e generi scoperti.
- 4) Nuovi reperti fossili, anche di gruppi scarsamente campionati (come le specie umane), NON alterano quasi mai i modelli evolutivi esistenti.
- 5) I nuovi Lagerstätten post-cambriani raramente aggiungono nuovi taxa di rango elevato (es. phyla, classi) alle conoscenze esistenti, ma solo nuove specie e generi, raramente famiglie o ordini.



Anzi, diversi lavori hanno dimostrato oggettivamente e statisticamente, attraverso comparazioni di dati raccolti in un arco temporale relativamente ampio, che:

1) **la qualità del record fossile migliora sempre più nel tempo grazie alle continue scoperte**

- **Benton & Storrs (1994)** hanno dimostrato come i continui campionamenti e le nuove scoperte in campo paleontologico stanno migliorando sempre di più la qualità del record fossile (ad es. oltre il 5% in 26 anni, tra il 1967 e 1993).
- Per questo paleontologi, naturalisti, evolucionisti e biologi accettano ampiamente che il record fossile sia affidabile e dia una corretta fotografia della Storia della Vita sulla Terra.

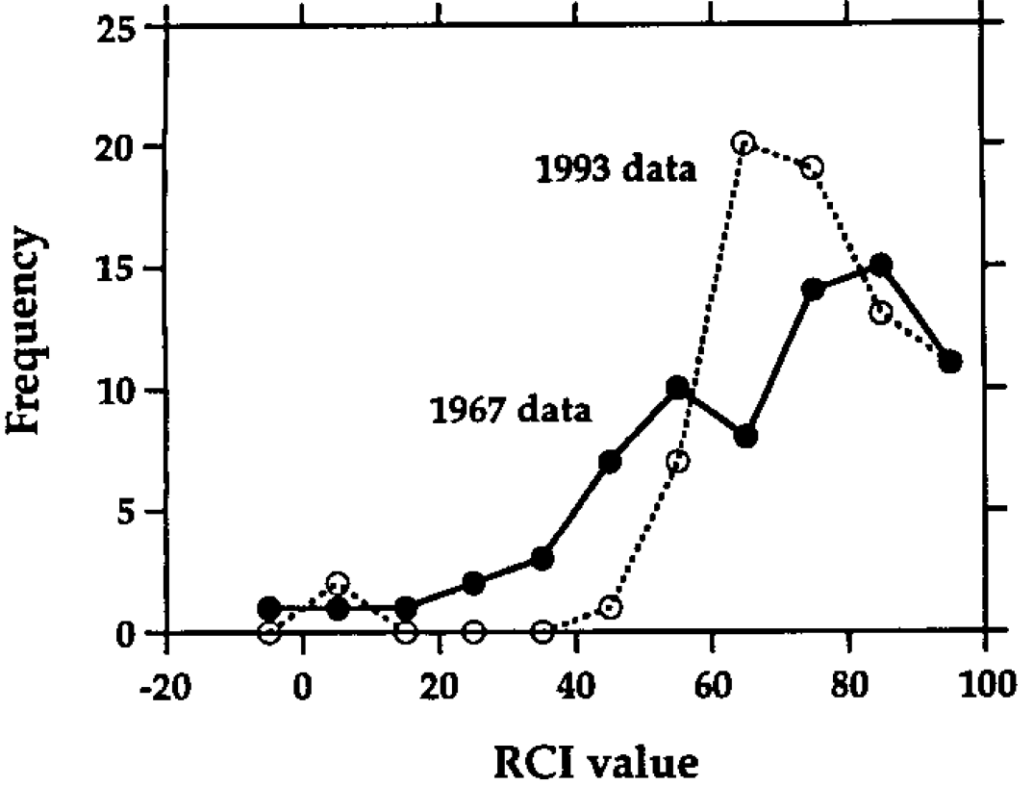


Figure 3. Relative improvement in fossil record quality as determined from Harland et al. (1967) and Benton (1993a). There is clear shift of distribution of RCI (relative completeness index) values to right from 1967 to 1993, indicating improvement in paleontological knowledge.

Anzi, diversi lavori hanno dimostrato oggettivamente e statisticamente, attraverso comparazioni di dati raccolti in un arco temporale relativamente ampio, che:

- 1) la qualità del record fossile migliora sempre più nel tempo grazie alle continue scoperte
- 2) le nuove scoperte non alterano i modelli di paleobiodiversità riscontrati... anzi, li confermano!

Paleobiology, 19(1), 1993, pp. 43–51

Ten years in the library: new data confirm paleontological patterns

J. John Sepkoski, Jr.

Abstract.—A comparison is made between compilations of times of origination and extinction of fossil marine animal families published in 1982 and 1992. As a result of ten years of library research, half of the information in the compendia has changed: families have been added and deleted, low-resolution stratigraphic data have been improved, and intervals of origination and extinction have been altered. Despite these changes, apparent macroevolutionary patterns for the entire marine fauna have remained constant. Diversity curves compiled from the two data bases are very similar, with a goodness-of-fit of 99%; the principal difference is that the 1992 curve averages 13% higher than the older curve. Both numbers and percentages of origination and extinction also match well, with fits ranging from 83% to 95%. All major events of radiation and extinction are identical. Therefore, errors in large paleontological data bases and arbitrariness of included taxa are not necessarily impediments to the analysis of pattern in the fossil record, so long as the data are sufficiently numerous.

- Sepkoski ha confrontato la sua iniziale curva della paleobiodiversità marina a livello di famiglie compilata nel 1982 con quella più aggiornata del 1992, a seguito di aggiunte e correzioni.
- **Sebbene i numeri assoluti siano cambiati, la forma complessiva della curva della diversità nel tempo è rimasta notevolmente stabile !**

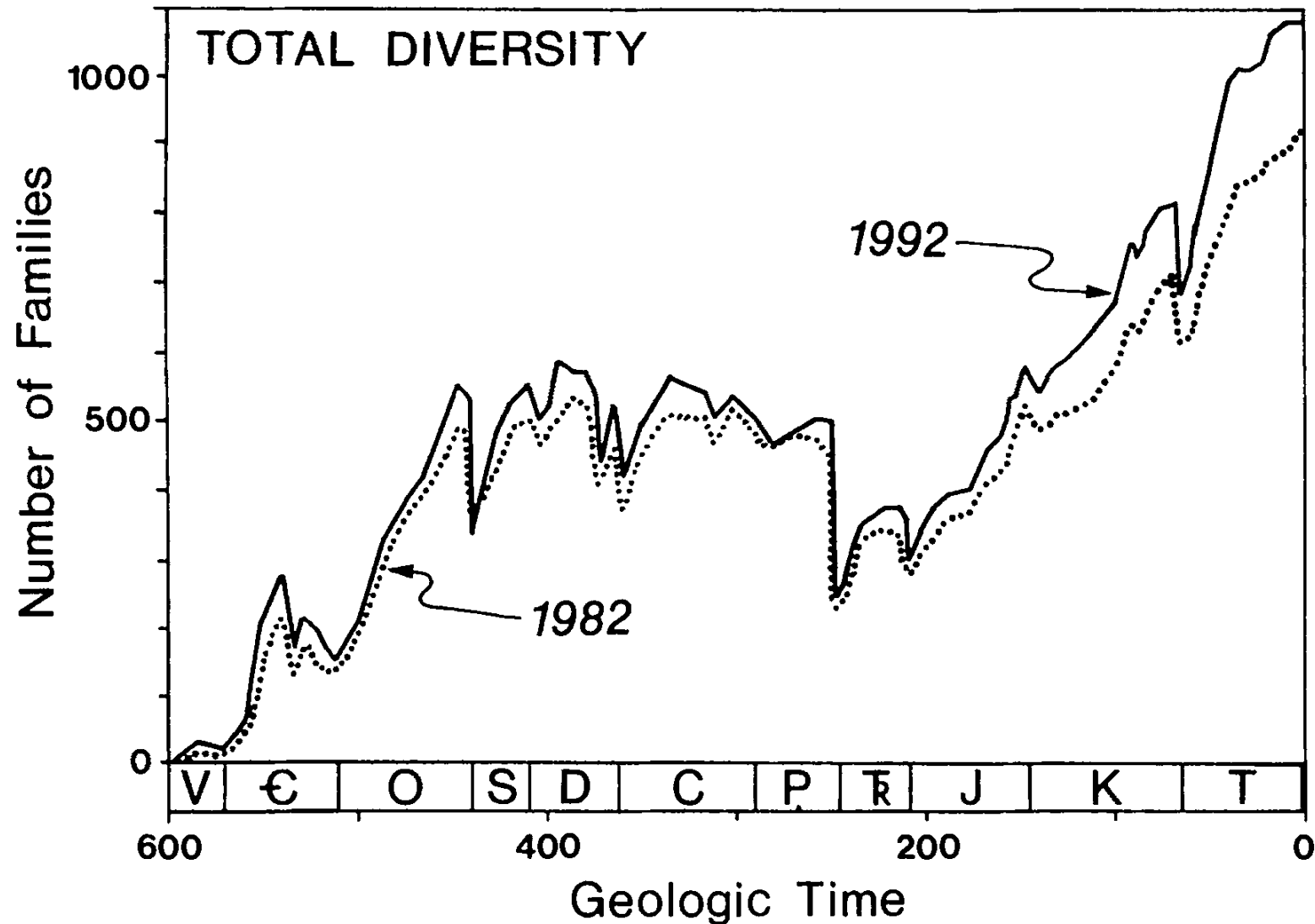


FIGURE 4. Comparison of diversity curves for the total marine fauna computed from the 1982 and 1992 familial compendia. Although the 1992 curve is higher than the older curve, the two are very similar in shape. The graph for the percentage of change shows that the greatest proportional increase in diversity has occurred over the Cambrian and the least over the Permian. (The dashed line in the graph is the median level of change, +13.5%.) The diversity curves were compiled straight from the data, with no interpolations of ranges within orders with discontinuous fossil records (e.g., Octopoda); such interpolation would have increased the apparent change over the Permian.

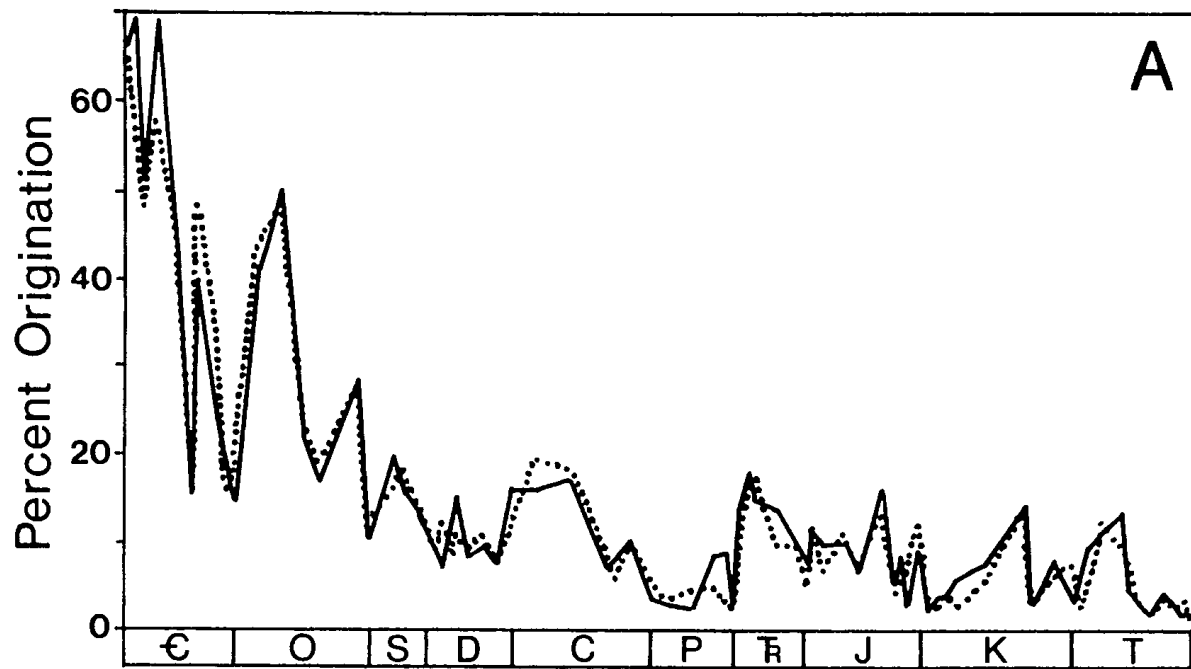
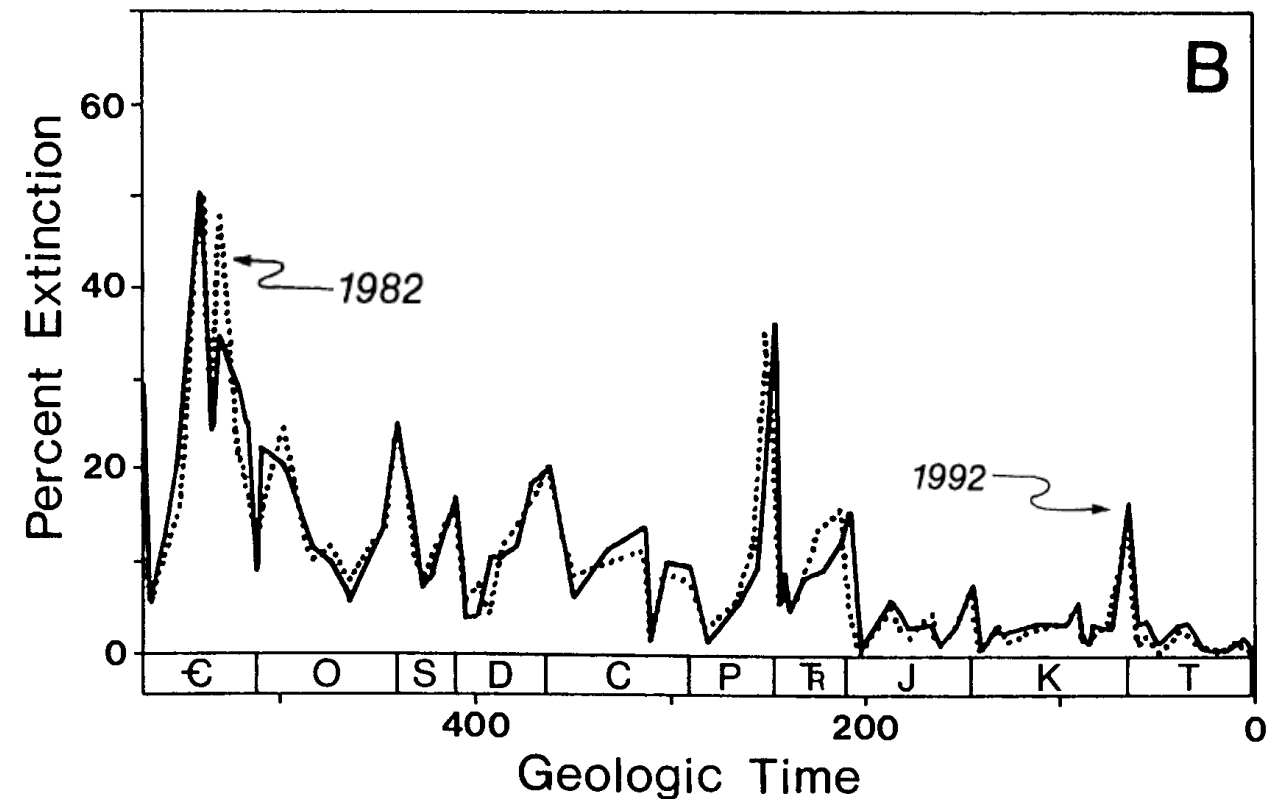
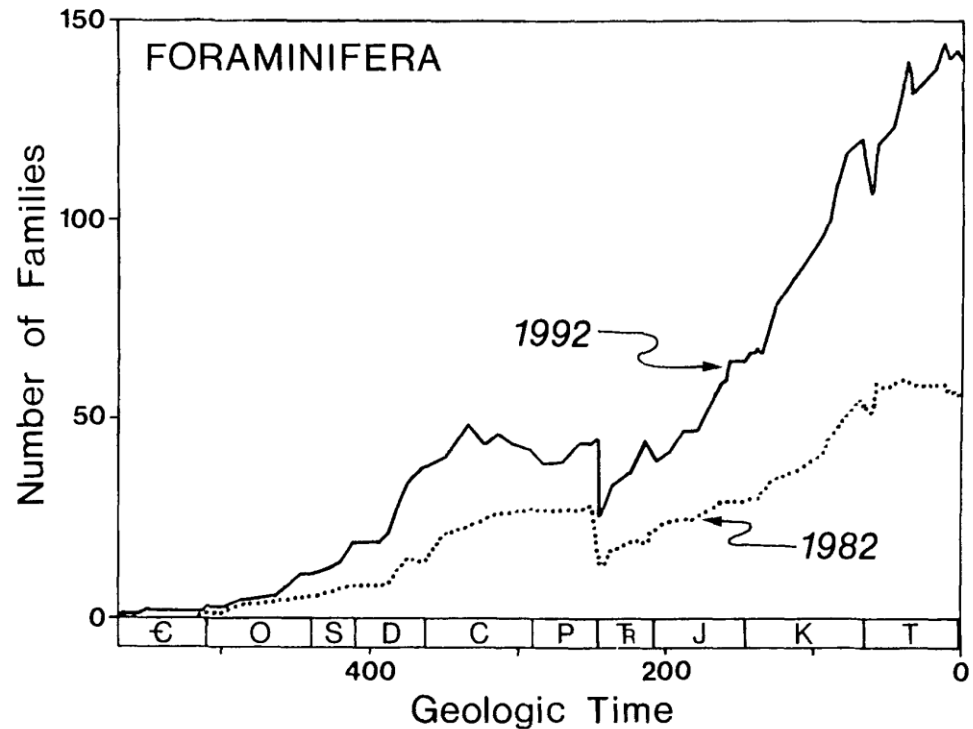


FIGURE 6. Time series for the percentage of origination (A) and extinction (B) compiled from the 1982 (dotted curves) and 1992 (solid curves) editions of the *Compendium* (using the stages of the older edition and all data, without removal of “poorly preserved” families and without range interpolations). There is good correspondence between the curves in both time series, indicating taxonomic data on major radiations and extinction events can be robust with respect to large changes, and macroevolutionary phenomena can be identified with confidence.

- Lo stesso trend si osserva sui tassi di origine ed estinzioni nel tempo geologico!





- ...sulla paleobiodiversità di singoli gruppi di organismi...
- ...e persino sul numero di organismi estinti in ogni periodo geologico!

FIGURE 1. Comparison of diversity curves for foraminifera from the 1982 and 1992 editions of the familial compendium. The massive revision by Loeblich and Tappan (1988) greatly increased the number of recognized foraminiferal families and, consequently, their apparent diversity. Although the 1992 curve is broadly similar to the 1982 version, there are important differences. For example, the decline in diversity across the Permo-Triassic Boundary is proportionally smaller and the Mesozoic-Cenozoic diversification is proportionally larger in the 1992 data base. The time scale in this and subsequent figures is from Harland et al. (1990) with minor modifications in the early Paleozoic.

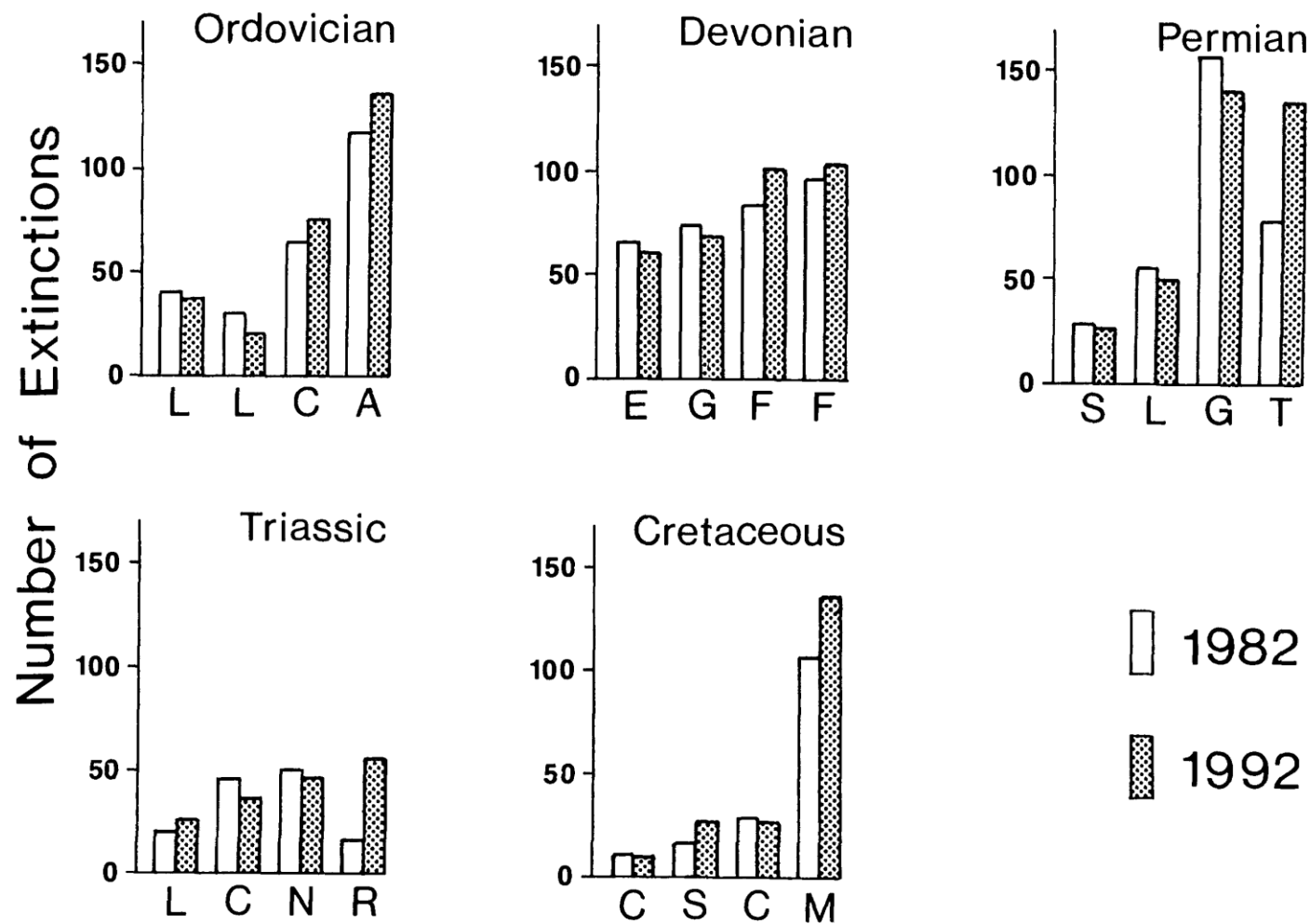
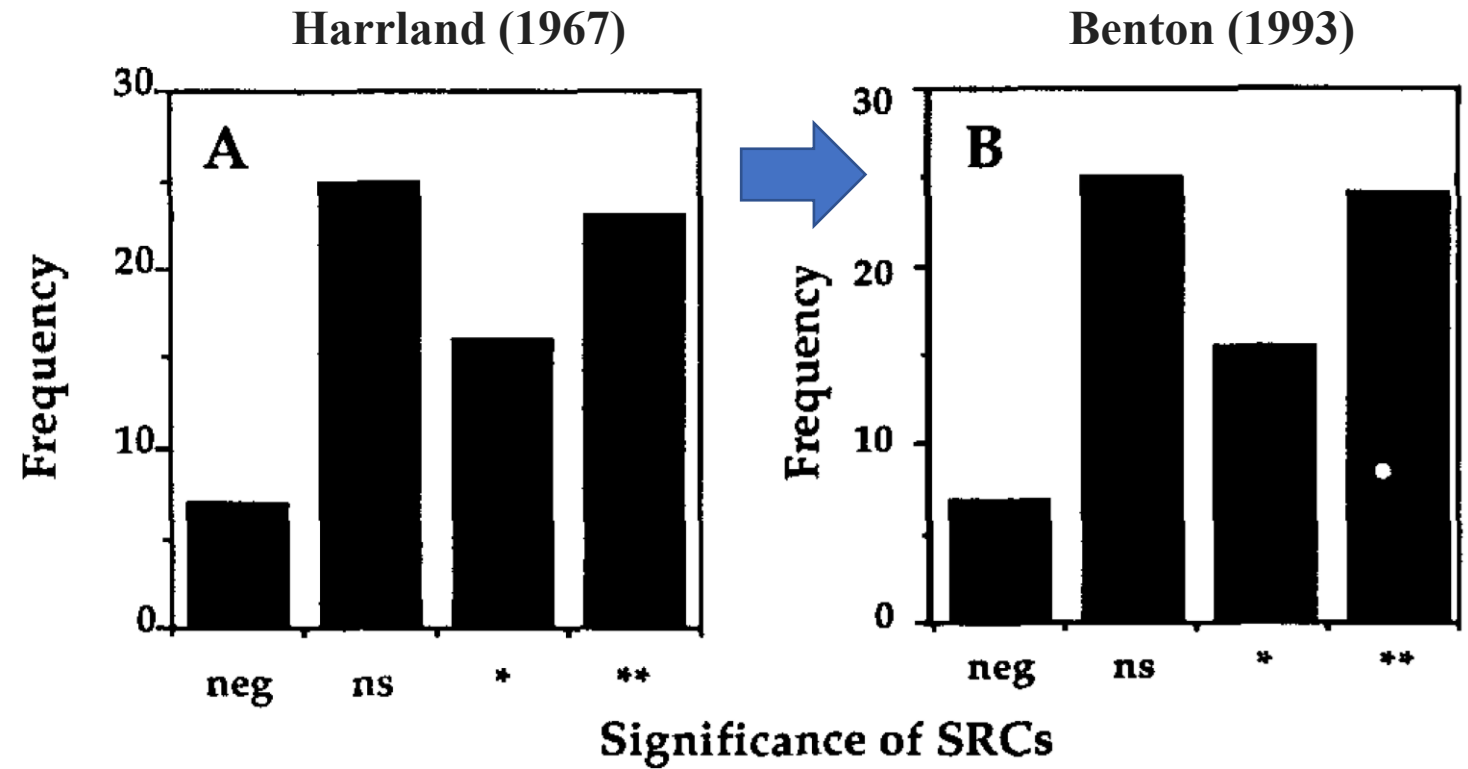


FIGURE 3. Bar graph displays of numbers of extinctions in the 1982 and 1992 compendia in stages encompassing and preceding the five major mass extinctions of the Phanerozoic. Letters below the bars are the first initial of stage names (as listed in Harland et al. 1990); the last stage on the right in each graph is the final stage of the system. In all graphs, the 1992 *Compendium* contains more extinctions than the 1982 edition in the stage(s) encompassing the mass extinctions, and in most cases fewer in the preceding stages.

- Una raccolta indipendente del numero di famiglie nel tempo, fatta da scienziati diversi in anni diversi, ha prodotto grafici della diversità molti simili.
- Sebbene 26 anni siano un tempo piuttosto breve per l'accumulo di cambiamenti significativi, molti paleontologi ritengono che la nostra conoscenza della diversità tassonomica nel tempo, sebbene non perfetta, sia una rappresentazione ragionevole del vero record fossile.



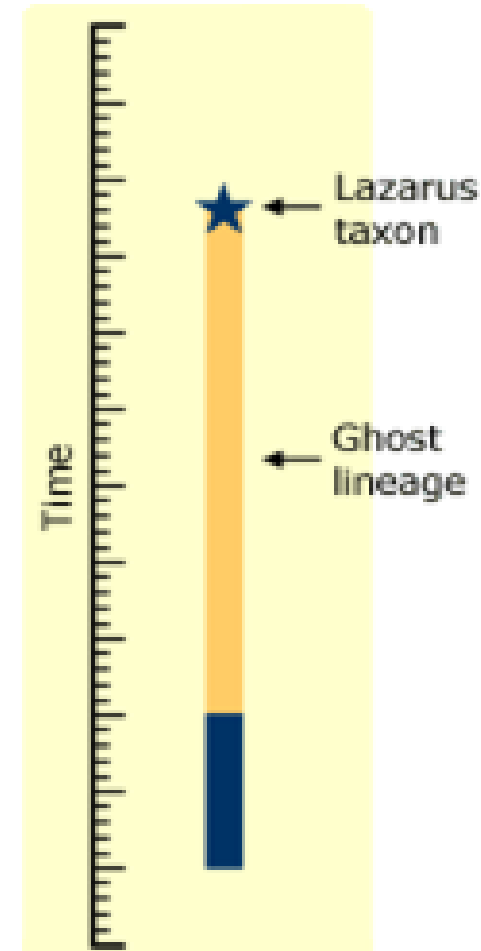
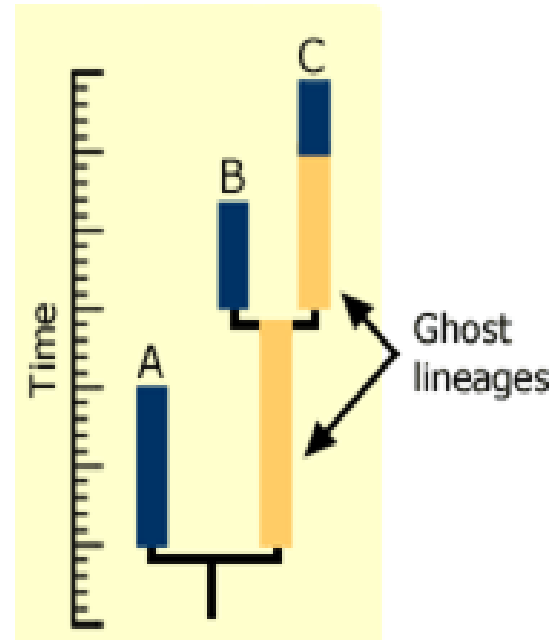
GEOLOGY, v. 22, p. 111–114, February 1994

Testing the quality of the fossil record: Paleontological knowledge is improving

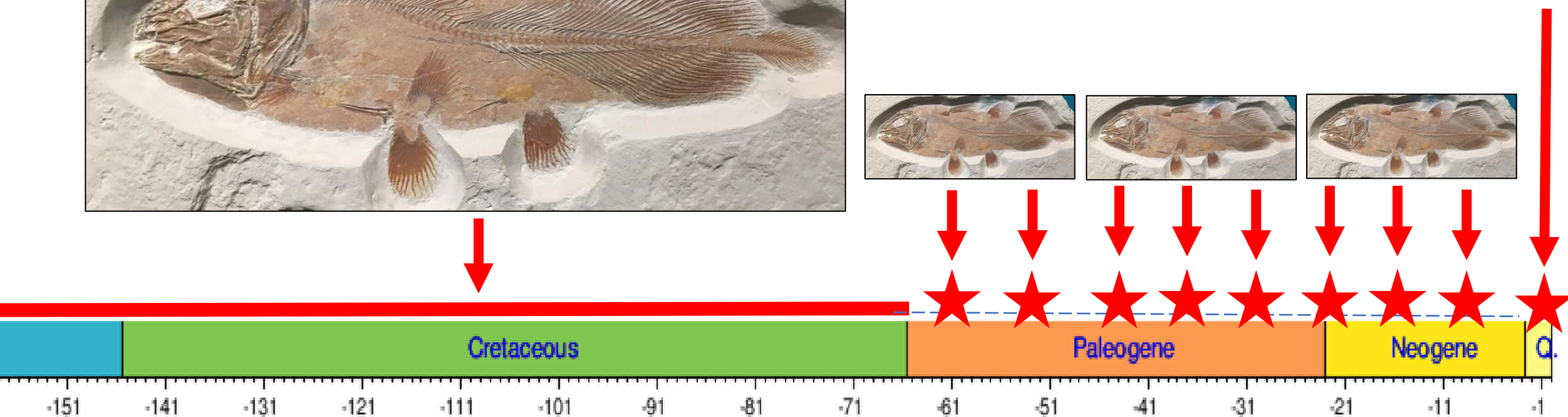
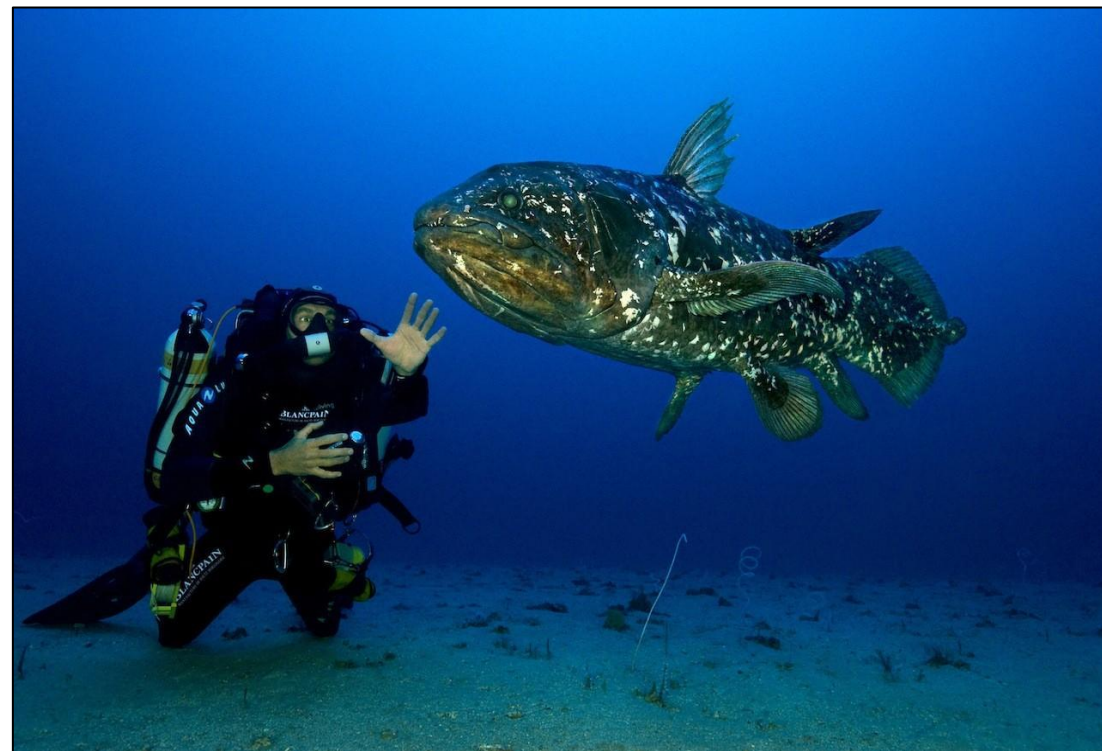
M. J. Benton
G. Wm. Storrs } Department of Geology, University of Bristol, Bristol BS8 1RJ, United Kingdom

Tutto ciò indicherebbe che:

**1) Nella maggior parte dei casi, le nuove scoperte riempiono i vuoti,
ovvero riducono e limitano Ghost ranges/lineages e Lazarus taxa... in breve...**



...ce lo aspettiamo di trovare prima o poi un celacanto
fossile in rocce cenozoiche!



2) Le nuove scoperte e i nuovi fossili mostrano una sostanziale "mancaza di sorprese"

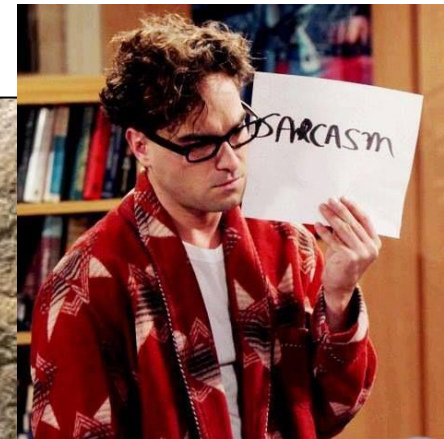
- Se il record fossile fosse di scarsa qualità o completamente errato allora dovremmo aspettarci di vedere dinosauri non-aviani in rocce di 2 milioni di anni fa, oppure fossili di ominidi nel Giurassico.

Ciò non avviene!!!

- Al contrario, le nuove scoperte sono quasi sempre attese e nella maggior parte dei casi esse riempiono i vuoti nel tempo e nello spazio.



Thousand tries with **No Surprise**



Il famoso artefatto di Alvis Delk (Creation Evidence Museum, Texas) "**prova inconfutabile**" (secondo i creazionisti !) che uomini e dinosauri hanno coabitato la Terra.

Ecco perché possiamo delineare il terzo ed ultimo "assioma" della paleontologia:

1. Il record fossile è incompleto

2. Il record fossile è alterato

3. Il record fossile è "eccellente" nel ricostruire

la Storia della Vita sulla Terra e l'Evoluzione

Fossili ed evoluzione

*Alla prossima
lezione!*

