

BROKEN ZIG-ZAG

Leopoldo H. Soibelzon (*)

Una nueva hipótesis sobre las causas de la extinción de los megamamíferos en América del Sur.

Hace unos 8000 años se extinguieron en América del Sur los últimos sobrevivientes de una fauna de mamíferos gigantes (más de una tonelada de masa) fundamentalmente herbívoros: perezosos terrestres, megaterios, gliptodontes, mastodontes, toxodontes y macrauchenias (Fig. 1). También se extinguieron otros mamíferos

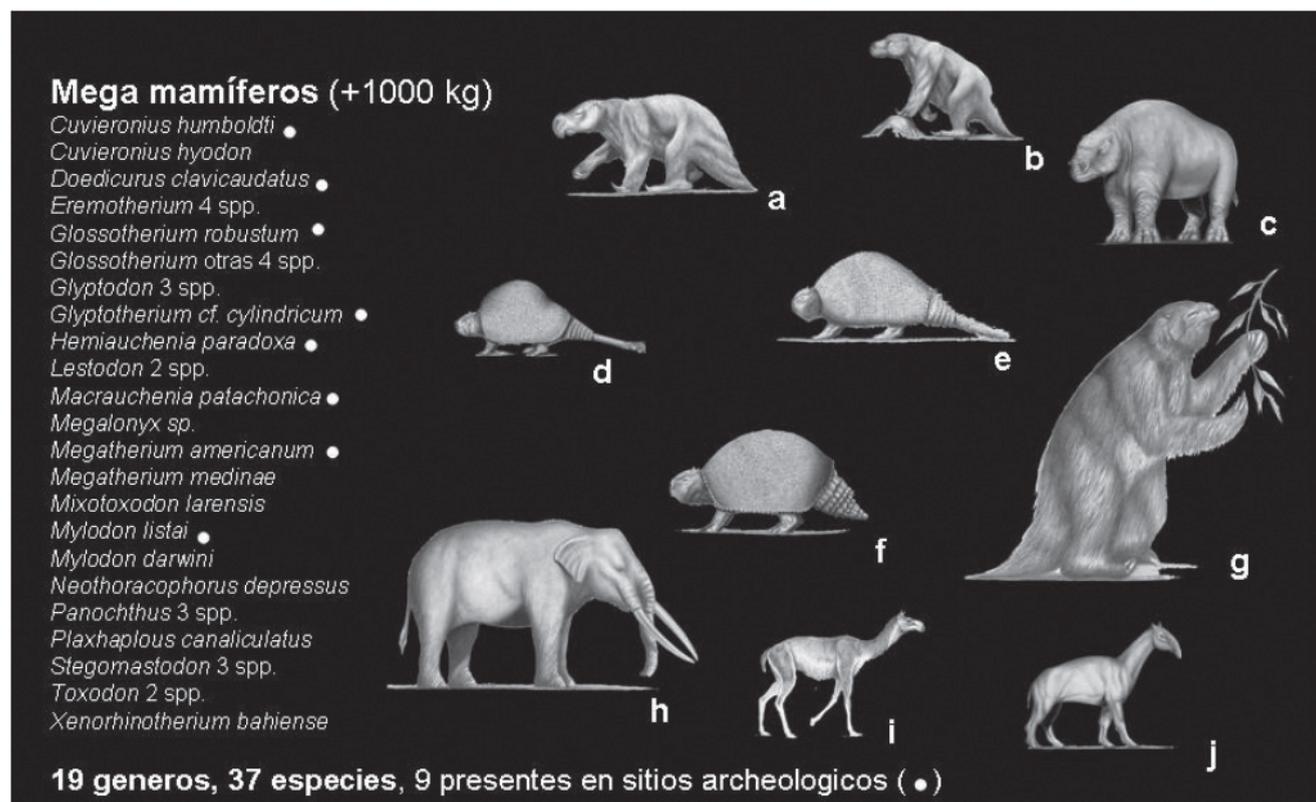
herbívoros y carnívoros de gran tamaño, aunque no gigantes, como ciervos, caballos autóctonos, osos, algunos cánidos y el tigre diente de sable (Fig. 2) entre otros.

Al igual que en otras partes del mundo, en América del Sur durante los últimos 2 millones de años la distribución de la fauna y flora experimentó grandes fluctuaciones

“Y cuando yo vi estos huesos acabé de persuadirme que en esta tierra hubo gigantes”.

Diego de Ocaña. 1607

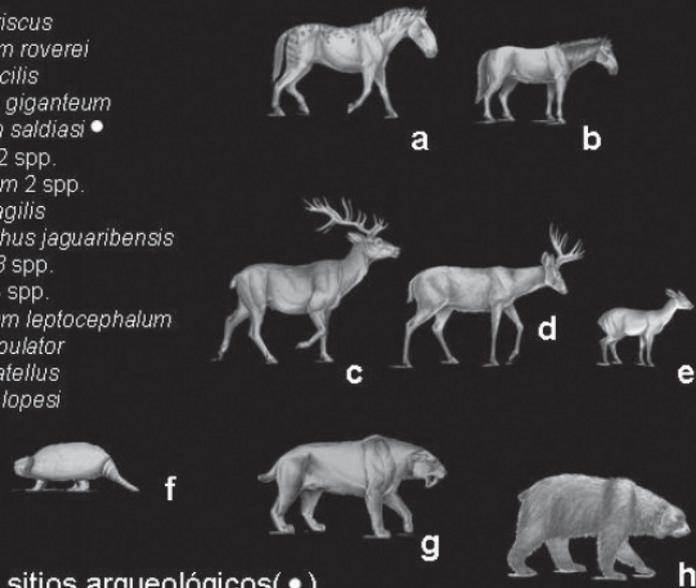
Fig. 1. Algunos megamamíferos sudamericanos. Perezosos terrestres: a. *Mylodon*, b. *Lestodon*; toxodontidos: c. *Toxodon*; gliptodontes: d. *Doedicurus*, e. *Panochthus*, f. *Glyptodon*; perezosos gigantes: g. *Megatherium*; mastodontes: h. *Stegomastodon*; camélidos: i. *Hemiauchenia*; macrauchenidos: j. *Macrauchenia*.



Grandes mamíferos (44 -1000 kg)

Antifer niemeyeri
Arctotherium 3 spp.
Brasiliochoerus stenocephalus
Equus (Amerhippus) neogeus ●
Equus (Amerhippus) otras 4 spp.
Eulamaops paralellus
Eutatus seguini ●
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 saldiassi ●
Palaeolama 2 spp.
Pampatherium 2 spp.
Paraceros fragilis
Parapanochthus jaguaribensis
Propraopus 3 spp.
Scelidodon 3 spp.
Scelidothorium leptocephalum
Smilodon populator
Tapirus cristatellus
Trigonodops lopesi



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

Fig. 2. Algunos grandes mamíferos sudamericanos. Caballos: a. *Hippidion*, b. *Equus*; ciervos: c. *Morenelaphus*, d. *Mazama*; edentados: e. *Neosclerocalyptus*; camívoros: f. *Smilodon* tigre dientes de sable, g. *Arctotherium* oso de rostro corto.

debidas a los numerosos cambios climáticos ocurridos. Sin embargo, a pesar de esos cambios, la única extinción masiva se registró recién entre fines del Pleistoceno y comienzos del Holoceno (hace unos 10.000 años). El resultado de esta extinción fue la extirpación de todos los megamamíferos (37 especies) y 46 especies de grandes mamíferos en el subcontinente.

Varias hipótesis sobre las causas de la extinción han sido formuladas (recuadro 1), entre ellas la más moderna es la denominada hipótesis del *Broken Zig-Zag* (Zigzag Quebrado). Esta hipótesis fue propuesta por tres investigadores de la División Paleontología Vertebrados del Museo de La Plata: Alberto L. Cione, Eduardo P. Tonni y Leopoldo H. Soibelzon (Cione *et al.*, 2003) y actualmente formará parte de un libro sobre extinciones que será publicado en octubre de 2008 (Cione *et al.*, en prensa).

Las oscilaciones climáticas y los cambios en la vegetación

El estudio del clima del pasado

o paleoclima, realizado fundamentalmente sobre muestras de hielo extraídas de perforaciones en regiones polares, evidencia que desde hace unos 400 mil años (Pleistoceno Medio) hubo al menos 20 eventos glaciales e interglaciales. Los períodos interglaciales son generalmente más cortos, húmedos y cálidos y los glaciales más largos, fríos y secos. Hoy vivimos en un período interglacial que comenzó hace unos 11.800 años.

No se han hallado evidencias, que sustenten la idea de algunos científicos, de que los cambios climáticos acaecidos durante el paso del último período glacial y el período interglacial actual difieran sustancialmente de los ocurridos antes. Por lo tanto la hipótesis que señalaba al clima como responsable de la extinción de los megamamíferos no tiene sustento hoy.

Los cambios en el clima produjeron cambios en la distribución de la vegetación. A grandes rasgos podemos dividir la vegetación en generadora de ambientes abiertos (sabanas, desiertos, pastizales,

pampas, estepas, páramos y punas) y cerrados (bosques y selvas).

La alternancia de ambientes abiertos y cerrados es la responsable, como veremos, de la existencia de lapsos más y menos favorables para los megamamíferos. Durante el último período glacial los ambientes abiertos ocupaban el 65% de la superficie de América del Sur, en cambio en el interglacial sólo el 15% (Fig. 3).

Los cambios en la biomasa de megamamíferos

Los megamamíferos eran habitantes de ambientes abiertos y por lo tanto los cambios en la distribución y disponibilidad de estos ambientes al cambiar el clima (de glacial a interglacial) seguramente produjeron cambios en la distribución de los animales, y una disminución extrema de su biomasa (cantidad de individuos por unidad de área). Además, la expansión de ambientes cerrados durante los períodos interglaciales provocó el confinamiento de poblaciones de megamamíferos en "islas" de ambientes abiertos y, por lo tanto,

se interrumpió el intercambio de material genético entre las poblaciones. Esta interrupción pudo haber ocasionado la disminución de la variabilidad genética de la población y la emergencia de enfermedades genéticas ligadas a la endogamia. Las poblaciones empobrecidas genéticamente son más vulnerables a las fluctuaciones ambientales extremas. También pudieron haberse producido extinciones locales no contrarrestadas con inmigración debido a las barreras impuestas por la vegetación.

¿A qué nos referimos con el término Zig-Zag?

El dramático decremento de las áreas abiertas y la reducción extrema de la biomasa de megamamíferos fueron provocados por el incremento periódico de la temperatura y la humedad durante los períodos interglaciales. En esos momentos las poblaciones de megamamíferos se encontraban seguramente cerca del límite inferior de viabilidad poblacional, luego durante los largos períodos glaciales las poblaciones se recuperaban.

Denominamos **Zig-Zag** a la alterancia periódica de mayor y menor biomasa asociada a los cambios en los tipos de vegetación.

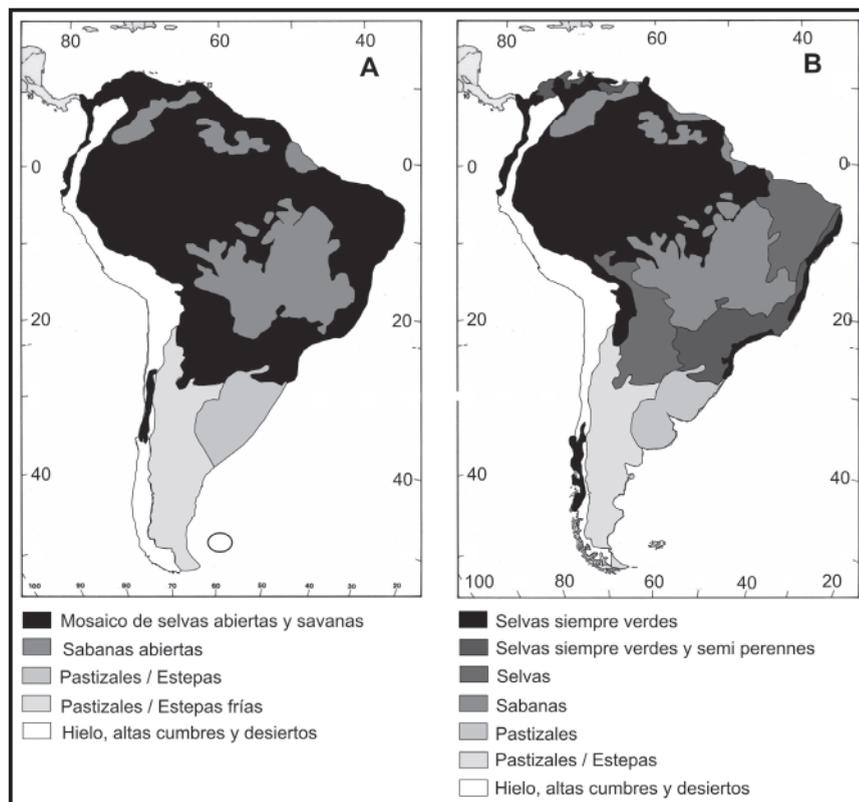


Fig. 3. Mapa de América del Sur mostrando la distribución de los ambientes cerrados y abiertos. A. Durante la última glaciación. B. En el interglacial actual.

De lo antedicho se desprende que los períodos interglaciales representaban lapsos muy desfavorables para los megamamíferos, mientras que durante los períodos glaciales las poblaciones se recuperaban y restablecían.

¿Pero si estas alteraciones en la biomasa sucedieron más de 20 veces durante los últimos 2 millones de

años y los megamamíferos no se extinguieron, que pasó entre los 14 y 8 mil años antes cuando se produjo la extinción y extirpación definitiva de megamamíferos en América del Sur?

Tras que éramos pocos...

Entre 14 y 13 mil años atrás el hombre llegó a América del Sur

Otras hipótesis sobre las causas de la extinción de los megamamíferos

- **Overkill** ("Sobrematanza" Martin, 1967). Sostiene que la extinción se debió a una caza excesiva por parte del hombre.
- **Coevolutionary disequilibrium** ("Desequilibrio coevolutivo" Graham & Lundelius, 1984). Esta hipótesis se basa en que los cambios climáticos producen cambios en la vegetación que rompe con el equilibrio coevolutivo entre la vegetación y la fauna.
- **Keystone herbivore** ("Herbívoros como piedra fundamental" Owen-Smith, 1987). En esta hipótesis se desarrolla la idea de que la eliminación de algunos megaherbívoros produjo un efecto en cascada sobre la vegetación y luego sobre el resto de la fauna.
- **Cambios climáticos** (Ficcarelli *et al.*, 1997; Ochsenuis, 1997). Estos autores creen que la extinción está primariamente relacionada a los cambios en el clima.
- **Infection hypothesis** ("Hipótesis de la infección" Ferigolo, 1999). Hace unos 3 millones de años se elevó el Istmo de Panamá y comenzó el denominado Gran Intercambio Biótico Americano. En el marco de este evento arribó a América del Sur gran cantidad de mamíferos provenientes de América del Norte. Esta novedosa hipótesis se basa en la posibilidad de que los mamíferos inmigrantes trajeran consigo enfermedades para las cuales los megamamíferos (mayormente autóctonos) no tuvieran anticuerpos y la extinción se hubiera producido por epidemias masivas.

Parámetros biológicos relacionados al tamaño en los mamíferos

Los megamamíferos sufren algunas limitaciones en sus posibilidades de respuesta al estrés, relacionadas con ciertos parámetros biológicos impuestos por su tamaño durante la historia evolutiva.

- **Edad a la que las hembras alcanzan la madurez sexual:** nos informa sobre cuántos años debe sobrevivir una hembra hasta dar a luz su primera 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.

- **Duración del período gestacional:** esta variable indica cuánto dura la preñez, uno de los períodos más vulnerables para una hembra adulta en la naturaleza. Nuevamente las hembras de los megamamíferos actuales ostentan récords de hasta 668 días de gestación.

- **Tasa reproductiva:** es la cantidad de crías que puede dar a luz una hembra durante un año. Debido a la duración del período gestacional las hembras de un megamamífero no dan a luz más de una cría por año. Pero en la naturaleza una hembra de un megamamífero no tiene más de 5 ó 6 crías durante toda su vida, debido fundamentalmente a la duración del período gestacional, de la lactancia y de los cuidados parentales. Algunos trabajos de investigación revelaron que el riesgo de extinción se duplica en las especies que tienen menos de

una cría por año.

- **Duración de la lactancia o edad de destete:** En los mamíferos se observa que el período de lactancia puede variar tres órdenes de magnitud (desde 9 días hasta 900). También que la duración de este período está correlacionada positivamente con la masa de las hembras.

- **Extensión temporal de los 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 ó 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.

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.

proveniente de América del Norte dispersándose rápidamente. Este es un evento singular y se lo ha asociado con la extinción de los megamamíferos.

Sin lugar a dudas el hombre cazaba mamíferos, aunque no era un especialista en los mamíferos gigantes. En los sitios arqueológicos más antiguos el mayor número de restos de animales encontrados corresponde al guanaco, pero también se han registrado restos de al menos 9 especies de megamamíferos y 5 de mamíferos de gran tamaño (Figs. 1 y 2).

Algunos autores propusieron que el hombre había provocado la extinción de estos mamíferos realizando una caza intensiva o sobrecacería, *Overkill* (Martin, 1967). Esta hipótesis considera que las excesivas actividades cinegéticas del hombre produjeron la extinción. Entre las principales objeciones a esta hipótesis podemos citar la escasez de restos de megamamífe-

ros en los sitios arqueológicos o de restos fósiles con marcas de haber sido cazados o procesados por el hombre y la prolongada convivencia del hombre y estos mamíferos (~5000 años).

El fin de la convivencia

Teniendo en cuenta que al comienzo del período interglacial el hombre arribó a América del Sur y que coexistió durante unos 5 mil años con los megamamíferos, la hipótesis del *Broken Zig-Zag* propone que él finalmente quebró el Zig-Zag cuando provocó la extinción de todos los megamamíferos y prácticamente todos los grandes mamíferos al cazarlos durante el lapso menos favorable para ellos (Fig. 4).

A diferencia de la hipótesis del *Overkill* la hipótesis del *Broken Zig-Zag* considera que el hombre no realizó una cacería intensiva y focalizada sobre los megamamíferos, sino que formaban parte de las presas cobradas según se presentara la

oportunidad y necesidad.

Por lo tanto esta hipótesis propone que la extinción pudo haberse producido por la conjunción de diferentes factores: el achicamiento de las áreas abiertas (con sus consecuencias), la incidencia negativa de los parámetros biológicos inherentes a los megamamíferos (recuadro 2) y la llegada del hombre quien habría asestado el "golpe de gracia".

Teniendo en cuenta las restricciones impuestas por los parámetros biológicos enumerados en el recuadro 2 podemos ver que las posibilidades de recuperación de las poblaciones de megamamíferos de finales del Pleistoceno (sometidas a estrés ambiental) se hicieron cada vez más bajas a medida que el hombre dieztaba (directa o indirectamente) sus poblaciones hasta empujarlas, luego de 5 mil años de convivencia, a niveles donde la extinción se hizo inevitable.

Es posible que si el hombre no hubiese arribado a América del Sur,

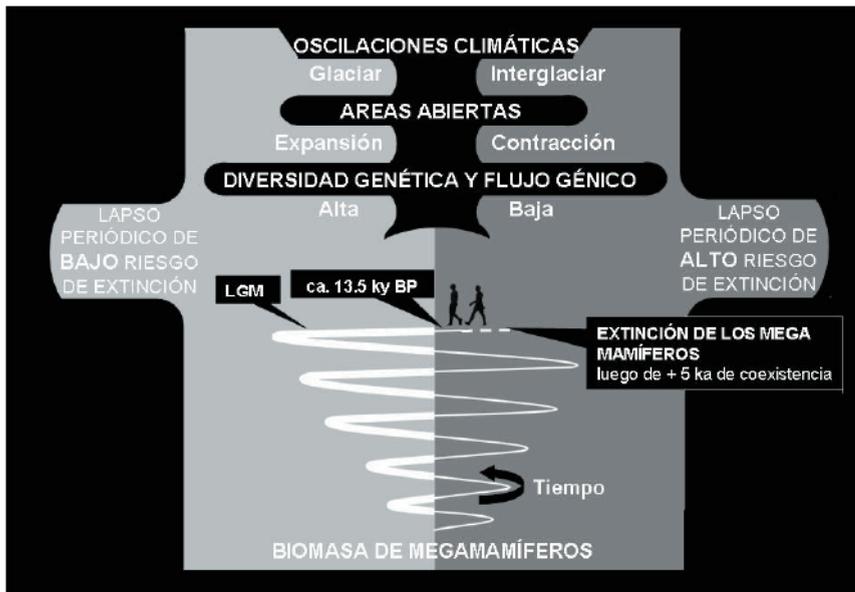


Fig. 4. Esquema sintético de la hipótesis del Broken Zig-Zag.

las poblaciones de megamamíferos se hubieran mantenido durante el presente período interglacial y podido recuperarse cuando los ambientes abiertos y los hielos nuevamente se expandieran y el mar descendiera, dentro de unos pocos miles de años, al inicio de un nuevo período glacial. Esta entonces, aún

sería una tierra de gigantes...

** Investigador del CONICET,
División Paleontología de
Vertebrados, Museo de La Plata.
Docente UNLP. Jefe del Servicio
de Guías del Museo de La Plata.*

Bibliografía citada

Cione, A.L., E.P. Tonni & L. Soibelzon. 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.

Cione, A.L., E.P. Tonni & L. Soibelzon. En prensa. Did humans cause the Late Pleistocene-Early Holocene mammalian extinctions in South America in a context of shrinking open areas? *In: Haynes, G. (ed.), American Megafaunal Extinctions at the End of the Pleistocene. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology Series. Springer, 58 pp.*

Ferigolo, J. 1999. Late Pleistocene South American land-mammal

extinctions: the infection hypothesis *In: Tonni, E.P. & A.L. Cione (eds.), Quaternary vertebrate palaeontology in South America. Quaternary of South America and Antarctic Peninsula* 12:279-310.

Ficcarelli, G., A. Azzaroli, A. Bertini, M. Coltorti, P. Mazza, C. Mezzabotta, M. Moreno Espinosa, L. Rook, & D. Torre. 1997. Hypothesis on the cause of extinction of the South American mastodons. *Journal of South American Earth Sciences* 10:29-38.

Graham, R.W. & E.L. Lundelius Jr. 1984. Coevolutionary disequilibrium and Pleistocene extinctions. *In: Martin, P.S. & R.G. Klein (eds.), Quaternary extinctions. A Prehistoric revolution. The*

University of Arizona Press, Tucson, USA. Pp.223-249.

Martin, P.S. 1967. Prehistoric overkill. *In: Martin P.S. & H. Wright Jr. (eds.), Pleistocene extinctions: the search for the cause. Yale University Press, New Haven. Pp.75-120.*

Ochsenius, C. 1997. The Neogene and Pleistocene savannization of Amazonia. *In: Actas VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Curitiba, Brazil. Pp.462-466.*

Owen-Smith, N. 1987. Pleistocene extinctions: the pivotal role of megaherbivores. *Paleobiology* 13:351-362.