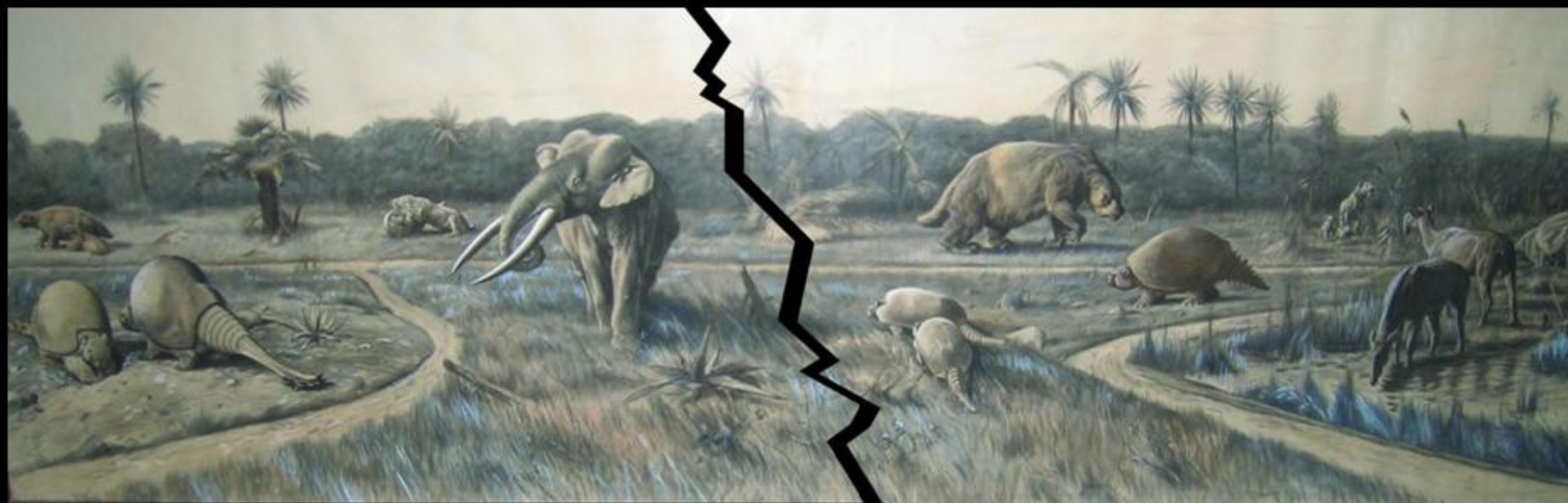


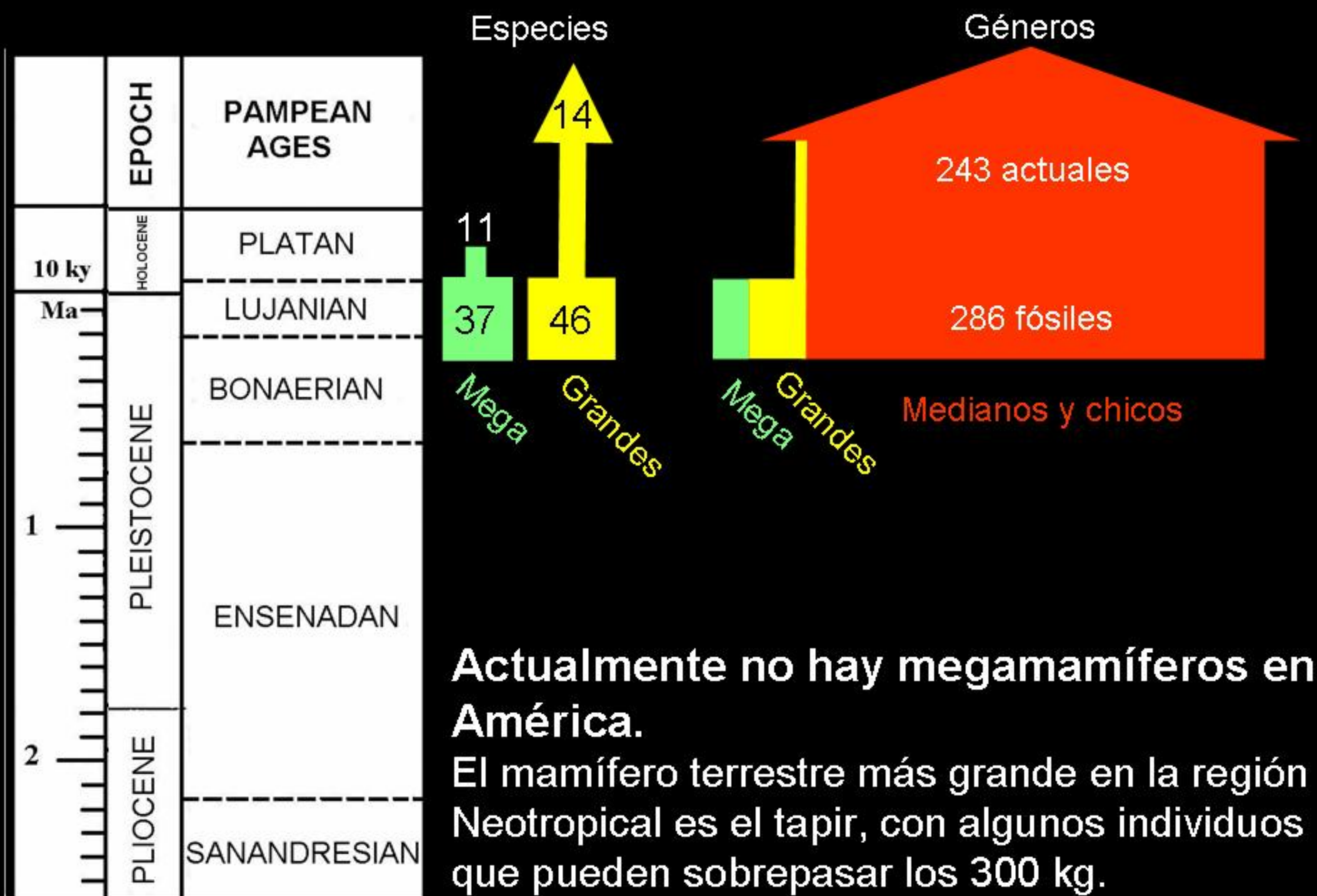
La extinción de la megafauna en América del Sur: ¿fue consecuencia del cambio climático?



Leopoldo H. Soibelzon

**Departamento Científico Paleontología de Vertebrados
Museo de La Plata
Argentina**





Especies fósiles presentes en niveles asignables al Lujanense (21.000 a 7 RCYBP) en América del Sur.

Megamamíferos (+1000 kg)

Cuvieronius humboldti ●

Cuvieronius hyodon

Doedicurus clavicaudatus ● 7,500-7500 RCYBP

Eremotherium 4 spp.

Glossotherium robustum ●

Glossotherium other 4 spp.

Glyptodon 3 spp.

Glyptotherium cf. cylindricum ●

Hemiauchenia paradoxa ●

Lestodon 2 spp.

Macrauchenia patachonica ●

Megalonyx sp.

Megatherium americanum ● 7,700 and 8,800 RCYBP

Megatherium medinae

Mixotoxodon laevis

Mylodon listai ●

Mylodon darwini

Neothoracophorus depressus

Panochthus 3 spp.

Plaxhaplous canaliculatus

Stegomastodon 3 spp.

Toxodon 2 spp.

Xenorhinotherium bahiense



19 géneros, 37 especies, 9 en sitios arqueológicos (●)

Especies fósiles presentes en niveles asignables al Lujanense (21.000 a 7 RCYBP) en América del Sur.

Grandes mamíferos (44 -1000 kg)

Antifer niemeyeri
Arctotherium 3 spp.
Brasiliochoerus stenocephalus
Equus (*Amerhippus*) *neogeus* ●
Equus (*Amerhippus*) other 4 spp.
Eulamaops paralellus
Eutatus seguini ● 10,300 RCYBP
Eutatus punctatus
Glyptotherium sp.
Hippidion principale ●
Holmesina 2 spp.
Hoplophorus euphractus
Lama gracilis
Morenelaphus lujanensis
Mylodopsis ibseni
Neochoerus 2 spp.
Neosclerocalyptus paskoensis ●
Neuryurus n. sp.

Nothropus priscus
Nothrotherium roverei
Ocnopus gracilis
Ocnotherium giganteum
Onohippidion saldiasii ●
Palaeolama 2 spp.
Pampatherium 2 spp.
Paraceros fragilis
Parapanochthus jaguaribensis
Propraopus 3 spp.
Scelidodon 3 spp.
Scelidotherium leptcephalum
Smilodon populator
Tapirus cristatellus
Trigonodops lopesi



30 géneros, 46 especies, 5 en sitios arqueológicos (●)

Especies fósiles presentes en niveles asignables al Lujanense (21.000 a 7 RCYBP) en América del Sur.

Mamíferos medianos (5-44 kg)

Canis dirus

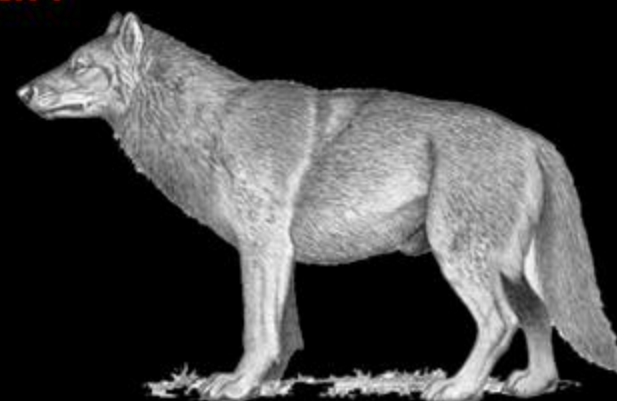
Dusicyon avus • 4,865 ± 65 RCYBP

Protcyon 2 spp.

Protopithecus brasiliensis

Valgipes deformis

3 géneros, 6 especies, 1 en sitios arqueológicos (•)

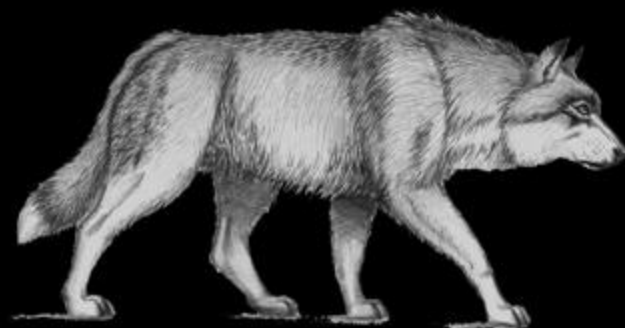


Mamíferos pequeños (menos de 5 kg)

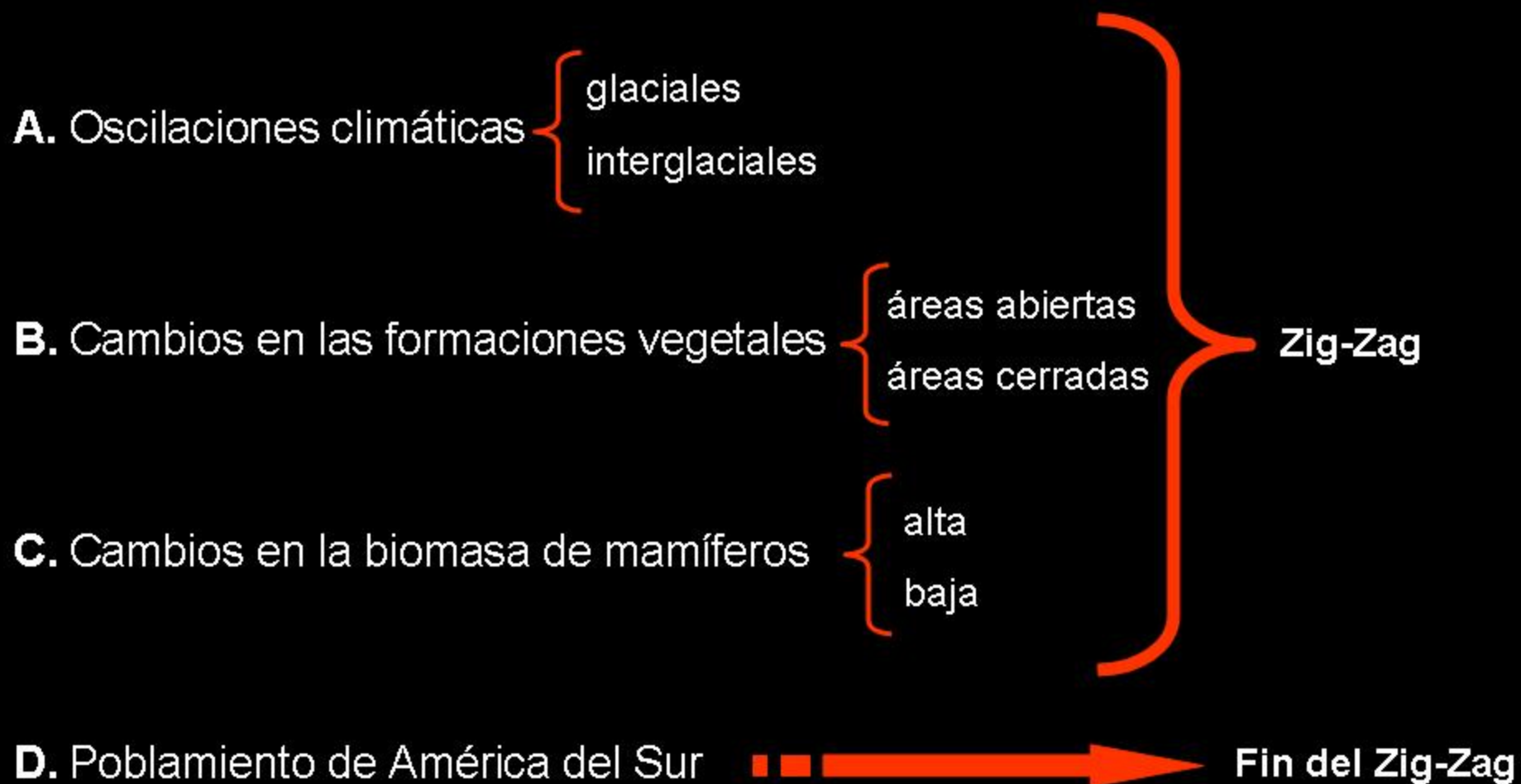
Eligmodontia n. sp.

Microcavia robusta

Desmodus draculae

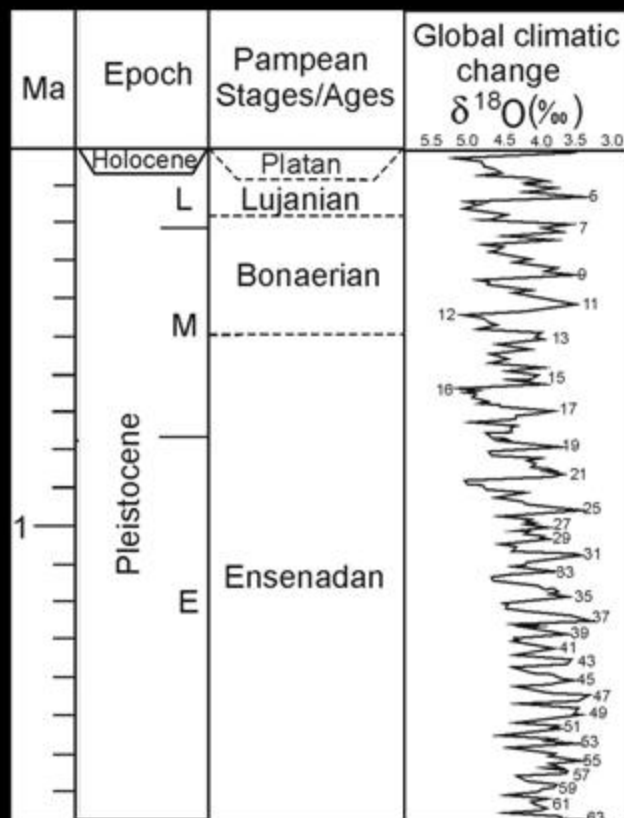


La hipótesis del *Broken Zig-Zag*: la extinción de grandes y megamamíferos

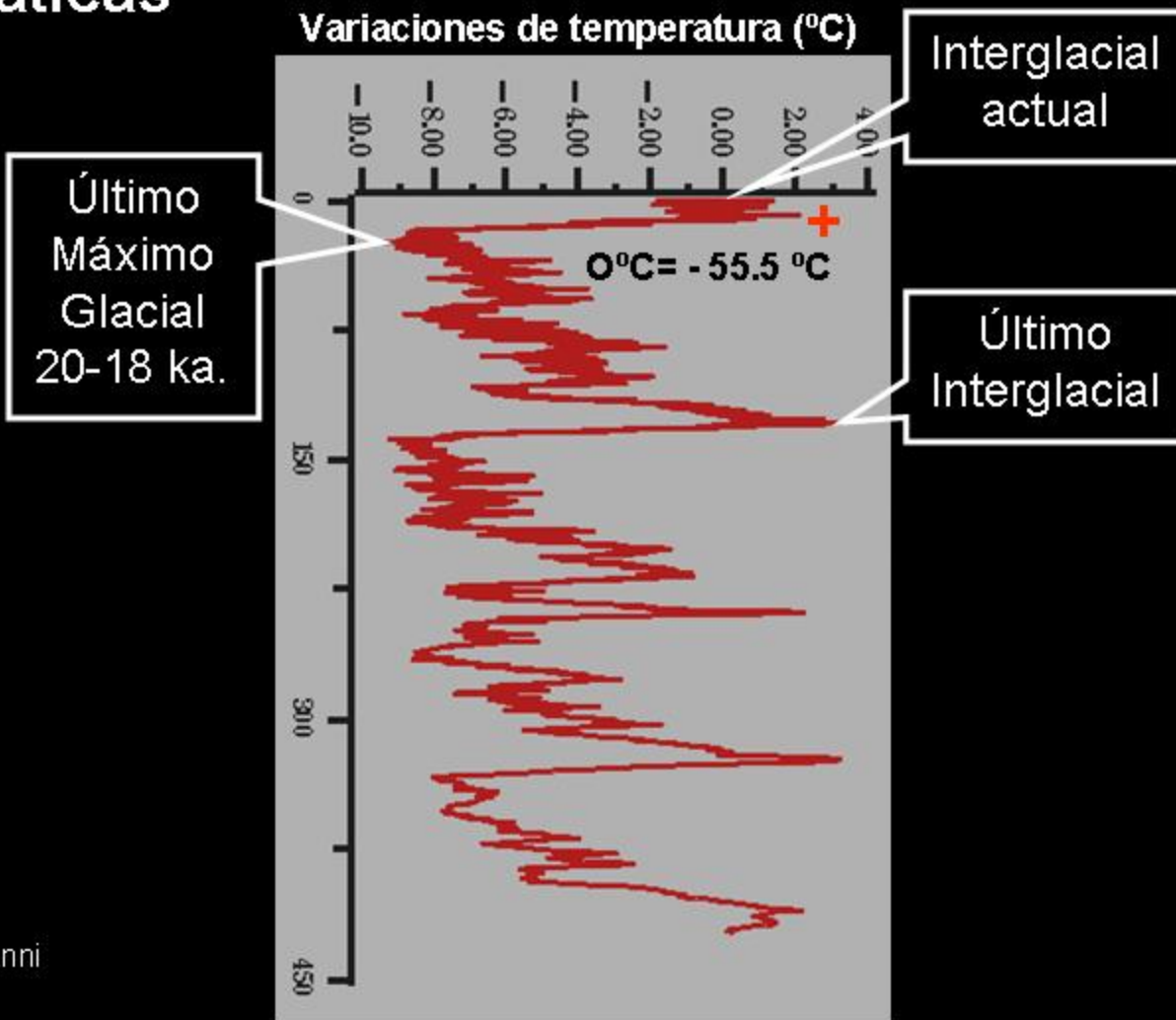


Introduciendo la hipótesis del Broken Zig-Zag

A. Oscilaciones climáticas

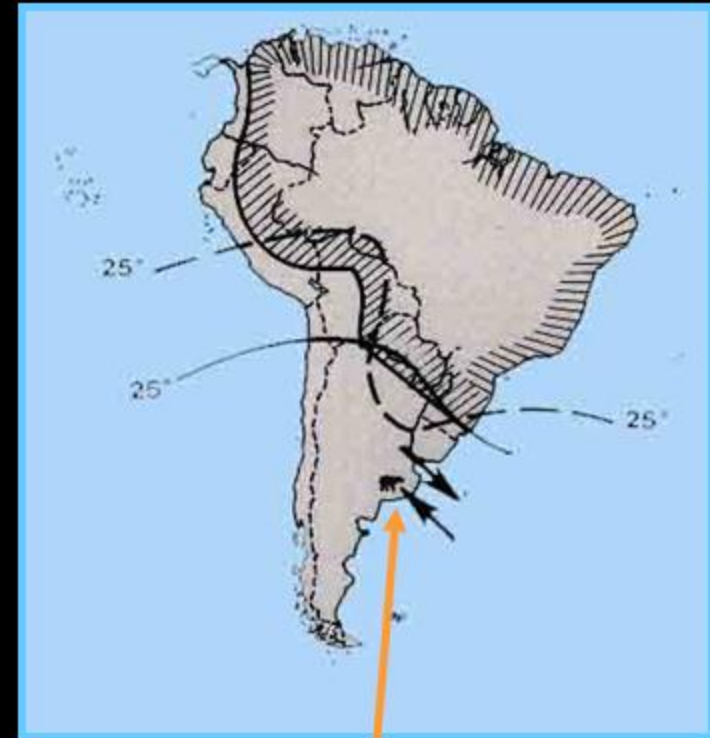
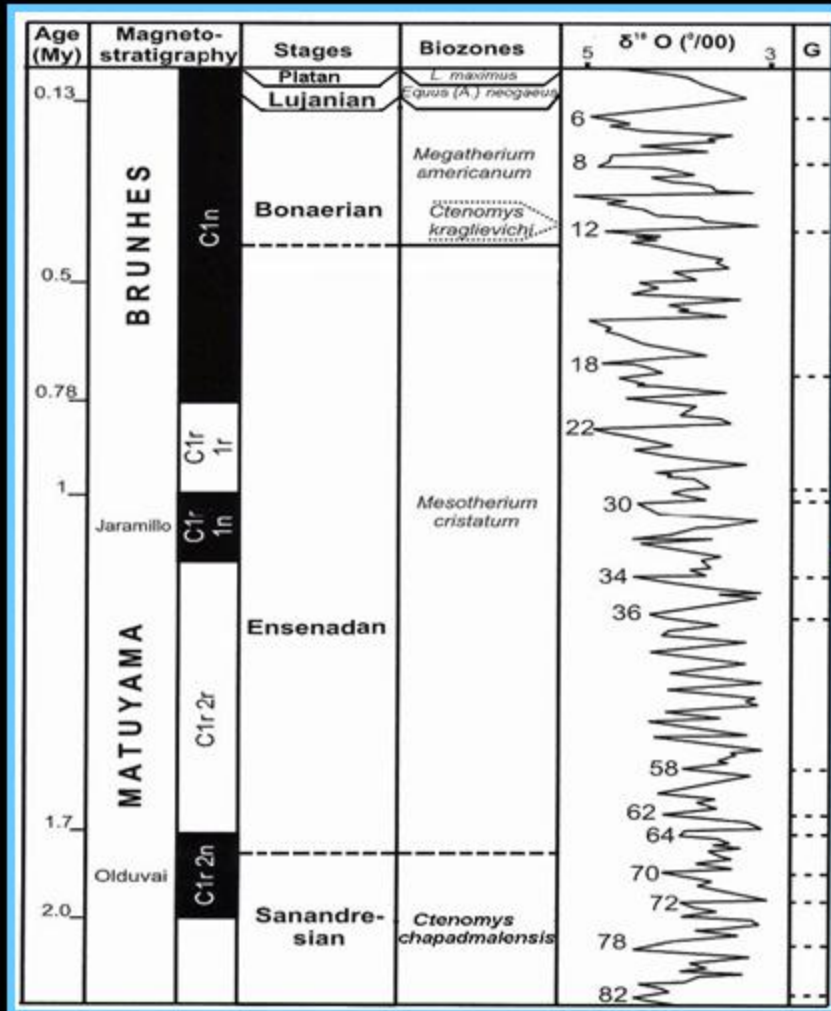


Estratigrafía correlacionada con los cambios climáticos. Tomada de Verzi, Deschamps & Tonni (2004) y Cione & Tonni (2005).

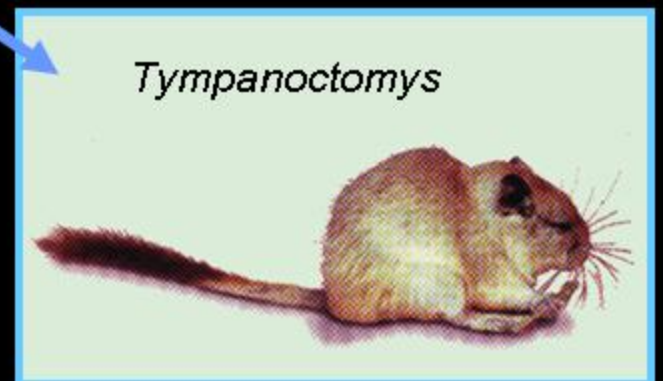
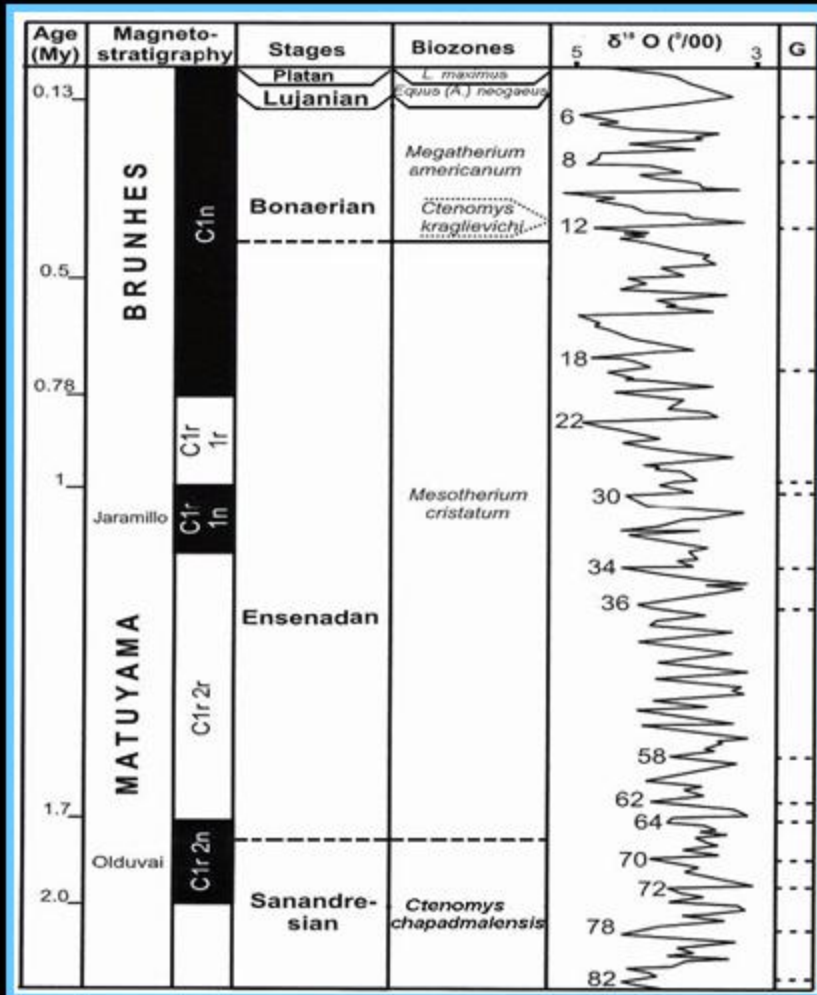


Oscilaciones climáticas representadas por la variación de ^{18}O en el hielo de Vostok, Antártida. Tomado de Petit et al. (2000)

Condiciones cálidas y húmedas entre más de 1 Ma y menos de 1,6 Ma.



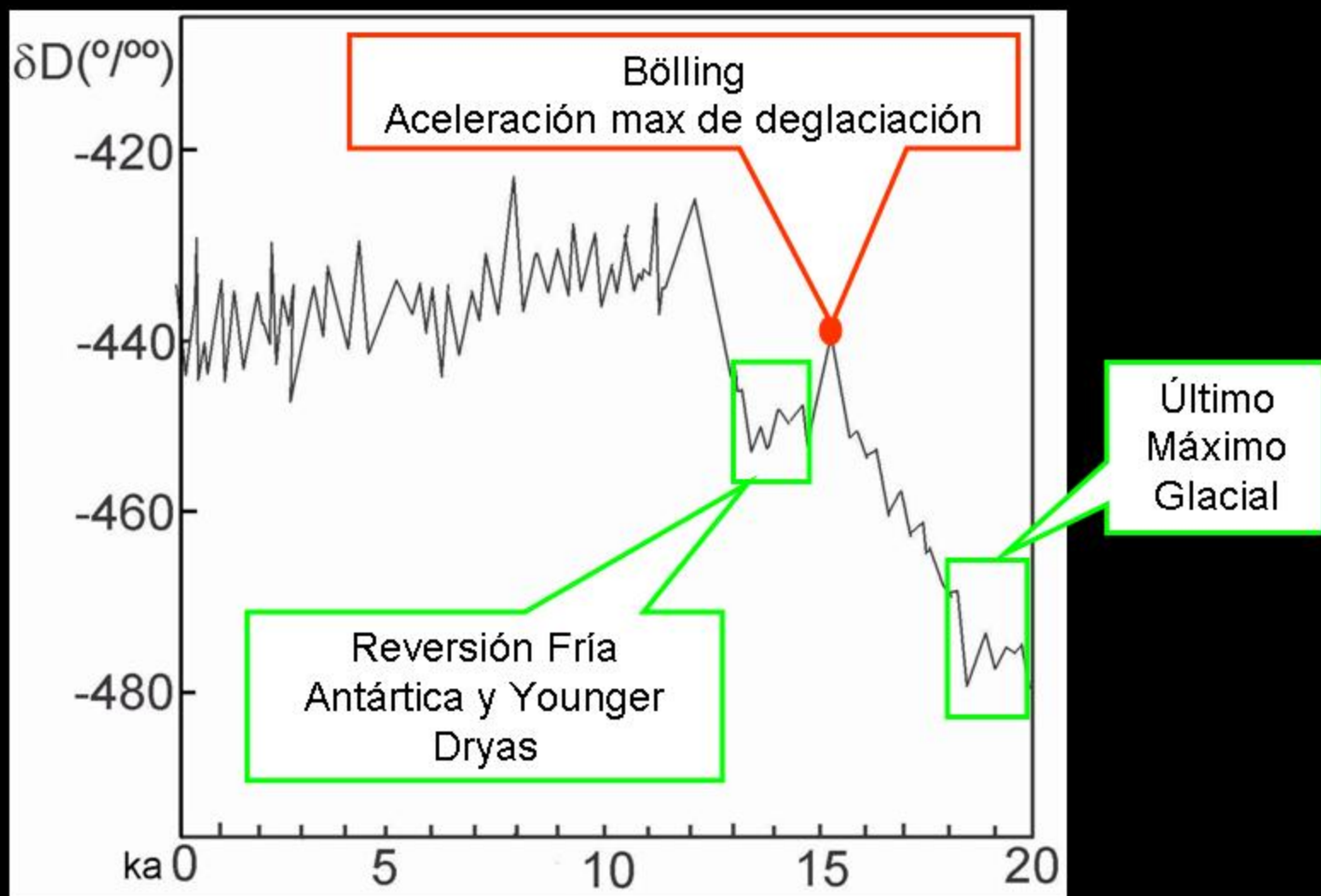
Un glacial en torno a 700 ka A.P.



EL ESTE DE LA REGIÓN PAMPEANA DURANTE EL ÚLTIMO MÁXIMO GLACIAL (20-18 Ka). (Tonni et al., 1999)

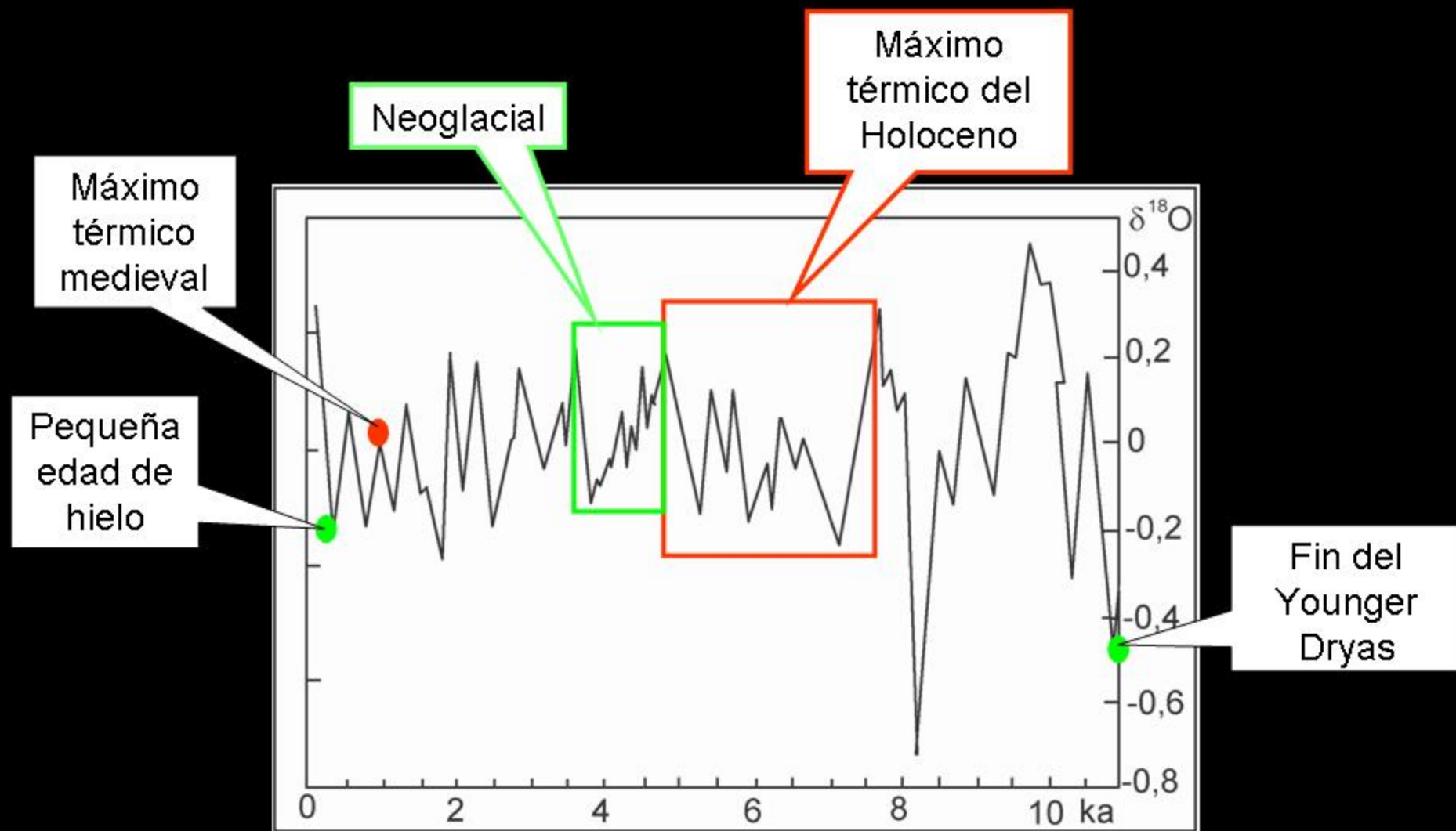


Grandes cambios entre 12 y 20 Ka.



Antártida (Petit et al., 1999)

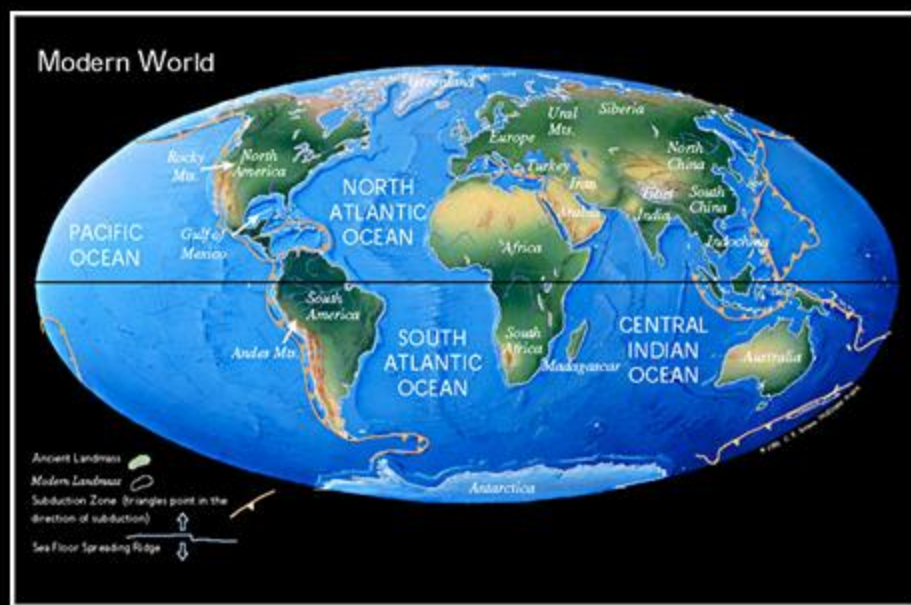
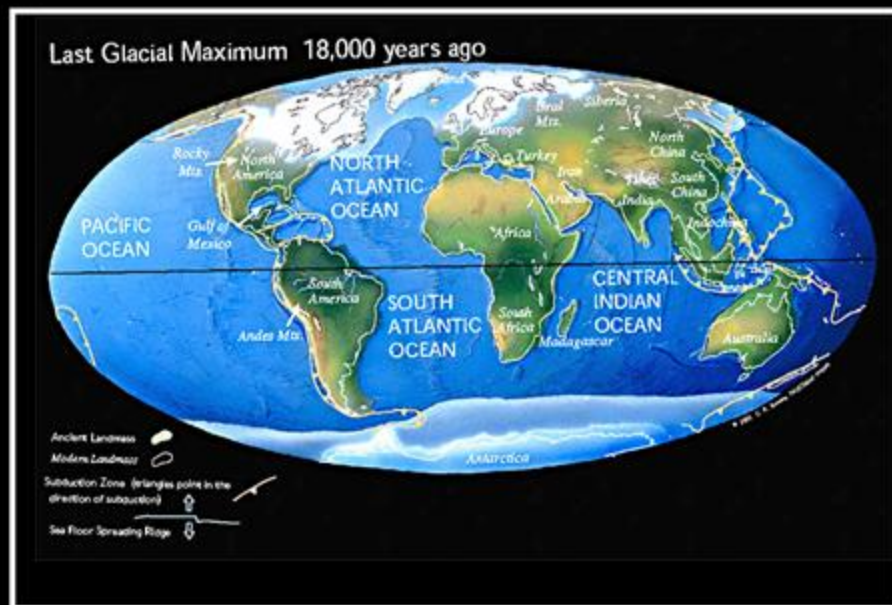
Continúan los cambios hasta la actualidad.



Groenlandia (Alley, 2000)

Introduciendo la hipótesis del Broken Zig-Zag

A. Las oscilaciones climáticas produjeron cambios en el nivel del mar y en los casquetes de hielo.



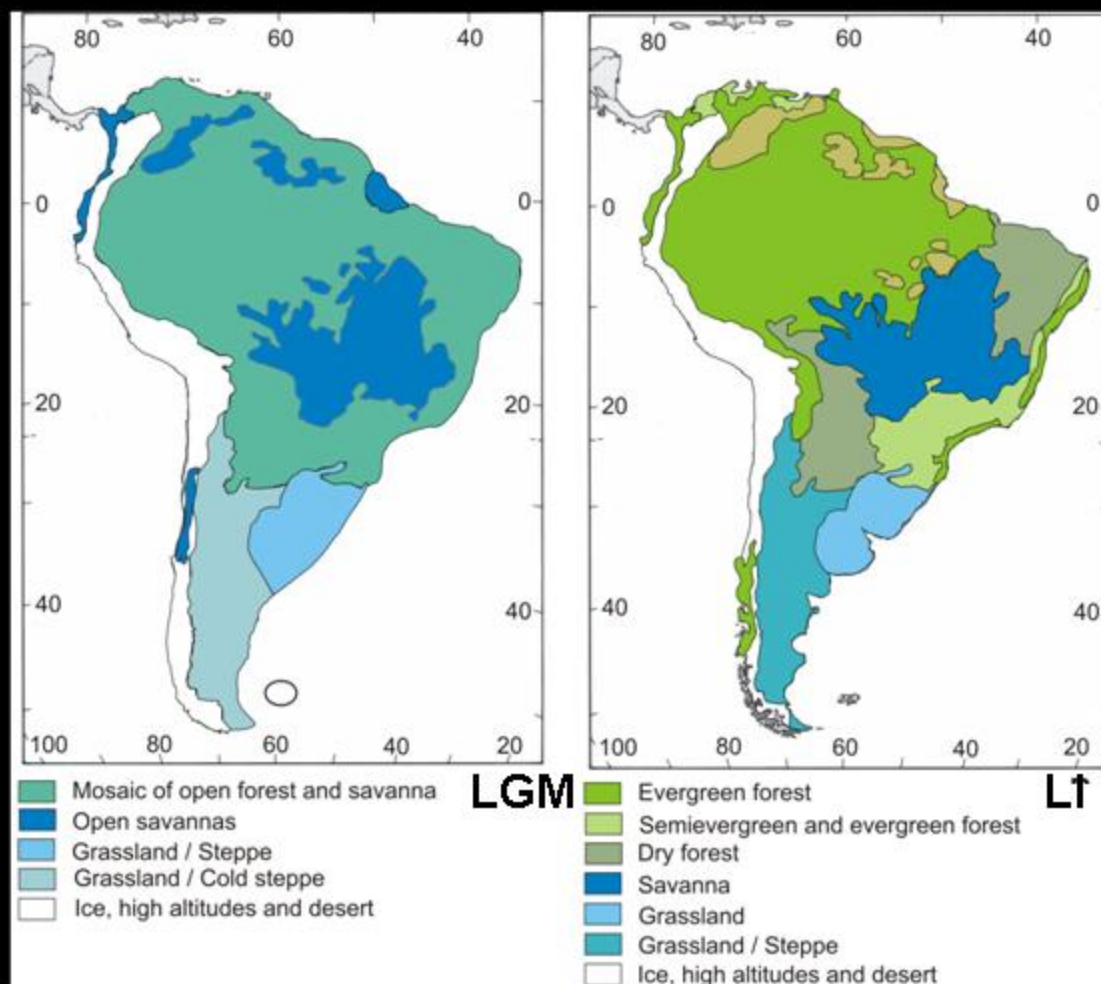
El cambio climático acaecido hacia el interglacial actual no fue **ni más rápido ni de mayor magnitud** que los otros registrados en el lapso Pleistoceno medio-tardío (más de 20).

Introduciendo la hipótesis del Broken Zig-Zag

B. Cambios en las formaciones vegetales

Durante el último máximo glacial (**LGM**, Last Glacial Maximum) las áreas abiertas representaban más del **65%** de la superficie de América del Sur.

Al contrario, en el Interglacial Actual (**LI**, Last Interglacial) ocupan menos del **15%** de la misma superficie.



Introduciendo la hipótesis del Broken Zig-Zag

B. Los cambios en las formaciones vegetales provocaron la reducción de las áreas abiertas, la interrupción del flujo génico y la disminución de la variabilidad genética.

La reducción de las áreas abiertas en el último interglacial produjo la fragmentación de los espacios abiertos y de las poblaciones que originalmente las habitaban y como consecuencia su reducción numérica y su aislamiento en grandes islas de ambientes abiertos.

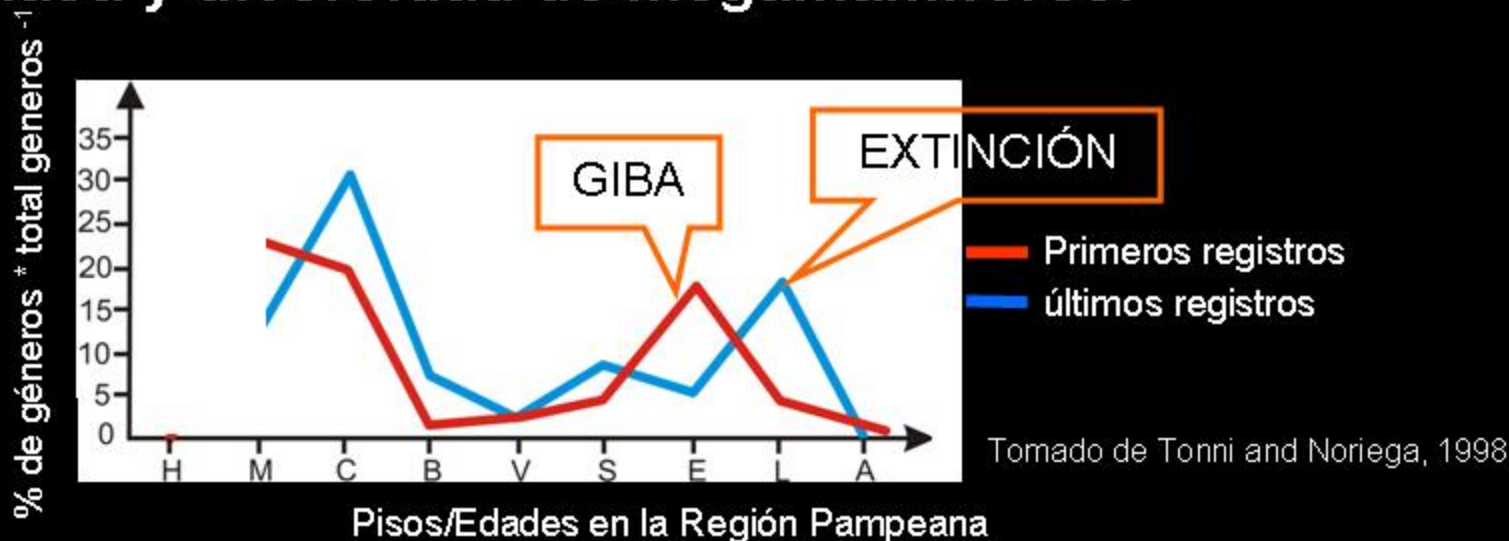
Una consecuencia del aislamiento poblacional es la interrupción del flujo génico.

La principal desventaja producida por la interrupción del flujo génico es la pérdida progresiva de la variabilidad genética necesaria para enfrentar nuevas enfermedades, rigores ambientales, etc. y la emergencia de enfermedades genéticas asociadas a la endogamia.

Por otra parte, las barreras naturales impiden la dispersión para contrarrestar las extinciones locales.

Introduciendo la hipótesis del Broken Zig-Zag

C. Biomasa y diversidad de megamamíferos.



No hay evidencia de que se hayan producido **cambios** en la **diversidad** de grandes y megamamíferos entre los **períodos glaciales** e **interglaciales** en el registro fósil de la Región Pampeana.

En cambio, la **biomasa** seguramente fue **baja** durante los **períodos interglaciales** debido a la reducción de las áreas abiertas y **alta** durante los **glaciales** cuando las áreas abiertas se expandían.

Finalmente, a que denominamos Zig-Zag?

La dramática reducción de las áreas abiertas y de la biomasa (no la diversidad) de los mamíferos adaptados a ambientes abiertos fue provocada por el periódico, aunque relativamente corto, incremento en temperatura y humedad asociado a los períodos interglaciales.

En esos momentos las poblaciones se encontraban seguramente cerca del número mínimo de viabilidad poblacional.

Durante los largos períodos glaciales las poblaciones se recuperaban.

La alternancia de alta y baja biomasa de mamíferos asociada a la expansión/contracción de las áreas abiertas es lo que denominamos Zig-Zag.

Introduciendo la hipótesis del Broken Zig-Zag

E. Poblamiento humano de América del Sur.

La evidencia arqueológica indica que **América del Sur** fue **ocupada** por algunos grupos hacia el **final del Pleistoceno** (alrededor de 14,000-11,000 ac AP).

El **registro más antiguo** ampliamente aceptado para América del Sur (entre **14,220 y 13,980 ac AP**) proviene de Monte Verde, sur de Chile (Dillehay et al, 2008).

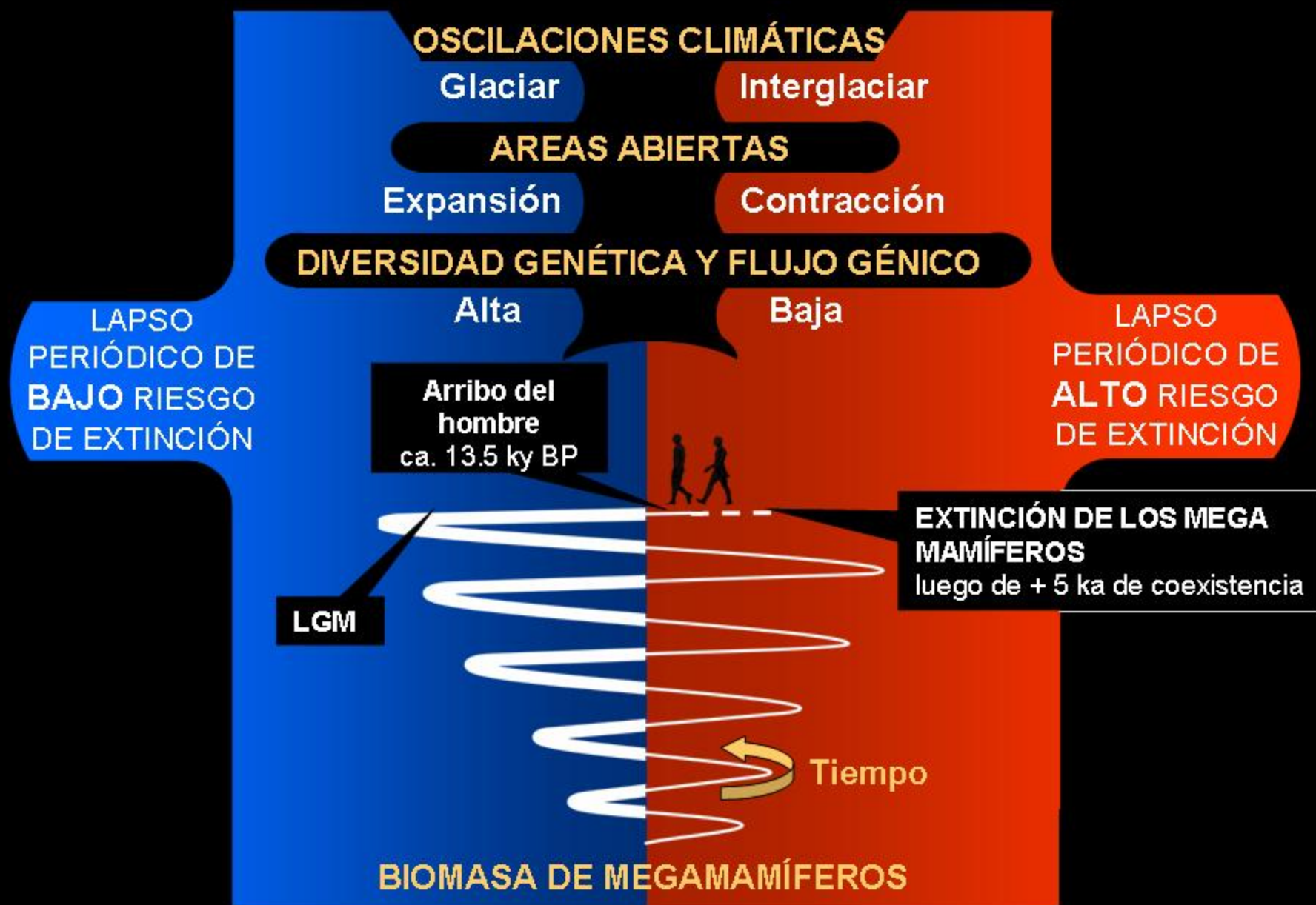
El *arribo de **Homo sapiens** a América del Sur* fue el único **evento** biológico o geológico **singular** ocurrido en el interglacial presente.



Durante el presente interglacial, los humanos ingresaron a America del Sur, coexistieron por unos 5 ka con los megamamíferos y finalmente quebraron el Zig-Zag cuando provocaron la extinción de todos los megamamíferos (19 géneros, 37 especies) y la de prácticamente todos los grandes mamíferos (30 géneros, 46 especies) durante el lapso periódico más desfavorable para estos mamíferos.

Por lo tanto, de los 73 géneros de mega y grandes mamíferos que presumiblemente se encontraban en ese momento, solo 24 sobrevivieron.

Resumiendo la hipótesis del broken Zig-Zag



Discusión

El rol del clima

Fue el cambio climático ocurrido entre el último máximo glacial (LGM) y el interglacial presente el responsable de la extinción?

Muchos arqueólogos y algunos paleontólogos siguen manteniendo que el cambio climático empujó a la megafauna hacia la extinción, pero la evidencia paleoclimática y el registro fósil demuestran que los megamamíferos **sobrepasaron más de 10 cambios de momentos glaciales a interglaciales, en el último millón de años, sin sufrir extinción total.**

Discusión

El rol del hombre

El hombre produjo la extinción cazando **TODOS** los megamamíferos posibles?

Definitivamente no.

No es necesario considerar un escenario de *overkill* o “sobrecaza” para entender el rol del hombre en la extinción de los megamamíferos si consideramos que los **megamamíferos** sufren algunas **limitaciones**, en sus posibilidades de respuesta al stress ambiental, **relacionadas con ciertos parámetros biológicos impuestos por el tamaño durante su historia evolutiva.**



Discusión

Parámetros biológicos relacionados al tamaño.

Edad a la que las hembras alcanzan la madurez sexual

Nos informa cuantos años debe sobrevivir una hembra en el ecosistema hasta dar a luz su primer cría.

En los **megamamíferos terrestres actuales** (elefantes, rinocerontes, hipopótamos, etc) las hembras demoran hasta **17 años** en alcanzar la **madurez sexual**.

En el otro extremo, las hembras de los mamíferos medianos pueden alcanzar la madurez sexual a los 6 meses de vida.



Discusión

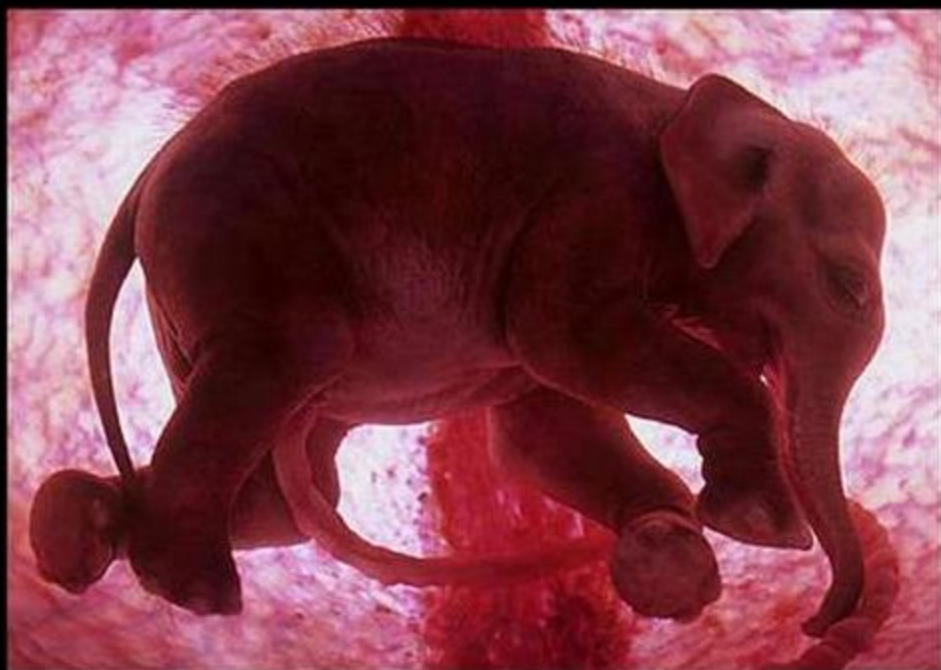
Parámetros biológicos relacionados al tamaño.

Duración del período gestacional

La **duración del período gestacional** se encuentra **positivamente correlacionada** con la **masa** en los euterios actuales.

Si consideramos solo a los mamíferos terrestres, la más prolongada es la del elefante (668 días).

Al menos en el último tercio de este período la hembra es muy vulnerable a los depredadores.



Discusión

Parámetros biológicos relacionados al tamaño.

Tasa reproductiva

Johnson (2002) demostró que la masa corporal está relacionada con la tasa reproductiva y que esta a su vez está relacionada con el riesgo de extinción a niveles semejantes en todos los grupos.

La tasa reproductiva media a la cual el riesgo de extinción alcanza el 50% es menos de 1 cría/año.

También Johnson (2002) identificó algunos grupos en los que la extinción removió especies con masa corporal mucho menor a la utilizada para definir 'megafauna'.

† *A. simus* 0.61 *U. americanus* (Ursidae) 1.18

† *T. floridanus* 0.96 *T. ornatus* (Ursidae) 1.5

† *S. populator* 0.59 *F. concolor* (Felidae) 1.07

(from appendix of Johnson, 2002).



Pero, cuantas crías tiene efectivamente una hembra de megamamífero durante toda su vida?

Por ejemplo, las hembras de elefante pueden dar entre 4 a 5 crías durante toda su vida debido a los largos intervalos entre parto y parto (Nowak and Paradiso, 1983).

Discusión

Parámetros biológicos relacionados al tamaño.

Cuidados parentales

El mantenimiento de un lazo entre la cría y sus padres durante la lactancia y luego del destete es crucial para el desarrollo, crecimiento y protección de la cría. Durante este período la cría recibe protección y aprende la ubicación de las áreas de alimentación, abrevaderos, peligros, etc.

No son raros, entre los megamamíferos, los casos en que los cuidados parentales se prolongan por más de 2 o 3 años.

En aquellas especies que viven en manadas la supervivencia y éxito reproductivo de las crías dependen de su integración apropiada en los roles sociales del grupo.

Se cree que la prolongación de los períodos de lactancia luego de que las necesidades energéticas y nutritivas han sido cubiertas facilita la integración social de los jóvenes.



Discusión

Parámetros biológicos relacionados al tamaño.

Duración de la lactancia o edad de destete.

La duración de la lactancia se encuentra positivamente correlacionada con la masa de la hembra adulta.

El período más prolongado entre los mamíferos terrestres es el de los Proboscidea.

Períodos prolongados (>500 d) son frecuentes en las especies de gran tamaño como kanguros, grandes monos, osos, ballenas, sirénidos, elefantes, y rinocerontes entre los grupos en que alguno de sus miembros supera los 120 días de duración de período lactal, siendo el más largo de aproximadamente 900 días (Hayssen, 1993).



Parámetros biológicos y causas de extinción

Estos parámetros nos indican que los efectos de la **eliminación de hembras**, de una población de megamamíferos, **afectan de manera crucial** al mantenimiento de un número de individuos que posibilite **la viabilidad de la población** y por ende **la de la especie**.



Parámetros biológicos y causas de extinción



Luego de considerar esta información podemos ver como, bajo las condiciones particulares del período **interglacial**, una **presión de caza moderada sostenida durante largo tiempo** puede ser **suficiente** para provocar la **extinción** de estos mamíferos.

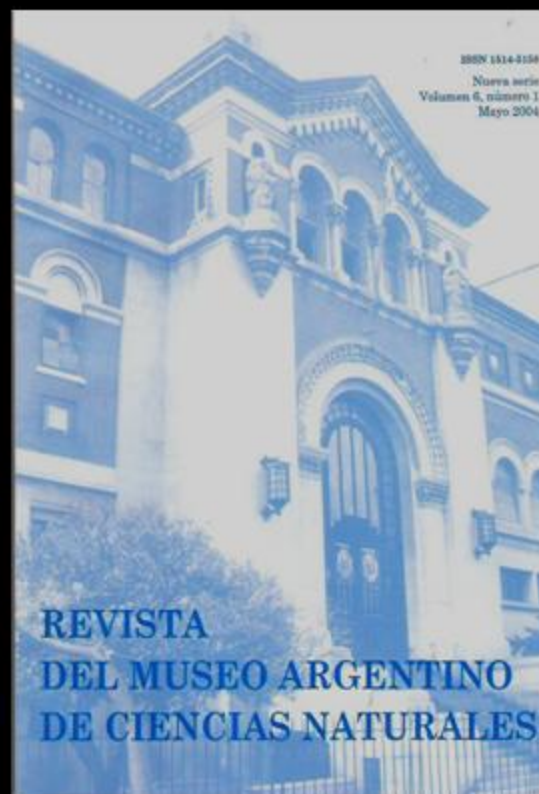




Finalmente, es posible que si el hombre no hubiese arribado la extraordinaria y variada fauna de grandes y megamamíferos, que caracterizó a América del Sur durante el Pleistoceno, podría haberse recuperado y haber sobrevivido como había sucedido tantas veces luego de cada período interglacial.

La hipótesis del Broken Zig-Zag fue desarrollada por tres investigadores de la División Paleontología de Vertebrados del Museo de La Plata.

Cione, A.L., Tonni E.P. & Soibelzon, L.H. 2003. The Broken Zig-Zag: Late Cenozoic large mammal and turtle extinction in South America. Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" 5(1): 1-19.



La hipótesis del Broken Zig-Zag fue desarrollada por tres investigadores de la División Paleontología de Vertebrados del Museo de La Plata.

Cione, A.L., Tonni, E.P. & Soibelzon, L.H. 2009. Did humans caused mammal Late Pleistocene-Holocene extinction in South America in a context of shrinking open areas? **American Megafaunal Extinctions at the End of the Pleistocene**, Springer Publishers, Vertebrate Paleobiology and Paleontology Series. EEUU.

