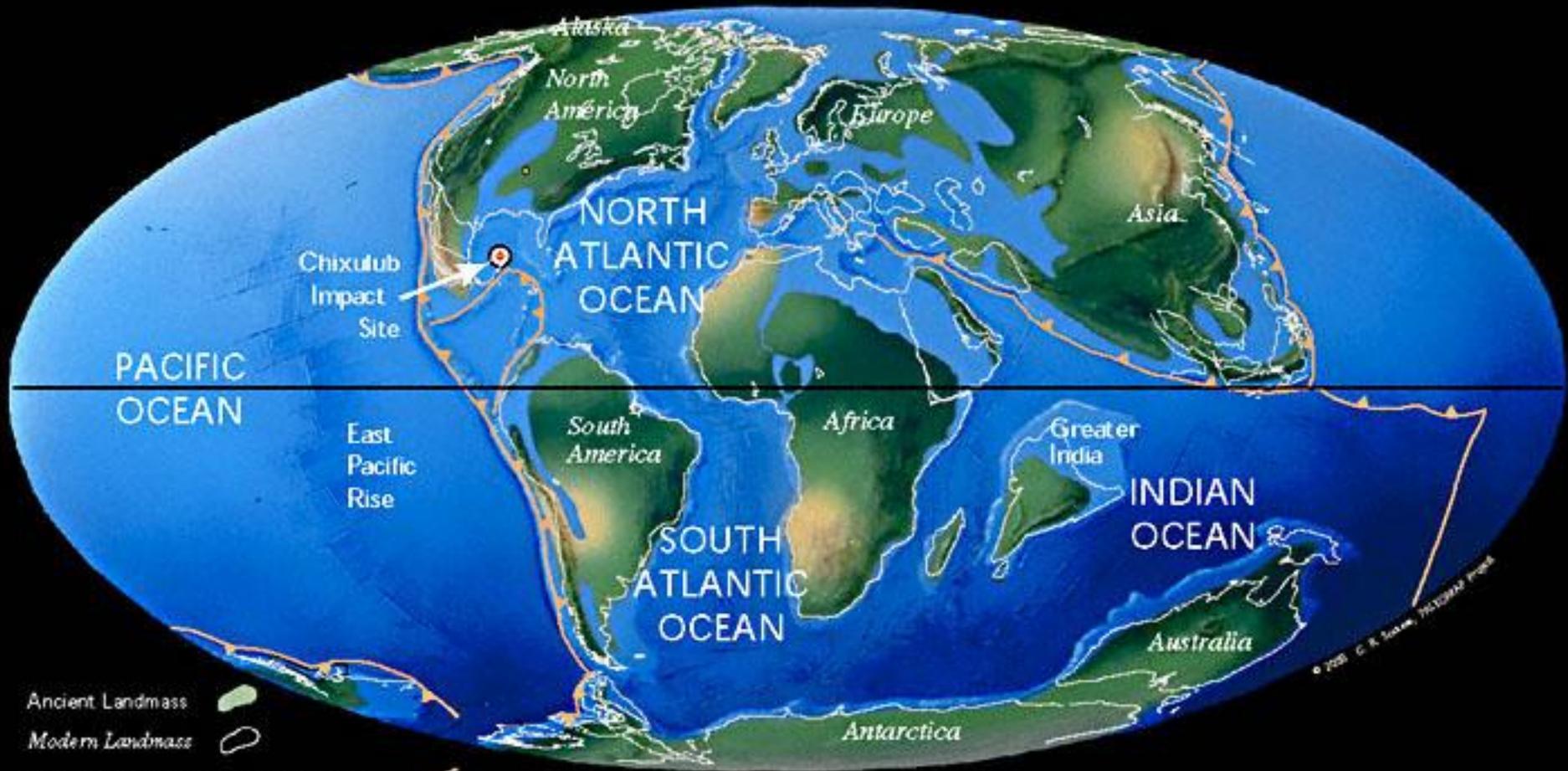


Il tempo dell'estinzione dei dinosauri

K/T Boundary 66 Ma



Ancient Landmass

Modern Landmass

Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)

Sea Floor Spreading Ridge

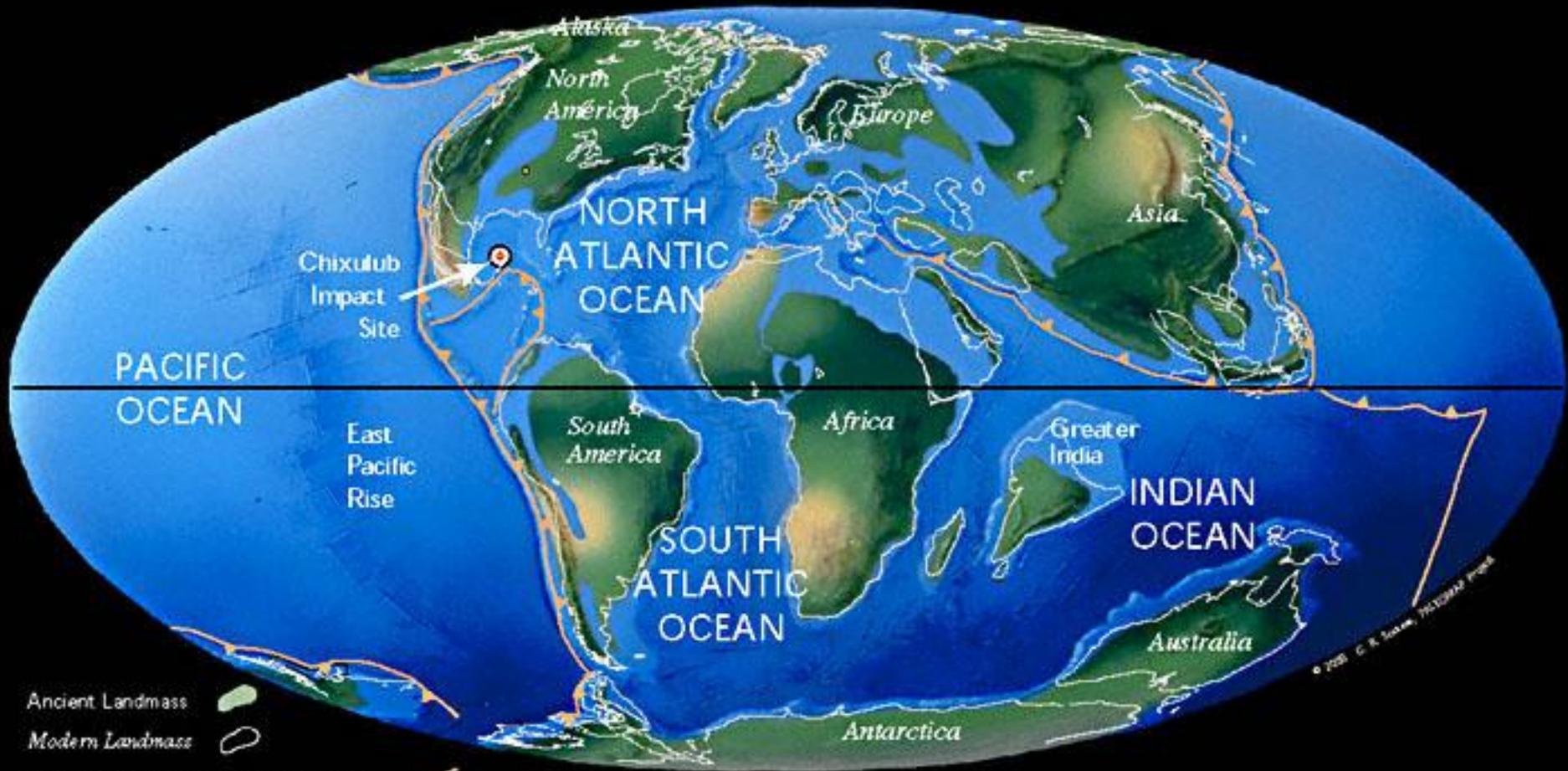


Dr. Cesare A. Papazzoni
Dipartimento di Scienze della Terra
Università di Modena e Reggio Emilia



Il mondo della fine del Cretaceo

K/T Boundary 66 Ma



Ancient Landmass



Modern Landmass



Subduction Zone (triangles point in the direction of subduction)



Sea Floor Spreading Ridge



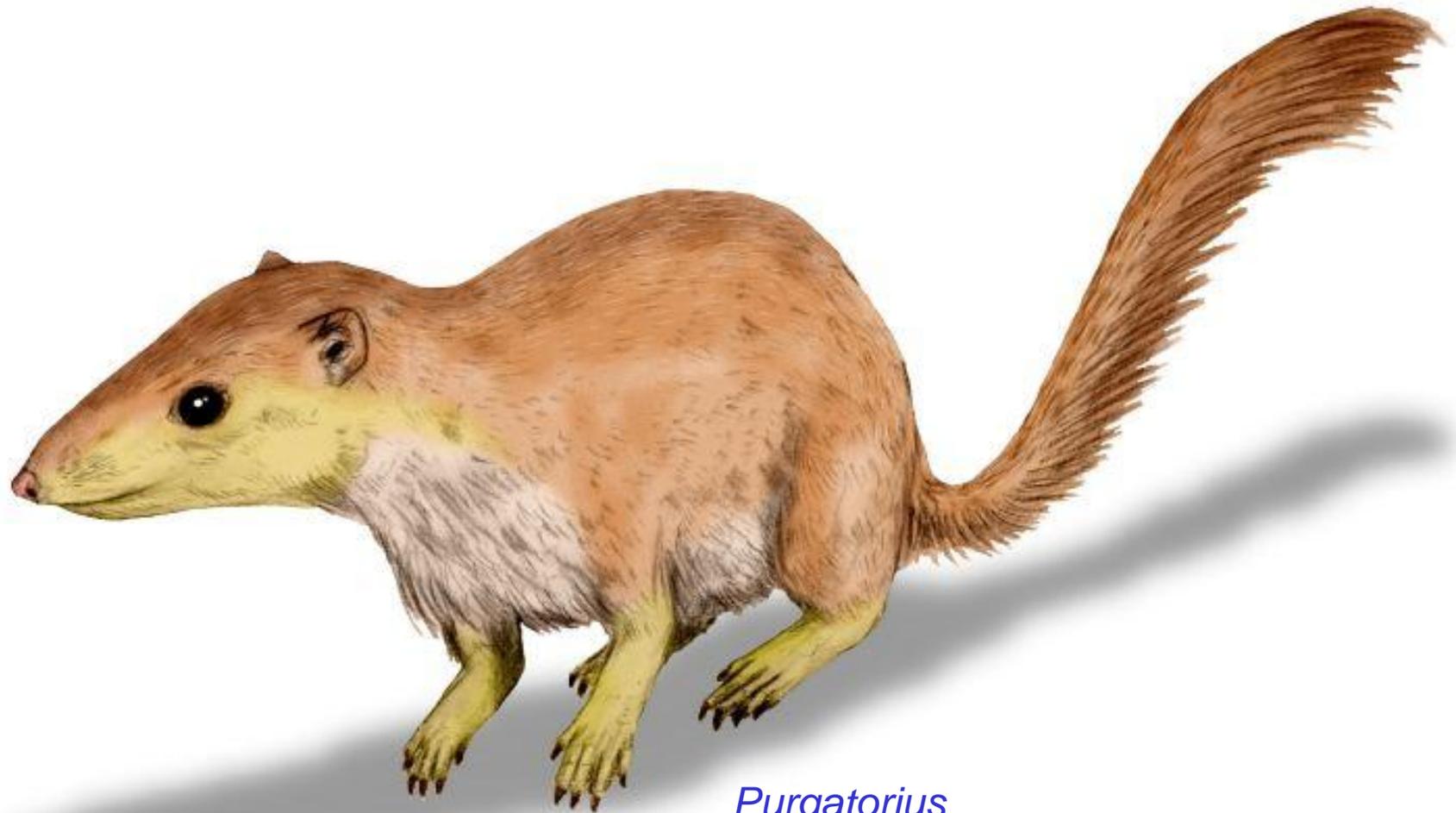
© 2001 G. R. Galloway, Prentice Hall

La vita alla fine del Cretaceo

Dinosauri...



Mammiferi...

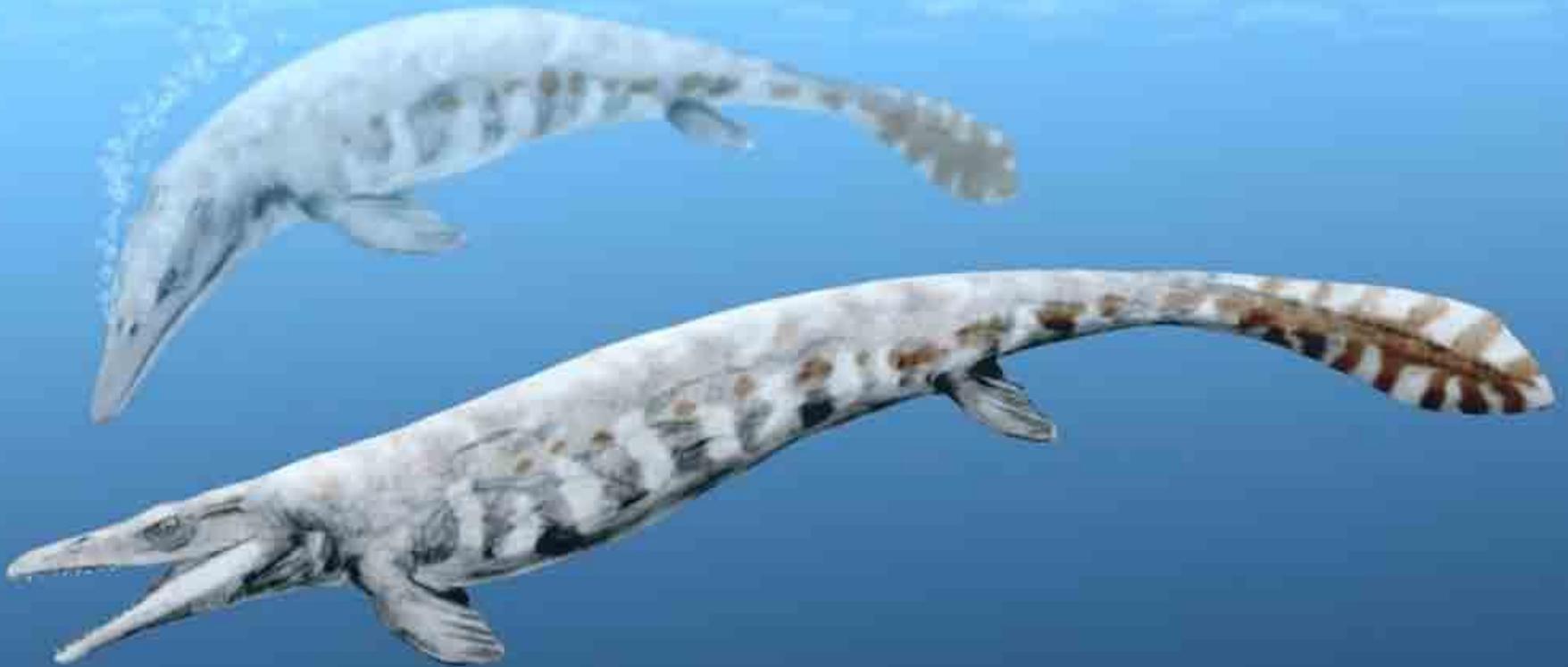


Purgatorius

Rettili volanti...



Rettili marini...



Halisaurus

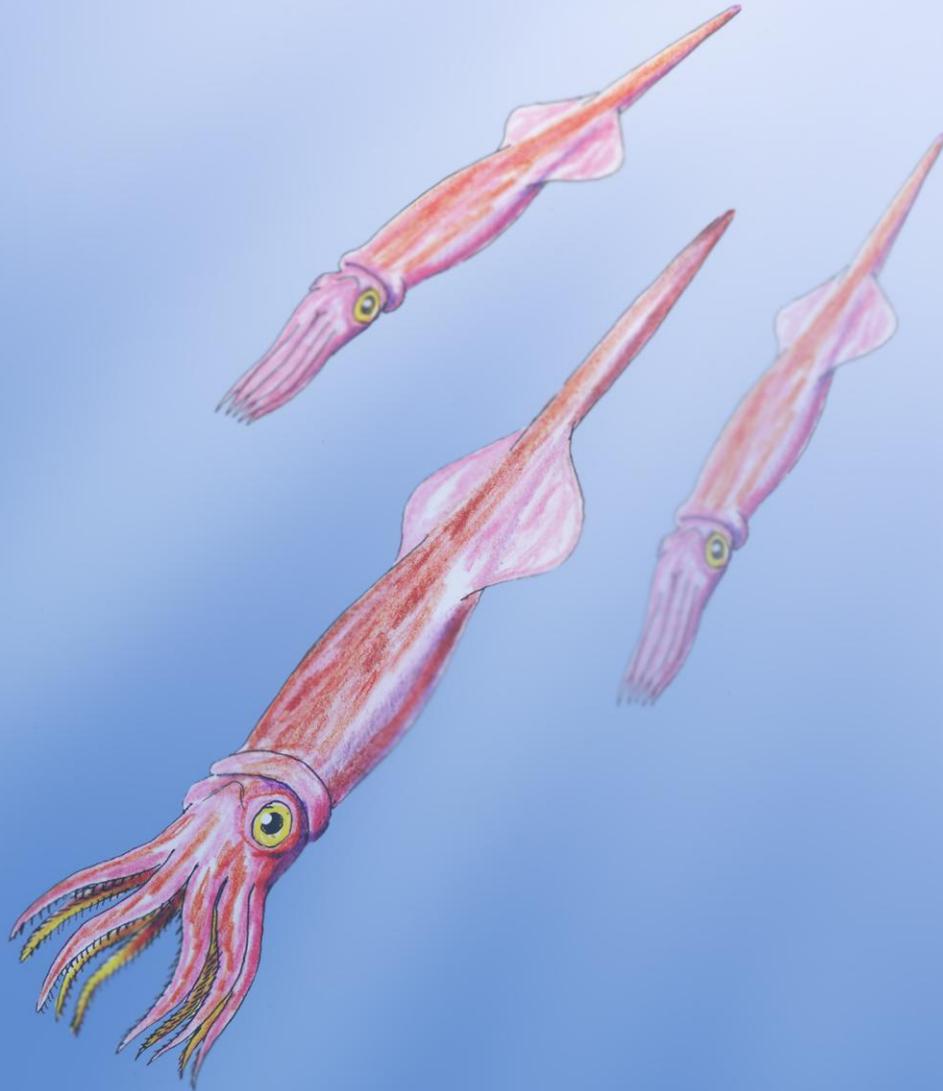
Molluschi bivalvi (rudiste)...



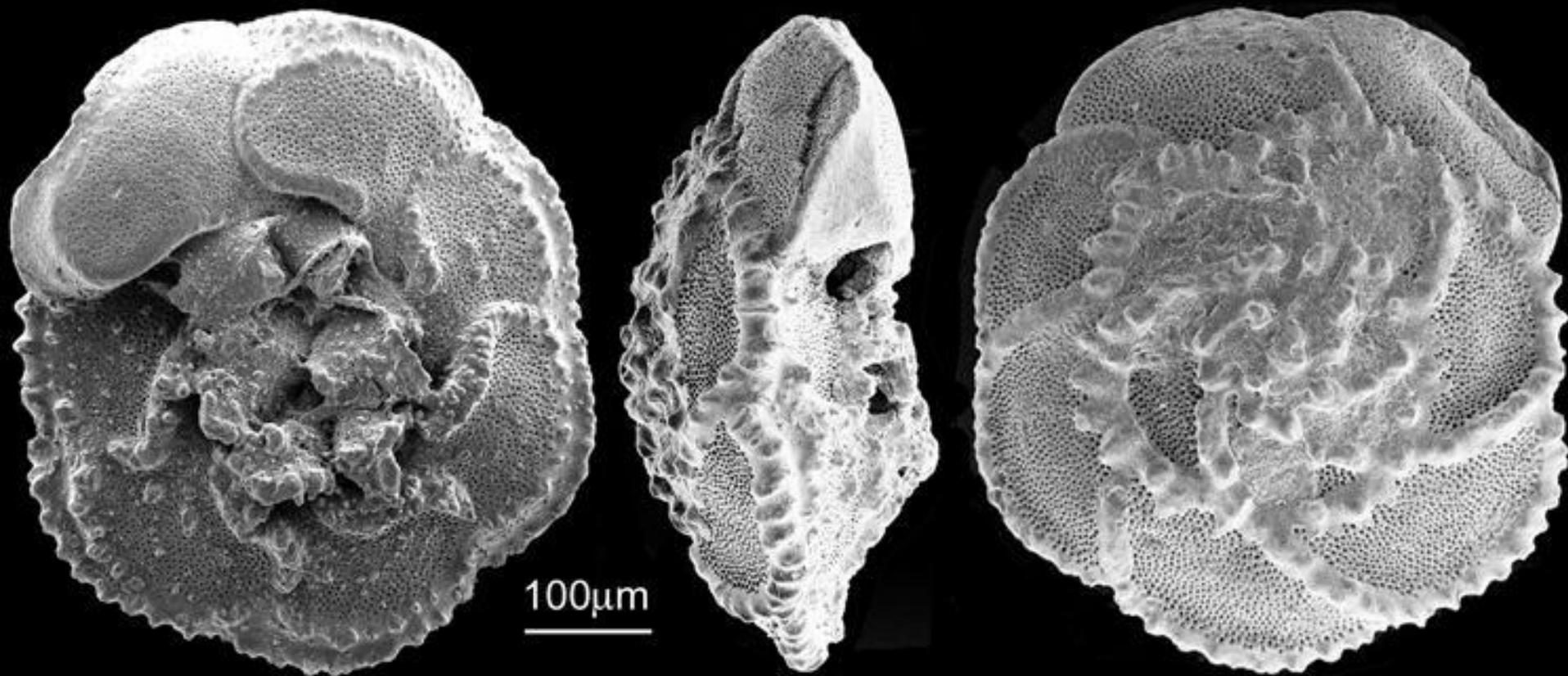
Molluschi cefalopodi (ammoniti)...



Molluschi
cefalopodi
(belemniti)...

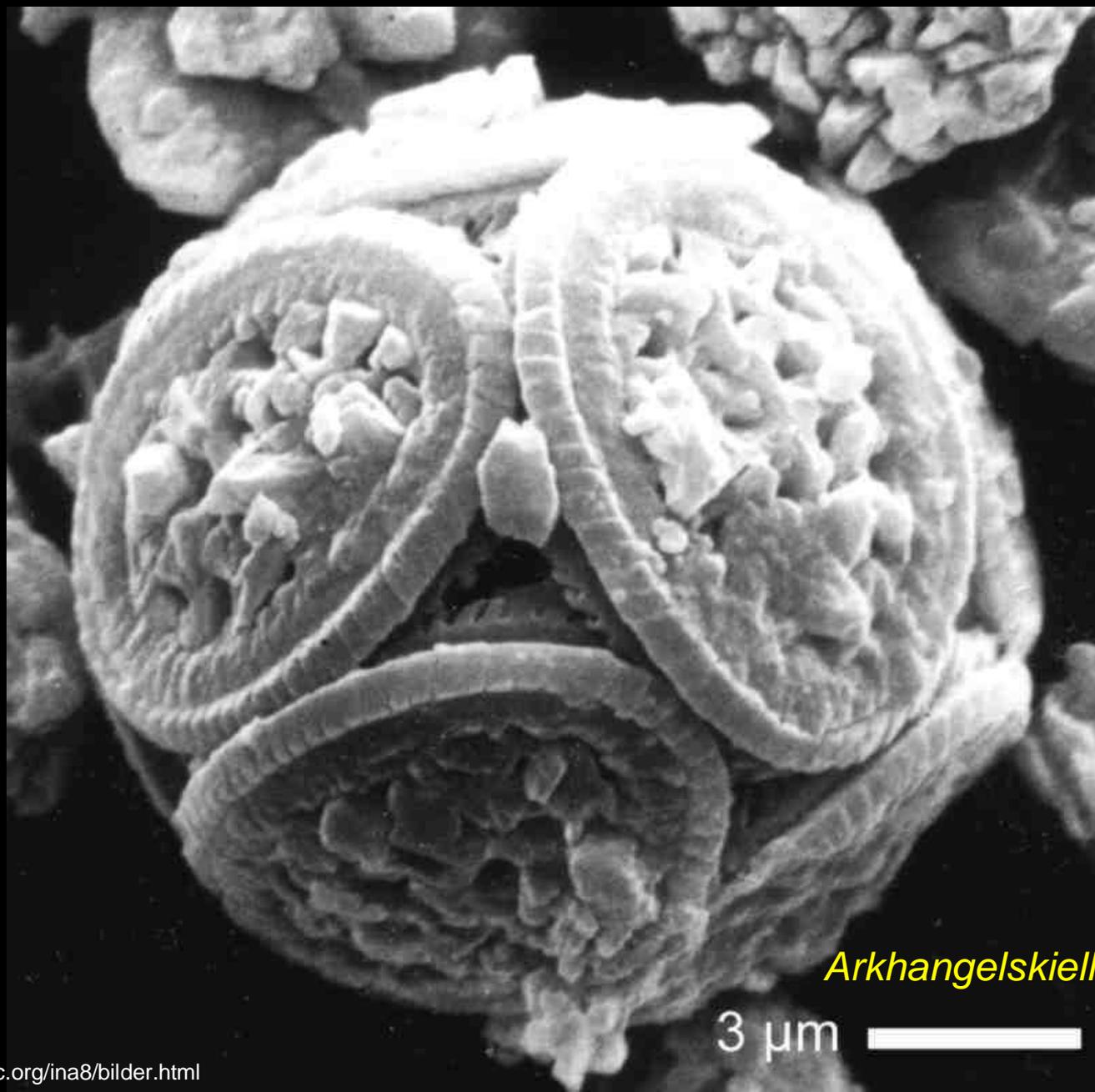


Foraminiferi planctonici (globotruncane)...



Globotruncana falsostuarti

Nannoplancton calcareo (coccolitoforidi)...



Arkhangelskiella cymbiformis

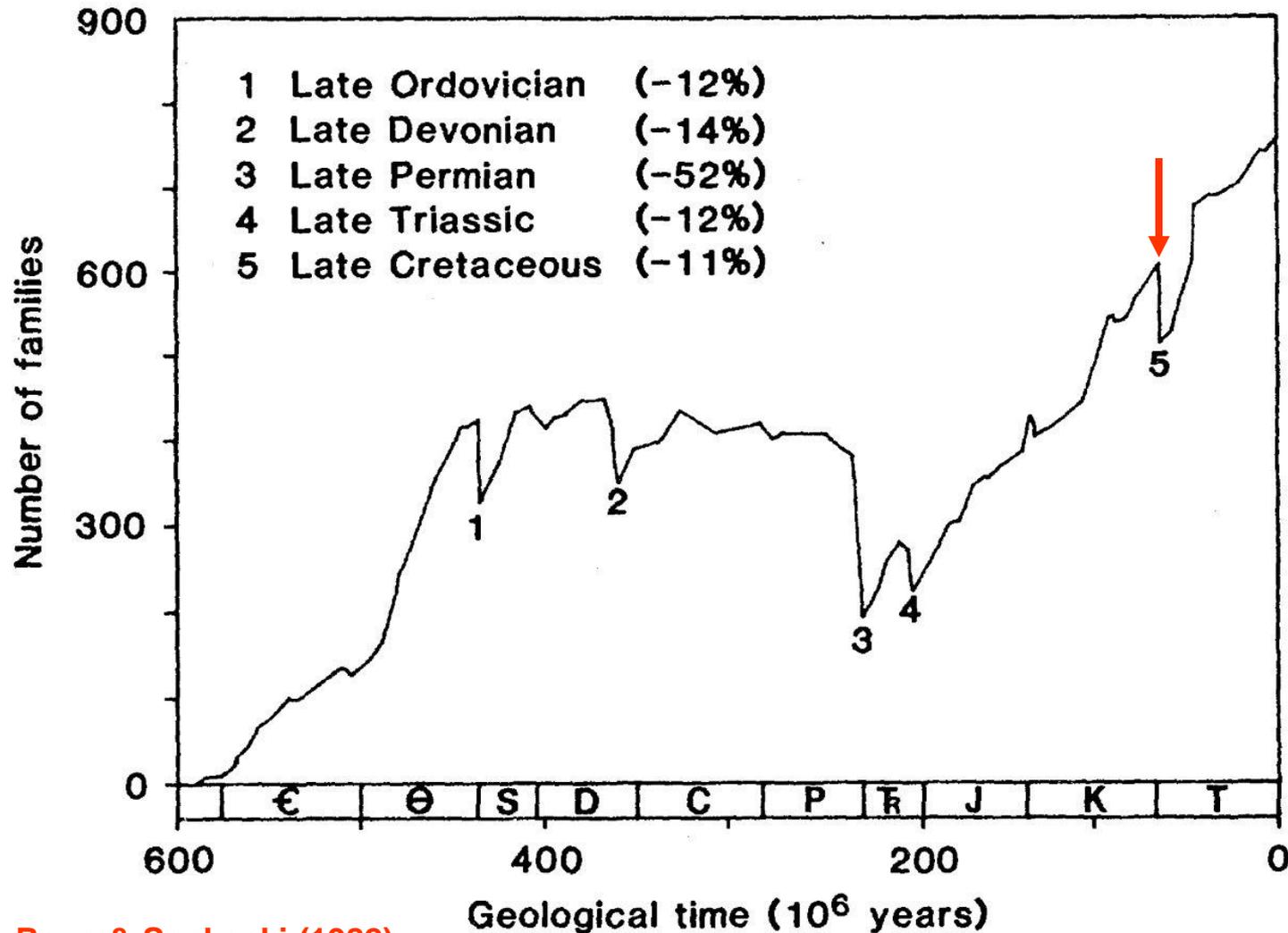
3 μm 



Le bianche scogliere di Dover, accumulo di nannofossili calcarei del Cretaceo Superiore

(immagine Wikimedia Commons)

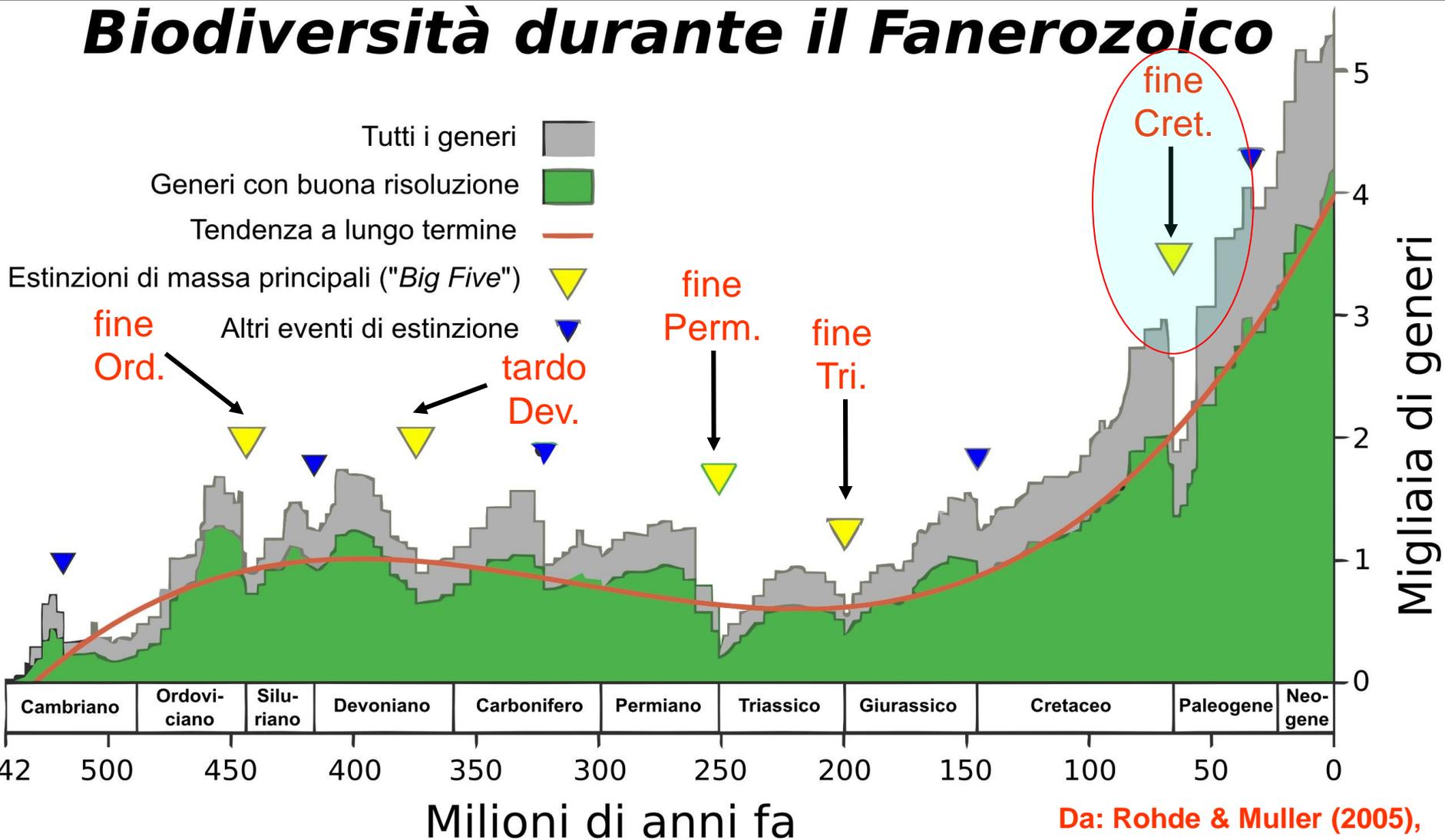
Estinzioni di massa nel Fanerozoico: “*The Big Five*”



Da: Raup & Sepkoski (1982)

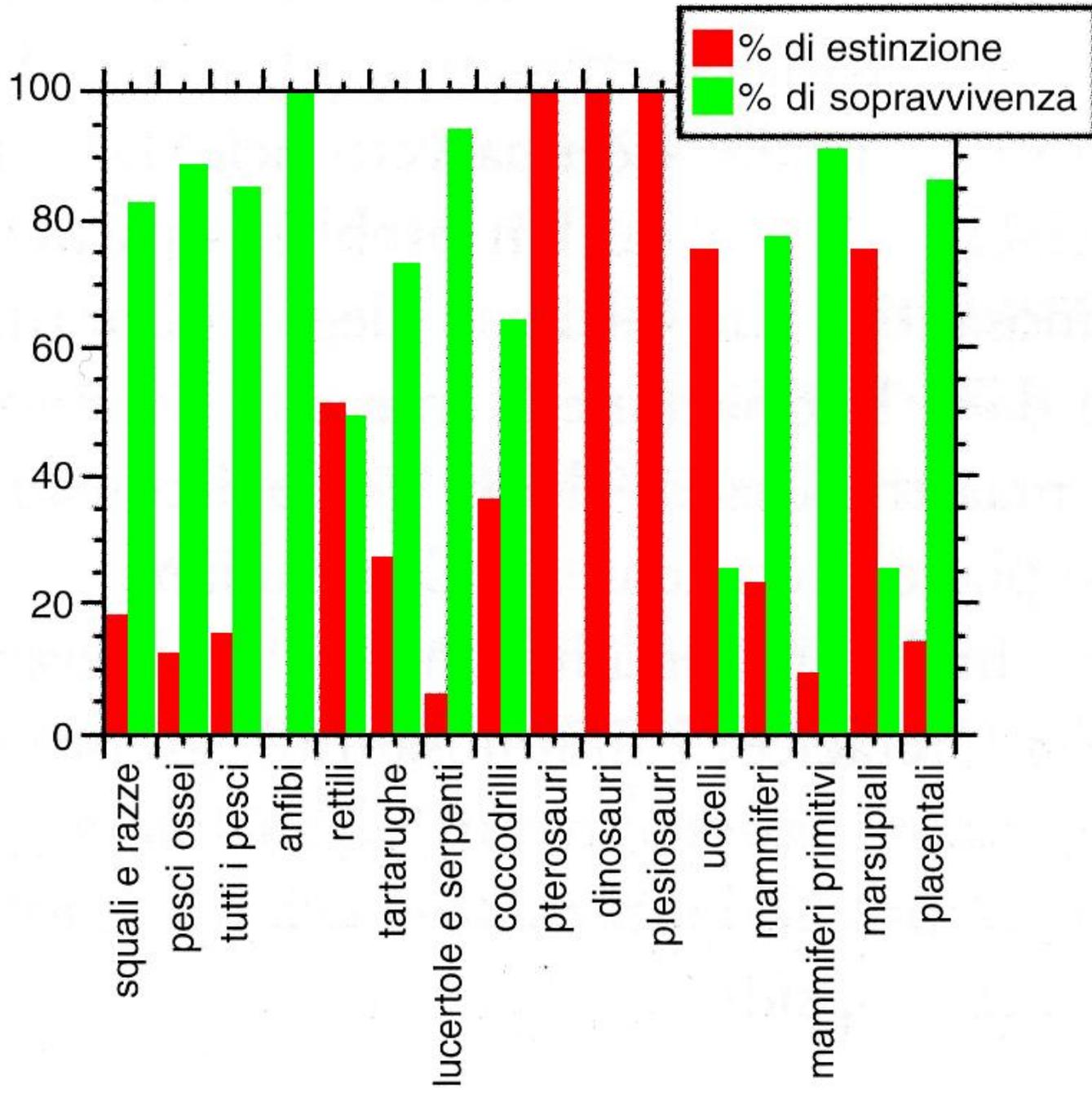
Estinzioni di massa nel Fanerozoico: "The Big Five"

Biodiversità durante il Fanerozoico



Da: Rohde & Muller (2005),
modificato via Wikimedia Commons

Percentuale di estinzione



La Gola del Bottaccione (Gubbio)



Lo studio di Alvarez (1980)

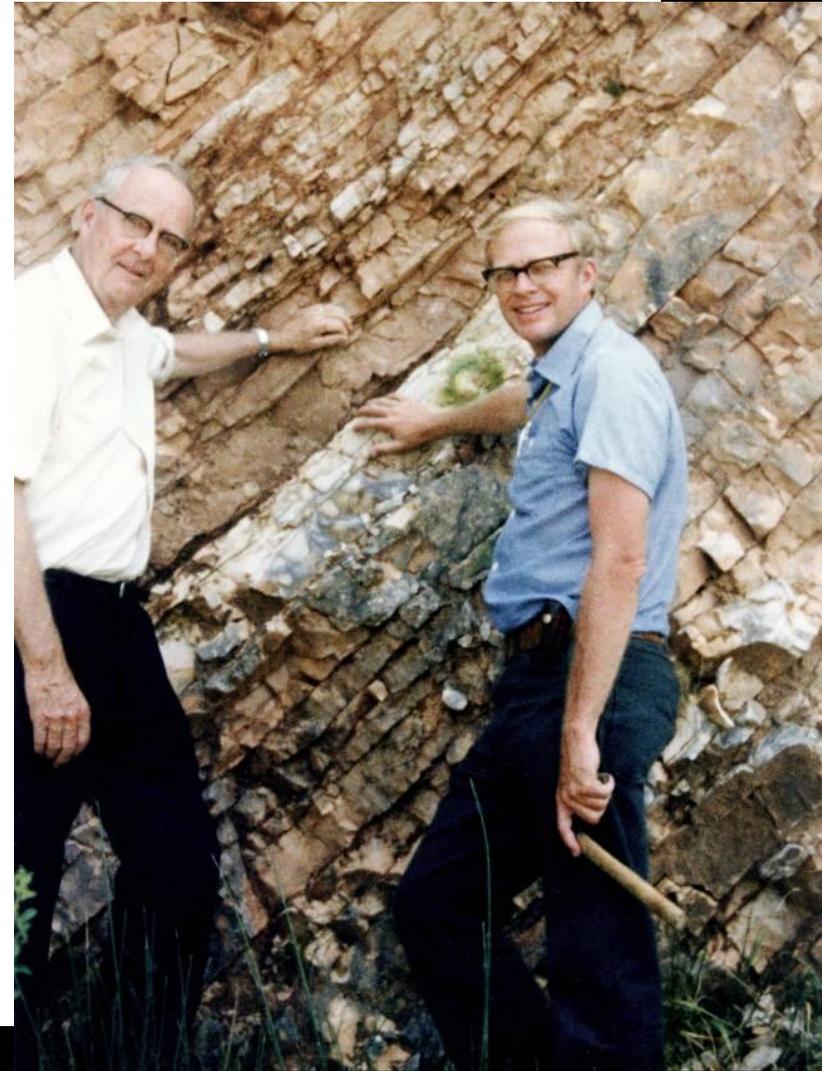
6 June 1980, Volume 208, Number 4448

SCIENCE

Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction

Experimental results and theoretical interpretation

Luis W. Alvarez, Walter Alvarez, Frank Asaro, Helen V. Michel



Walter (a destra) e Luis Alvarez (a sinistra)
davanti al limite K-T al Bottaccione

Limite K-T alla Gola del Bottaccione



Ma... cosa cercavano gli Alvarez?

- *di studiare l'estinzione dei dinosauri?*

Ma... cosa cercavano gli Alvarez?

- *di studiare l'estinzione dei foraminiferi planctonici?*

Ma... cosa cercavano gli Alvarez?

- *di trovare le prove di un evento extraterrestre?*

Ma... cosa cercavano gli Alvarez?

- Niente di tutto ciò:

Cercavano semplicemente di calcolare il TEMPO di deposizione del livelletto di argilla (circa 1 cm di spessore) al limite K-T.

Alcuni studi, infatti, avevano notato che alcuni elementi, rari nella crosta terrestre, erano più abbondanti nella polvere meteoritica formata dall'ablazione dei meteoriti che si disintegrano in atmosfera.

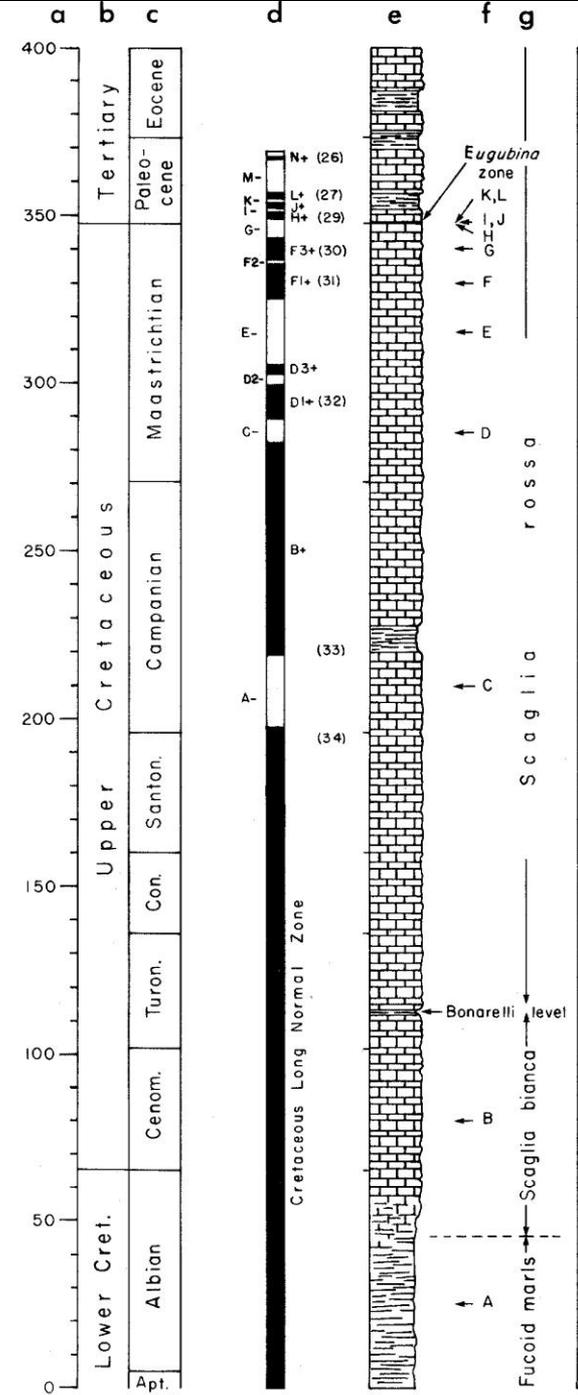
Poiché la quantità di queste polveri è grosso modo costante, l'apporto di questi elementi alla sedimentazione può essere considerato costante. In ambienti a bassa sedimentazione, come i fondali oceanici, le quantità di questi elementi possono essere misurate e dare una stima del tempo trascorso per accumulare un certo spessore.

Tra gli elementi più promettenti fu scelto l'iridio (Ir) in quanto facilmente rivelabile dagli strumenti dell'epoca.

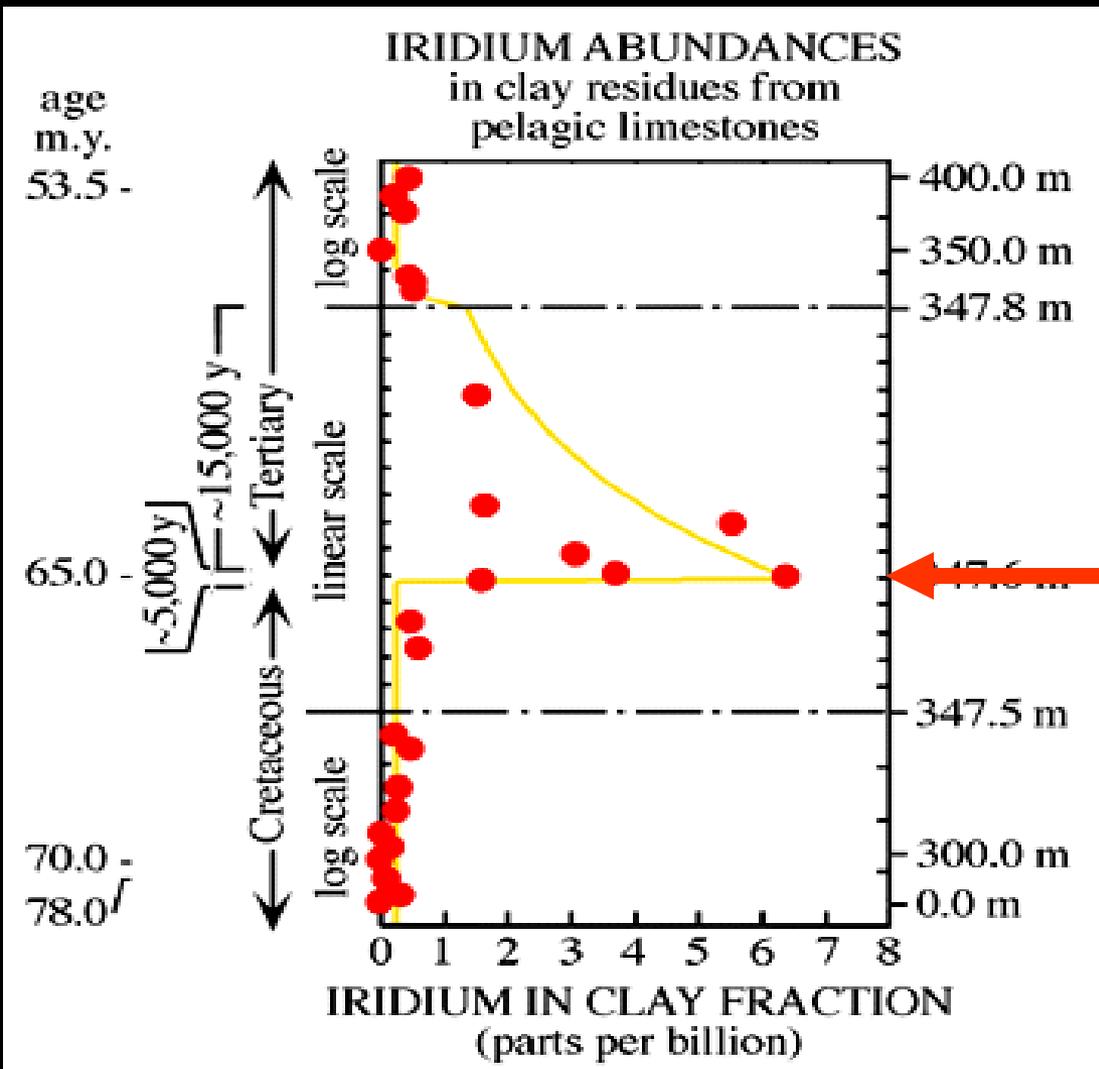
Perché fu scelta la sezione a Gubbio?

Perché si trattava di una sezione con buona continuità di sedimentazione per un periodo di tempo molto lungo, che copriva l'intervallo tra Cretaceo e Terziario sempre in ambiente di mare profondo, con un'ottima conoscenza delle età di ogni singolo strato grazie ai recenti studi biostratigrafici sulle microfaune a foraminiferi planctonici (globotruncane), studiati dalla Prof. Isabella Premoli Silva, dell'Università di Milano.

Fig. 2. Stratigraphic section at the Bottaccione Gorge, Gubbio (30). (a) Meter levels. (b) Systems. (c) Stages. (d) Magnetic polarity zones (black is normal, white is reversed polarity, letters give Gubbio polarity zonation, numbers are equivalent marine magnetic anomalies). (e) Lithology. (f) Samples used in first NAA study (samples I, J, and L are from equivalent positions in the Contessa section, 2 km to the northwest). (g) Formation names.

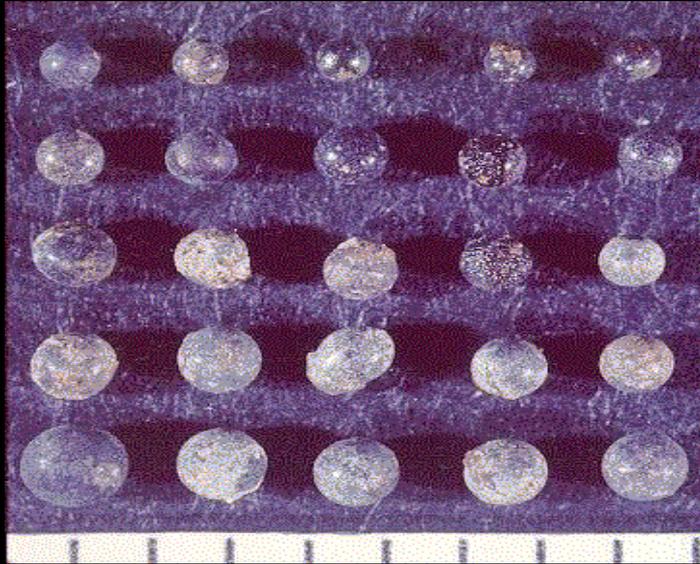


Cosa trovarono gli Alvarez?

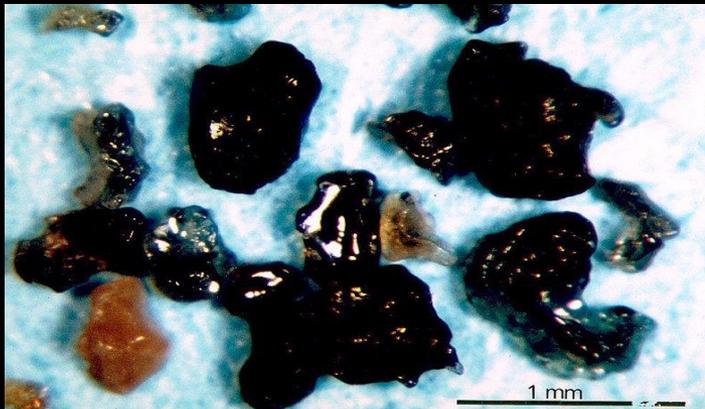


Un “picco” dell’iridio (circa 30 volte la concentrazione normale!), non spiegabile con la bassa velocità di sedimentazione. Il picco fu immediatamente trovato anche in una seconda sezione stratigrafica in Danimarca, confermando che non si trattava di un fenomeno locale.

Microtectiti, perline di vetro trovate nei sedimenti al limite K-T



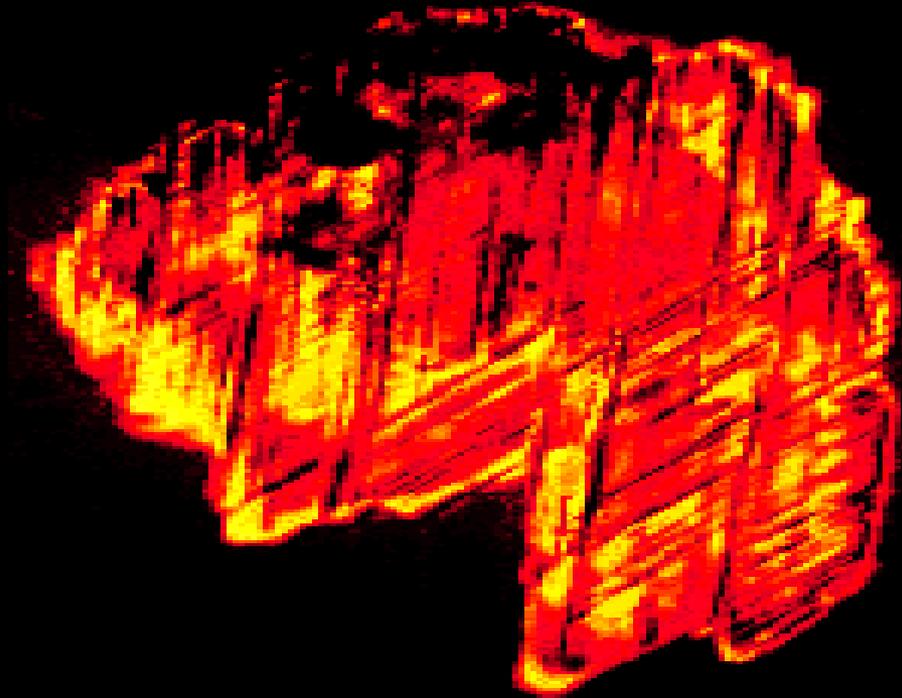
Si pensa siano generate dalla fusione delle rocce (terrestri) superficiali a causa dell'energia d'impatto del bolide (asteroide o cometa).



Vetro trovato nei sedimenti del limite nel Golfo del Messico.

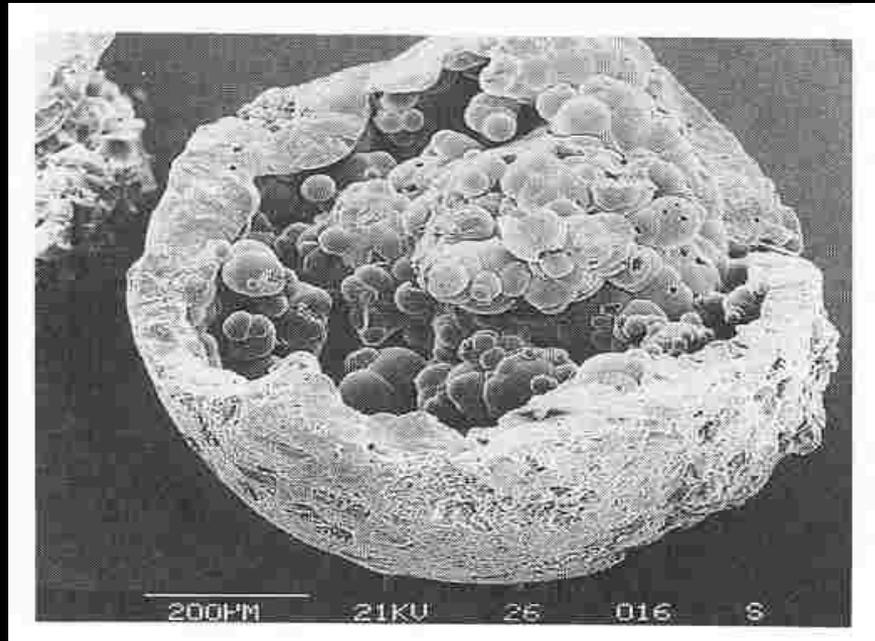
“*Shocked Quartz*” nelle argille del limite K-T

Questo minerale deriva da metamorfismo di shock.
È stato osservato unicamente in luoghi di impatto di meteoriti
e nelle località dove sono stati eseguiti test nucleari.



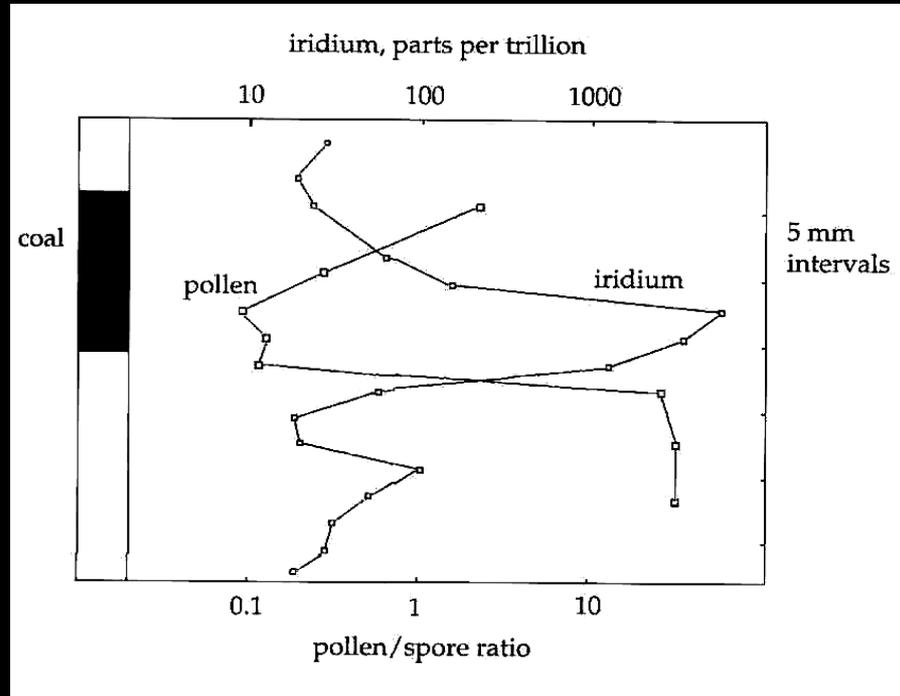
Particelle di fuliggine trovate nelle
argille del limite.

Sono simili a quelle che si generano da
impianti che bruciano carbone.



Suggeriscono incendi estesi a livello globale,
associati con la combustione di grandi quantità di
piante morte sulla superficie terrestre.

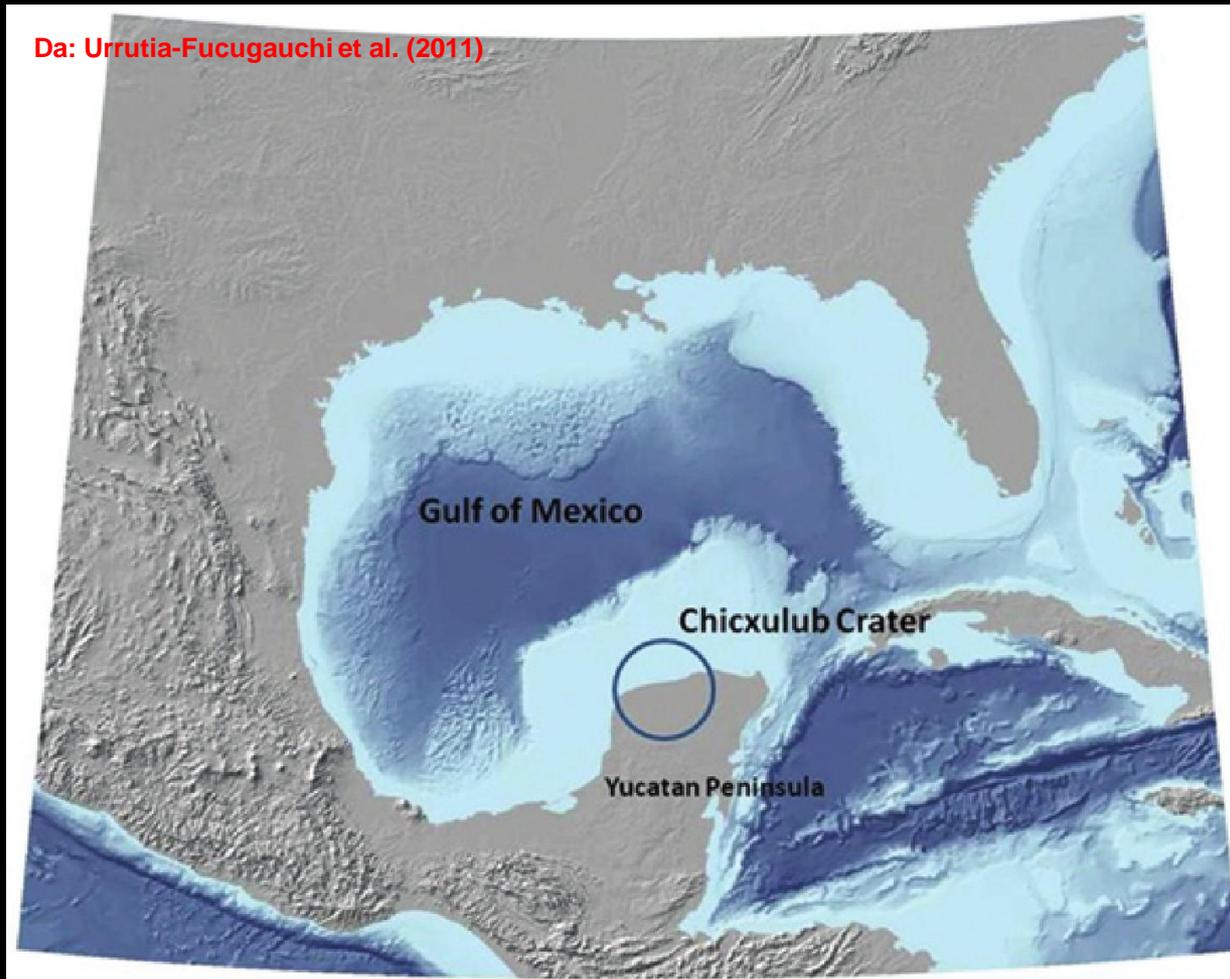
Picco delle spore / Crollo dei pollini



Il rapporto pollini/spore ha un picco negativo in corrispondenza del picco dell'Ir.

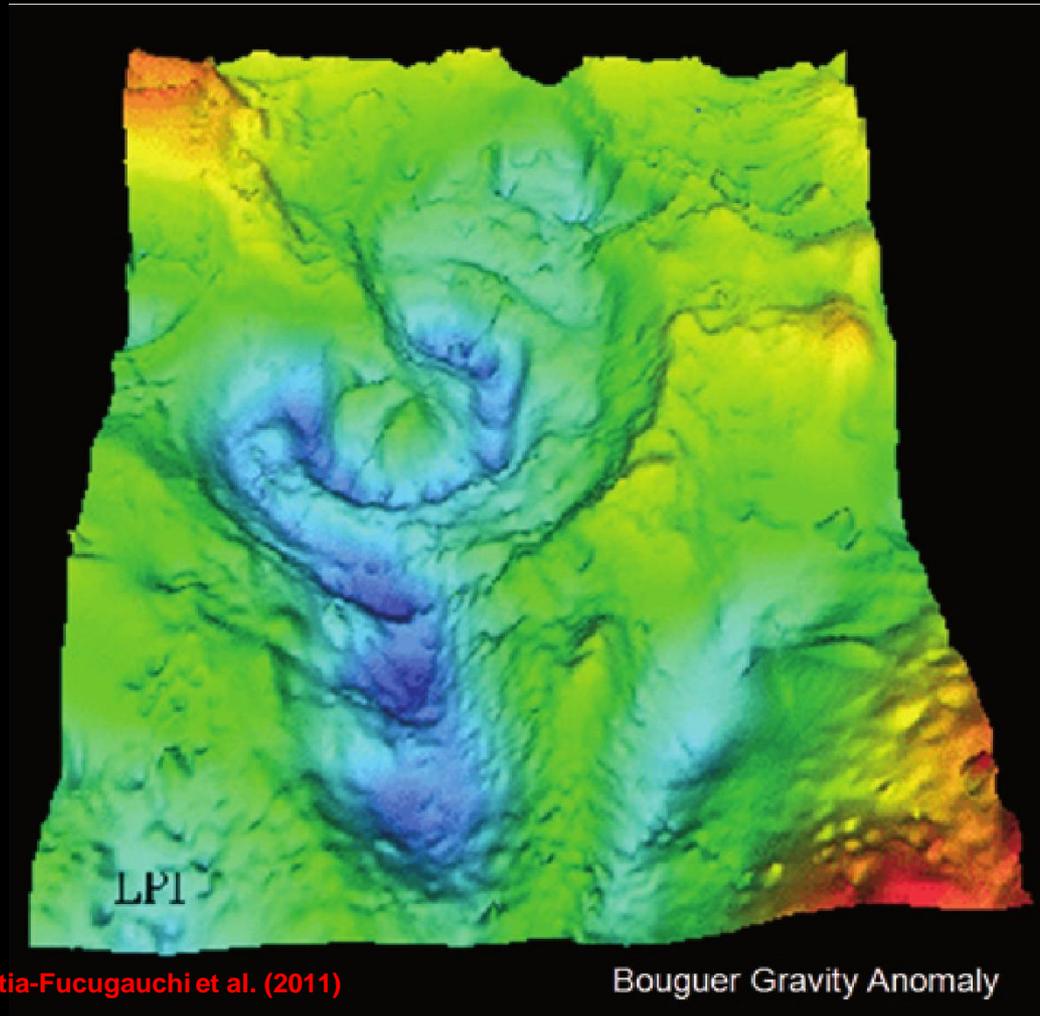
Si pensa che corrisponda ad un momento di crisi biologica con inizio della ricolonizzazione da parte delle piante più semplici.

Il cratere



Il cratere di Chicxulub fu descritto per la prima volta già nel 1981 all'Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, ma fu definitivamente accettato come candidato a cratere responsabile dell'impatto K-T soltanto 10 anni dopo, nel 1991, in seguito ad una serie di studi aggiuntivi per determinarne con precisione età e caratteristiche.

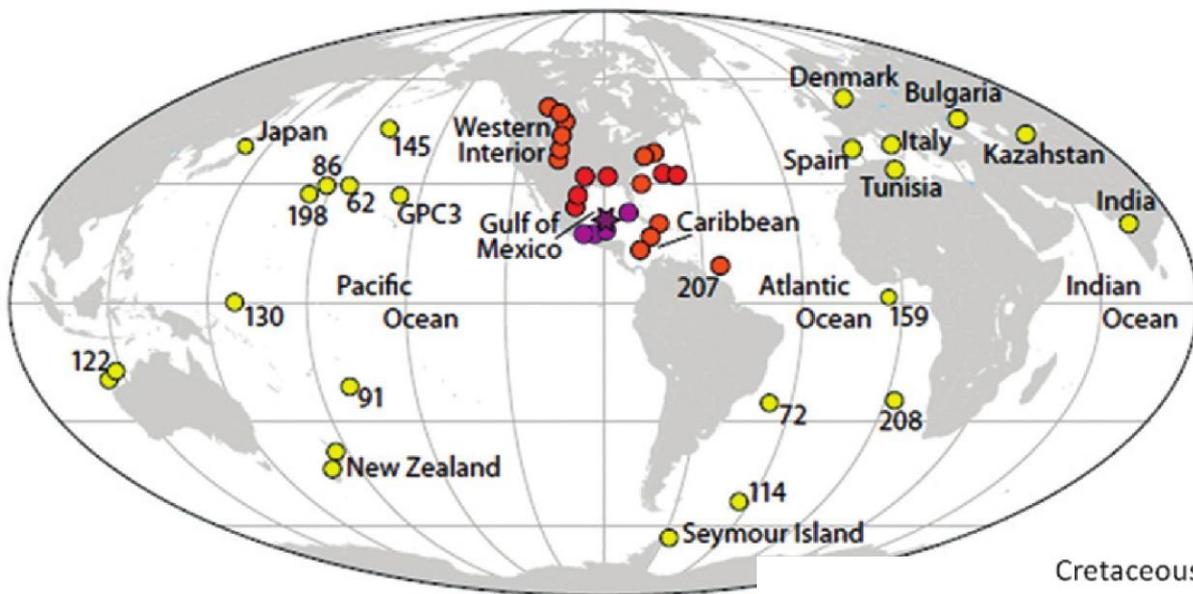
Il cratere



Il cratere di Chicxulub ha un diametro di 180-280 km, è datato a 65 Ma fa e si pensa sia stato formato dall'impatto di un corpo di circa 10 km di diametro su un'area di piattaforma carbonatica poco profonda. L'esplosione risultante avrebbe liberato un'energia pari a circa 100 milioni di megaton, circa tre volte la potenza degli attuali arsenali nucleari.

Cretaceous/Paleogene Boundary Sections

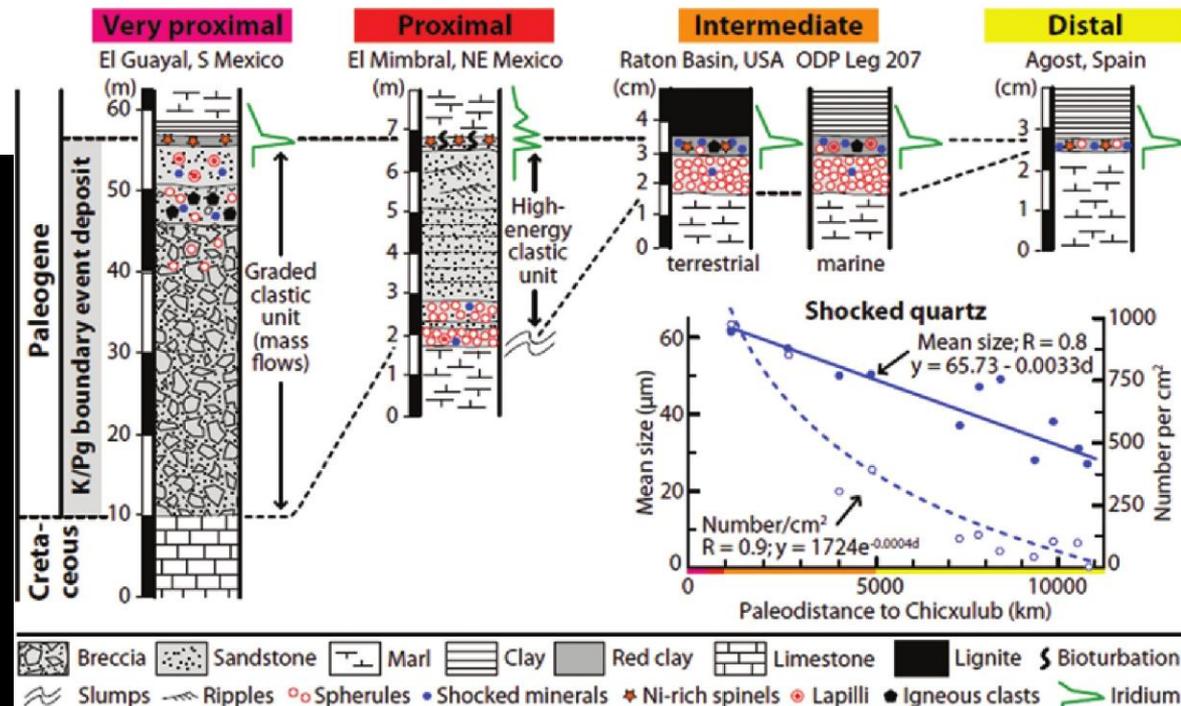
Da: Urrutia-Fucugauchi et al. (2011)



Cretaceous/Paleogene Boundary Sections

Da: Urrutia-Fucugauchi et al. (2011)

- Distal sections
- Intermediate sections
- Proximal sections
- Very proximal sections



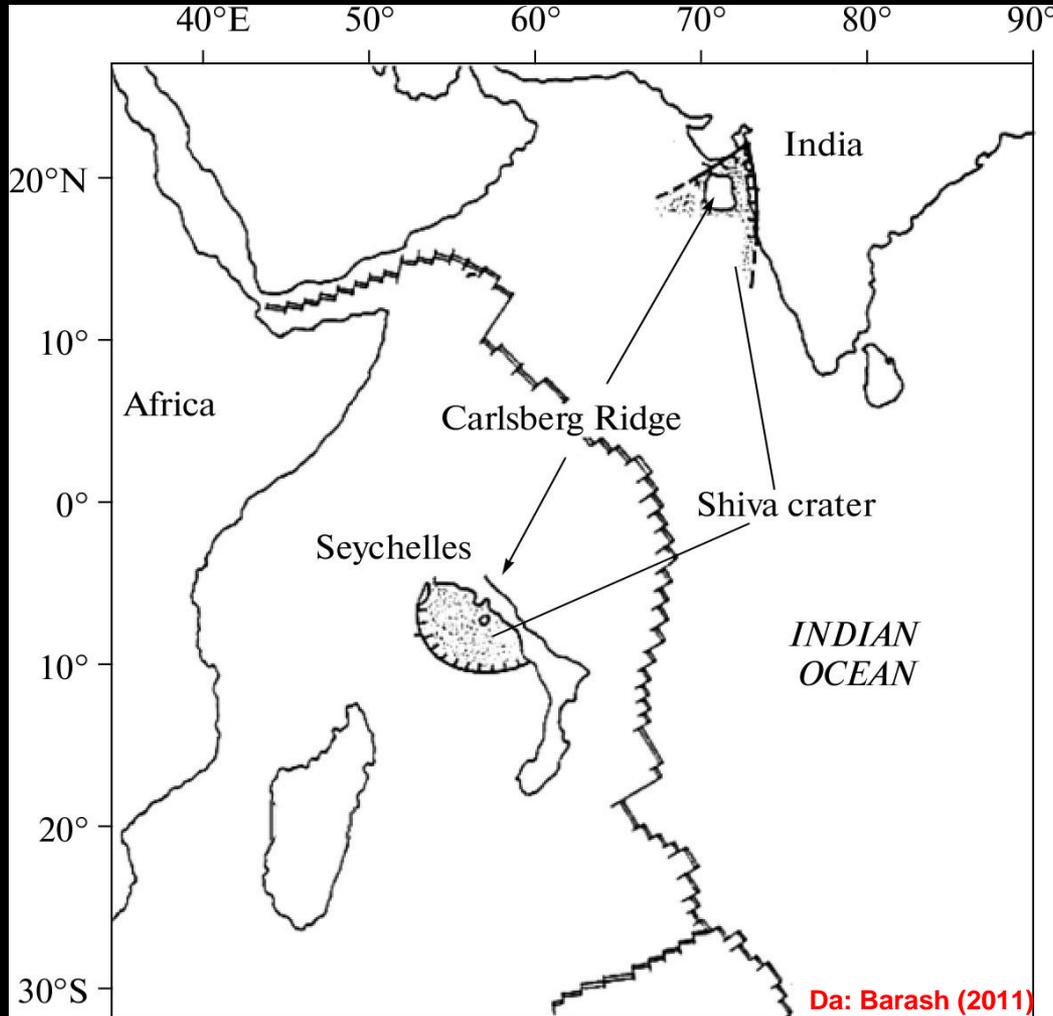
Altri crateri?

Altri crateri da impatto sono stati candidati a sostegno di una “pioggia” di meteoriti:

- Boltysh (Ucraina): diametro 24 km, età 65.17 ± 0.64 Ma
- Manson (Iowa): diametro 35 km, età $73,8 \pm 0.3$ Ma
- Kara (Russia): diametro 65 km, età $70,3 \pm 2,2$ Ma

Fonte: Earth Impact Database (<http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/index.html>)

Altri crateri?



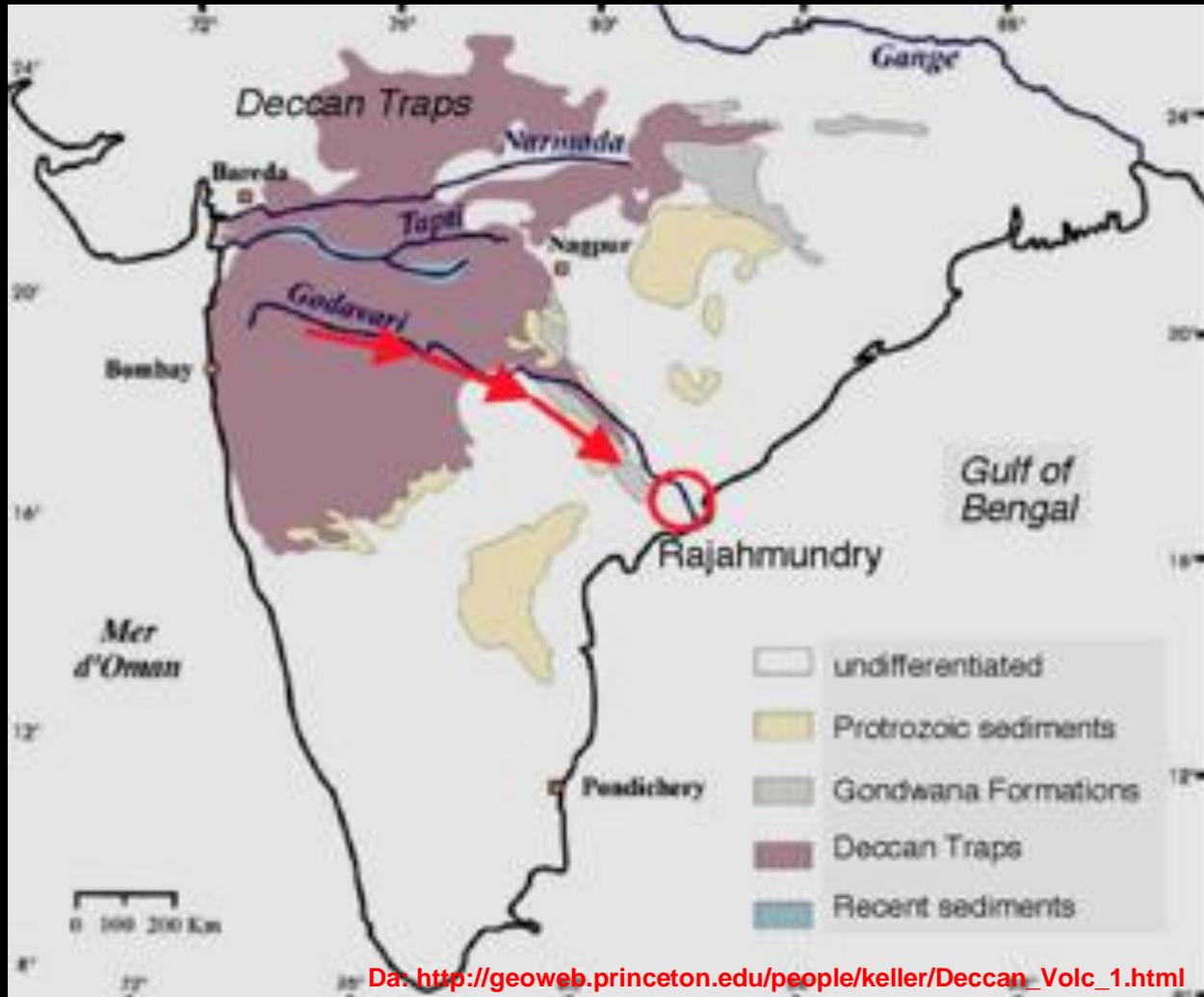
Il cratere di Shiva sarebbe un cratere da impatto gigante, anch'esso corrispondente al K-T. La caratteristica peculiare di questo cratere è la sua suddivisione in due parti da parte della dorsale di Carlsberg. Il cratere completo ha forma allungata, diametro di 600 x 450 km, è profondo 12 km e sarebbe la più grande struttura da impatto del Fanerozoico, formato da un corpo di 40 km di diametro .

I trappi del Deccan

Da: <http://johnstodderinexile.files.wordpress.com/2006/10/deccan-flood-basalts.jpg>



I trappi del Deccan

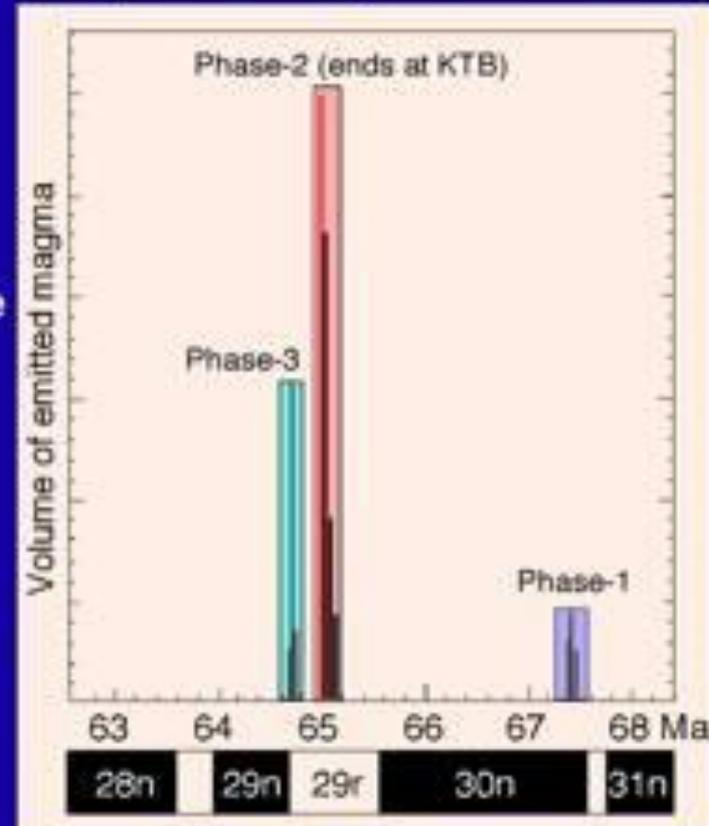


Estensione dei trappi del Deccan (area paragonabile alla Francia). Le frecce rosse indicano la direzione del più lungo flusso di lava sulla Terra, 1500 km attraverso l'India fino al Golfo del Bengala. Il volume di lava estrusa è stimato in 1,2 milioni di km cubi.

I trappi del Deccan

Volume of Deccan eruptions and Paleomag Ages: Three phases of Volcanism separated by non-activity

- Phase-1: first eruption in C30n, ~67.4 Ma
- Phase-2: mega-eruption in C29r, =80% of Deccan volume totaling 3500 km³ and ending at KT mass extinction
- Phase-3: last eruption at or near C29r/C29n boundary precedes full biotic recovery in the aftermath of the KT mass extinction.

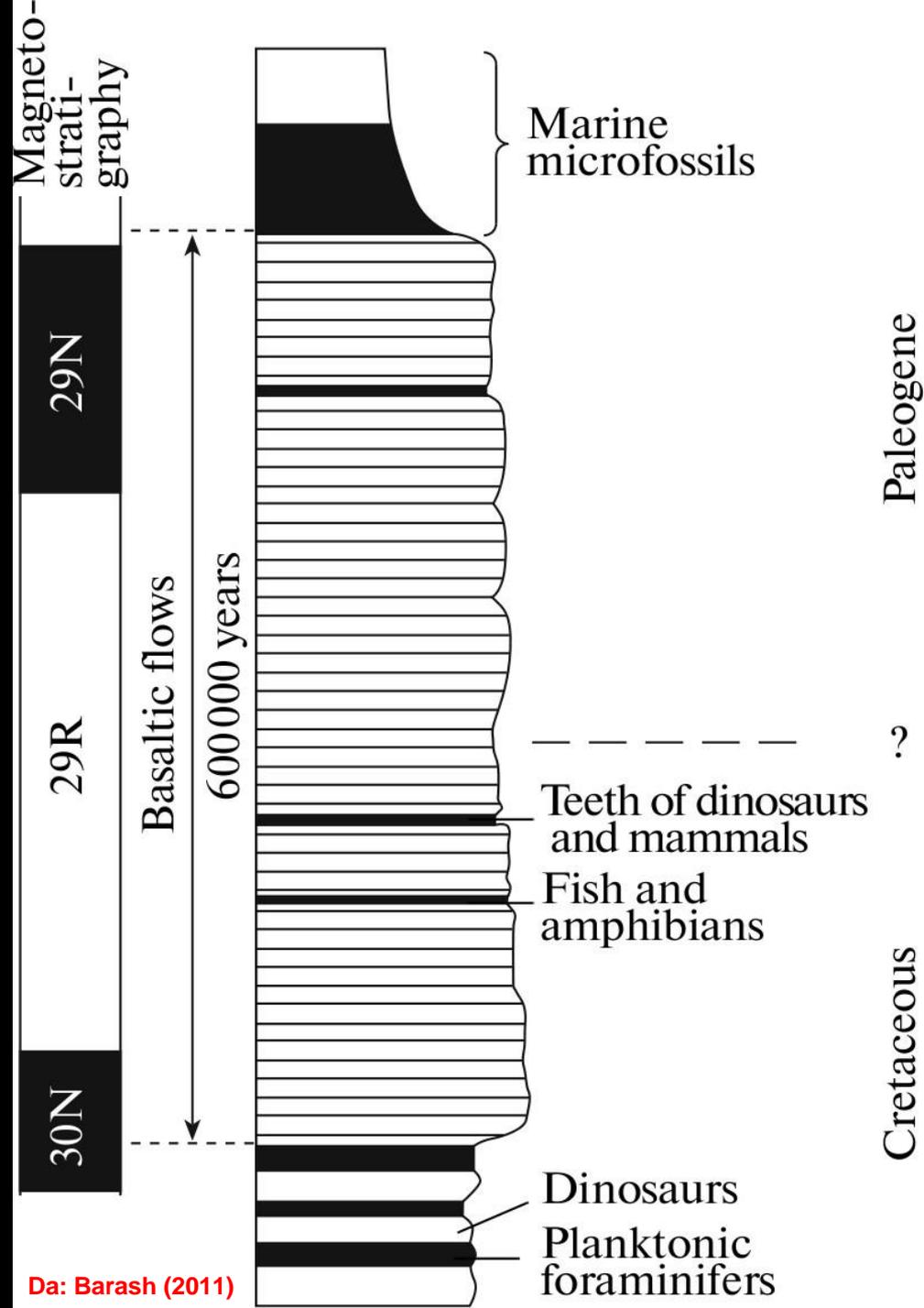


From Chanet et al., 2007, 2008 (JGR)

Da: http://geoweb.princeton.edu/people/keller/Deccan_Volc_1.html

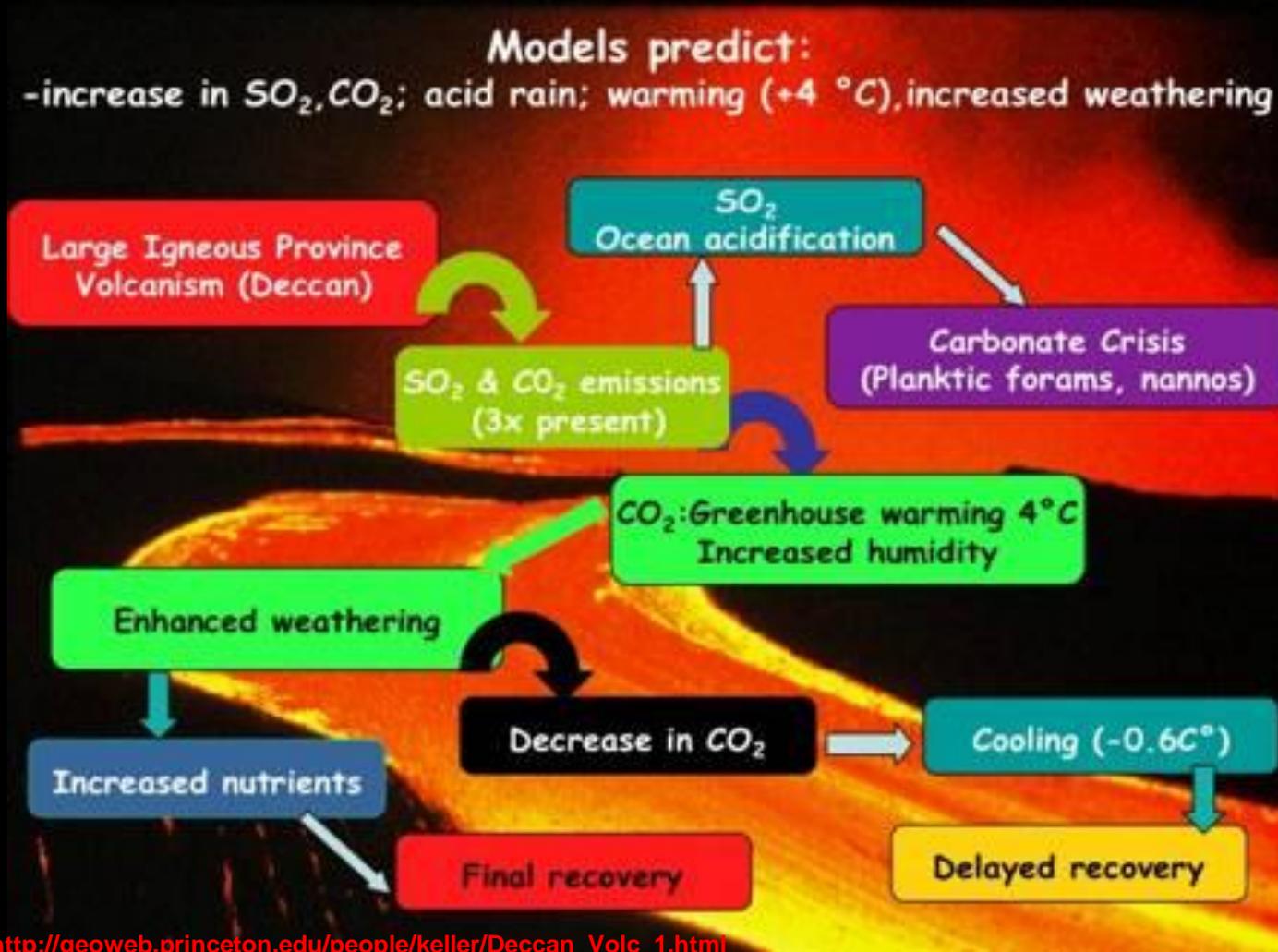
Le tre fasi principali di deposizione dei trappi del Deccan. La seconda fase rappresenta l'80% del volume totale delle vulcaniti. Notare che la seconda fase termina nel cron magnetico C29r, appena prima del limite K-T.

I trappi del Deccan



Da: Barash (2011)

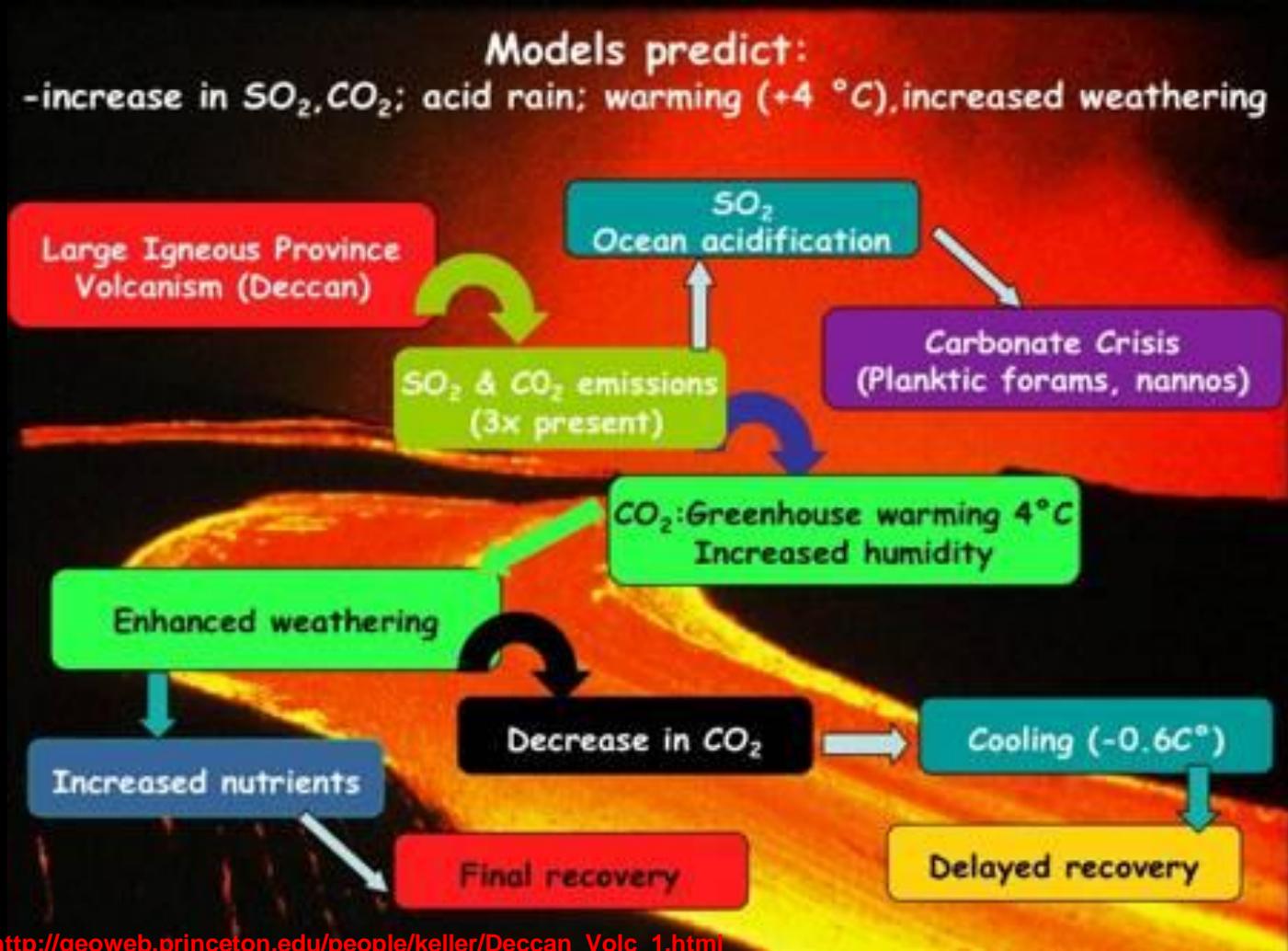
Emissioni vulcaniche ed estinzioni



I principali gas emessi sono CO_2 ed SO_2 .

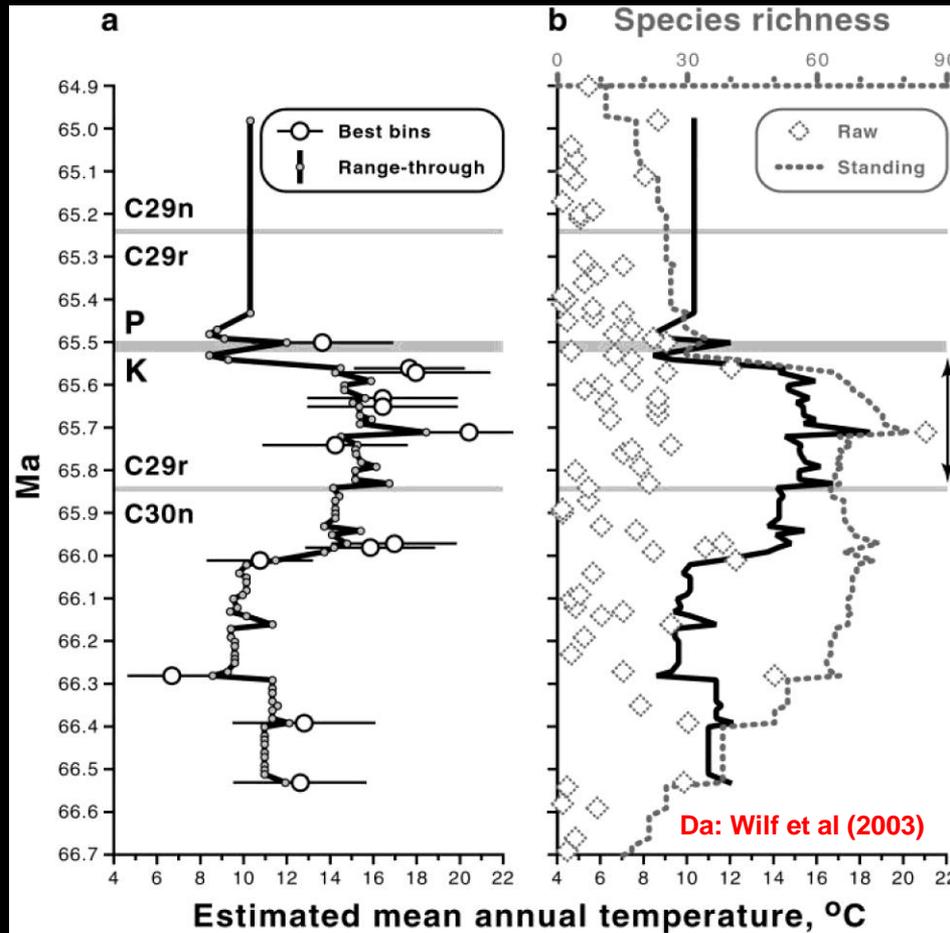
L' SO_2 ha effetto a breve termine (anni, decenni) di raffreddamento dell'atmosfera per la produzione di aerosol (solfati). Altro effetto è l'acidificazione degli oceani.

Emissioni vulcaniche ed estinzioni



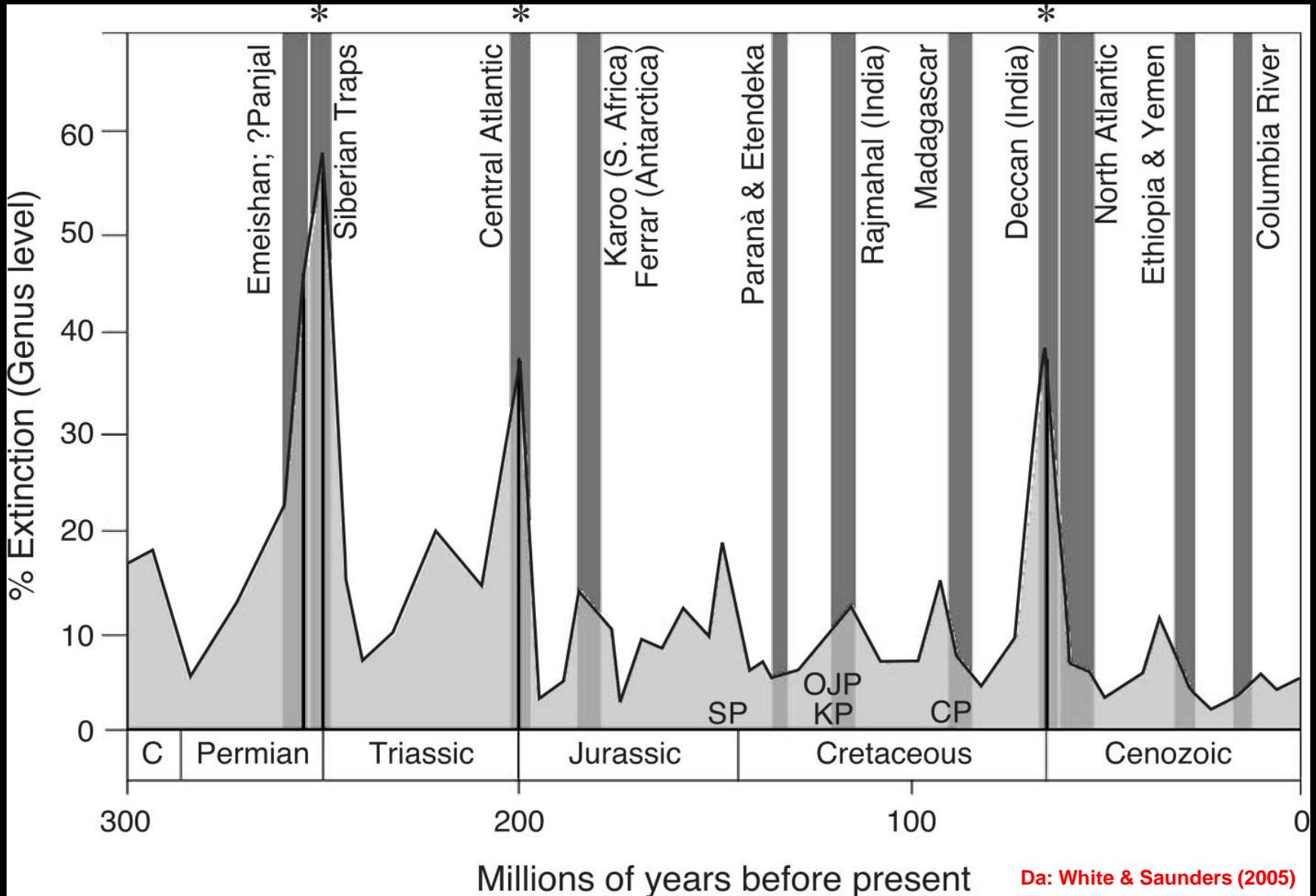
La CO_2 ha effetto a lungo termine di riscaldamento dell'atmosfera (effetto serra).
Anch'essa contribuisce all'acidificazione degli oceani.

Oscillazioni climatiche



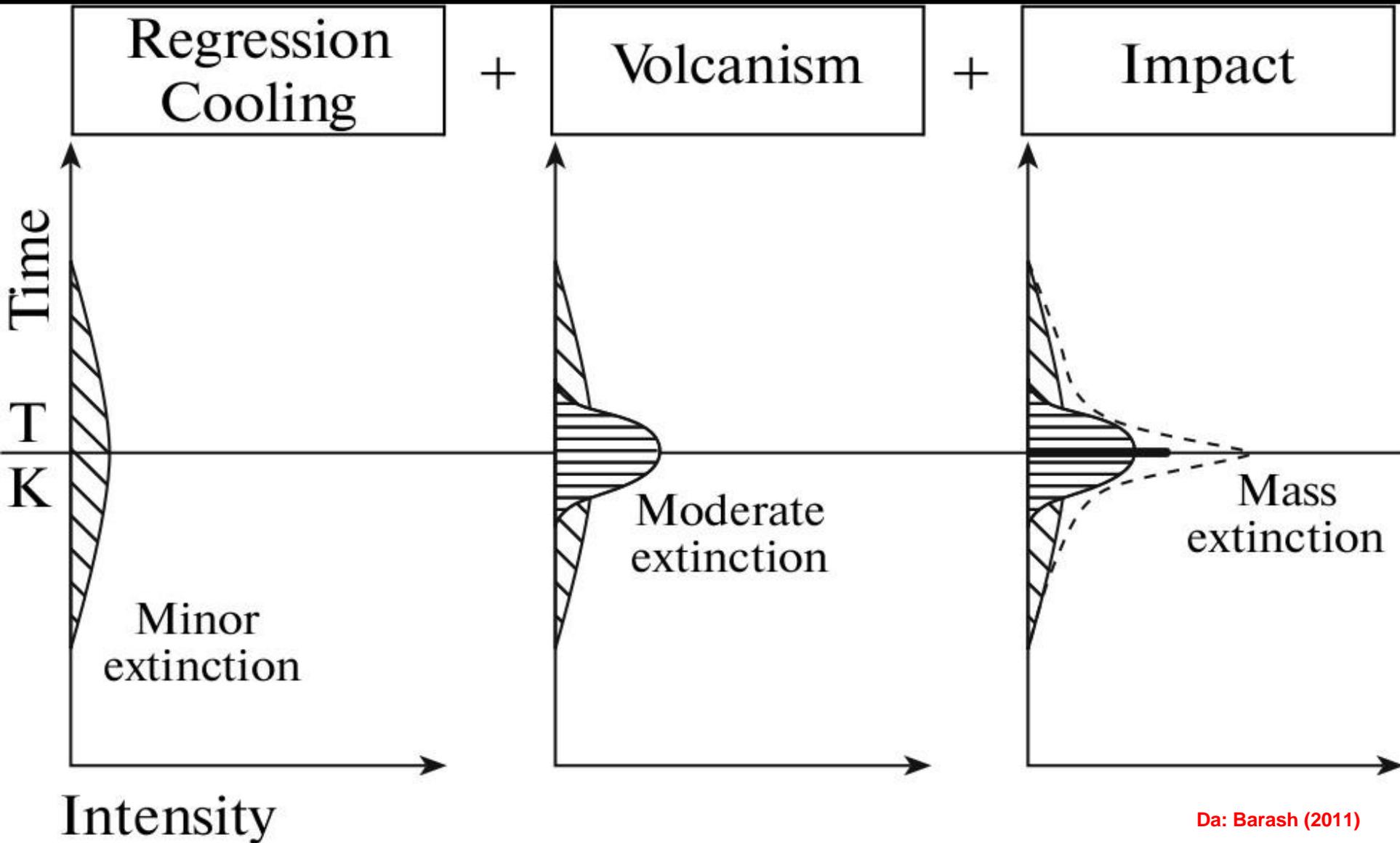
Da uno studio di sezioni marine e continentali risulta che, negli ultimi 1,1 milioni di anni del Cretaceo, ci sia stata un'oscillazione climatica importante, con un riscaldamento iniziato a 66,0 Ma, culminato tra 65,8 e 65,6 Ma, seguito da un brusco raffreddamento a circa 65,6 Ma.

Più cause?



In grigio le grandi eruzioni basaltiche. Gli asterischi indicano i grandi impatti accertati.

Più cause?



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!**

