



ID del documento: SAI-Vol.3.N.2.003.2025

Tipo de artículo: Investigación

La Transición Sinápsida-Mamífero: Un Viaje Evolutivo desde la Gran Extinción Pérmica hasta la Dominación Cenozoica

The Synapsid-Mammal Transition: An Evolutionary Journey from the Great Permian Extinction to Cenozoic Dominance

Autor:

Gabriel Claudio Araya Beiza¹

¹GeoPatrimonio, Chile, garayab@udd.cl, <https://orcid.org/0009-0004-1882-2333>

Corresponding Author: Gabriel Araya, garayab@udd.cl

Reception date:05-July-2025 **Acceptance:**09-September-2025 **Publication:**04-November-2025

How to cite this article:

Araya Beiza, G. C. (2025). A La Transición Sinápsida-Mamífero: Un Viaje Evolutivo Desde La Gran Extinción Pérmica Hasta La Dominación Cenozoica. Sapiens Discoveries International Journal, 3(2), 1-18. <https://doi.org/10.71068/9jb38817>



RESUMEN

La Paleontología, como disciplina científica que interpreta la historia de la vida, revela que el origen de los mamíferos constituye uno de los ejemplos más notables de la adaptación evolutiva tras crisis bióticas recurrentes. Este trabajo tiene como objetivo general trazar el recorrido filogenético y cronológico de los mamíferos, desde sus precursores reptiles sinápsidos del Paleozoico Tardío hasta su radiación en el Cenozoico, identificando especies clave y extinciones que moldearon su diversidad actual. Utilizando la Paleontología Sistemática, la Tafonomía y los métodos biocronológicos, incluyendo la correlación de "edades de mamíferos" o SALMA, se determinó que los primeros mamíferos, como *Morganucodon* y *Megazostrodon*, emergieron discretamente de los cinodontes en el Triásico Superior, un fenómeno facilitado por la extinción masiva del Pérmico-Triásico (P/T), que eliminó al 90% de las especies. Posteriormente, la Extinción Cretácico-Paleógeno (K/Pg) hace 66 Ma, que diezmó a los dinosaurios no avianos, actuó como un evento creativo, al liberar nichos que permitieron la rápida radiación adaptativa de los mamíferos placentarios y marsupiales modernos durante los primeros 20 millones de años del Cenozoico.

Palabras clave: sinápsidos; extinción masiva; cinodontes; radiación adaptativa; cenozoico.

ABSTRACT

The Paleontology, as a scientific discipline that interprets the history of life, reveals that the origin of mammals constitutes one of the most notable examples of evolutionary adaptation following recurrent biotic crises. This work's general objective is to trace the phylogenetic and chronological trajectory of mammals, from their synapsid reptile precursors of the Late Paleozoic to their radiation in the Cenozoic, identifying key species and extinctions that shaped their current diversity. By utilizing Systematic Paleontology, Taphonomy, and biocronological methods, including the correlation of "land mammal ages" or SALMA, it was determined that the earliest mammals, such as *Morganucodon* and *Megazostrodon*, emerged discretely from the cynodonts in the Late Triassic, a phenomenon facilitated by the Permian-Triassic (P/T) mass extinction, which eliminated 90% of the species. Subsequently, the Cretaceous-Paleogene (K/Pg) Extinction 66 Ma ago, which decimated non-avian dinosaurs, acted as a creative event by releasing niches that allowed the rapid adaptive radiation of modern placental and marsupial mammals during the first 20 million years of the Cenozoic.

Keywords: synapsids; mass extinction; cynodonts; adaptive radiation; cenozoic.



1. INTRODUCCIÓN

La historia de la vida en la Tierra está marcada por ciclos de diversificación biológica interrumpidos por crisis o extinciones masivas (Bond & Grasby, 2017; Raup & Sepkoski, 1982). Los mamíferos (Clase Mammalia) son el grupo dominante de vertebrados terrestres en la actualidad (Pascual, 1998; Bonaparte, 1990; Rougier, 1996), pero su origen se remonta a una época dominada por otros linajes: la Era Paleozoica y el inicio del Mesozoico (Fernández-López, 2000).

El conocimiento paleontológico, basado en el estudio de los fósiles (evidencias de vida pretérita) (di Pasquo et al., 2007), nos permite reconstruir los procesos evolutivos a través de eventos clave como la especiación, la extinción y la radiación adaptativa (Fernández-López, 2000).

El linaje que eventualmente condujo a los mamíferos se separó de otros grupos de reptiles en el Paleozoico, mucho antes de que los dinosaurios alcanzaran su apogeo.

Estos ancestros, conocidos como sinápsidos o reptiles mamiferoides, representan el tronco basal de la evolución mamífera (Rougier, 1996). El estudio de la polaridad de los caracteres morfológicos —esto es, las relaciones primitivo-derivado entre taxones— ha sido fundamental para establecer las sucesivas "edades de mamíferos" (Cione & Tonni, 1985; Pascual et al., 1965), que han servido para correlacionar yacimientos continentales (Fernández-López, 2000).

El objetivo de este artículo es describir el origen y la evolución temprana de los mamíferos, detallando los linajes ancestrales sinápsidos, las especies y familias clave del Triásico que marcan la aparición de los primeros mamíferos verdaderos, y analizando cómo las extinciones masivas del límite Paleozoico/Mesozoico (P/T) y Mesozoico/Cenozoico (K/Pg) fueron cruciales para su ascenso a la dominación global (Pascual, 1996; Rougier, 1996).

2. DESARROLLO

El Tronco Sinápsido y la Crisis del Pérmico (P-T)

El origen de los mamíferos se encuentra en los sinápsidos, un clado de amniotas (vertebrados con huevo amniótico) que dominó los ecosistemas terrestres del Paleozoico Tardío. Los sinápsidos se distinguen por poseer una única abertura temporal detrás de la órbita en el cráneo (Rougier, 1996).

Los Proto-mamíferos del Paleozoico

El Carbonífero Tardío y el Pérmico vieron la radiación de los sinápsidos, particularmente los pelicosaurios (Rougier, 1996).



- **Especies Representativas:** Un género emblemático de los pelicosaurios del Pérmico es *Dimetrodon*, un carnívoro de aproximadamente 3 metros de longitud que poseía una distintiva "vela" dorsal sostenida por espinas neurales (Rougier, 1996; Fernández-López, 2000).
- **Transición a Reptiles Mamíferoides:** A partir de un grupo de anfibios, los antracosaurios, se originaron los primeros reptiles, y de un linaje sinápsido posterior (los terápsidos), surgirían los antecesores directos de los mamíferos (Rougier, 1996).

La Extinción Pérmico-Triásico (P/T)

A fines del Pérmico, la Tierra sufrió la crisis biológica más severa de toda la historia, conocida como "la madre de todas las extinciones".

- **Magnitud:** Aproximadamente el 50% de las familias y el 90% de las especies se extinguieron (Erwin, 1996; Bond et al., 2010; Burgess et al., 2014).
- **Mecanismo:** La causa primaria fue un mega efecto invernadero desencadenado por enormes efusiones de lava de las Grandes Provincias Ígneas (LIPs) como los basaltos de Siberia (Bond & Grasby, 2017; Ernst & Youbi, 2017; Cui & Kump, 2015), provocando un calentamiento global que perduró hasta el Jurásico.
- **Sobrevivientes Clave:** Este evento fue devastador para los tetrápodos terrestres (Benton, 1989). De las 48 familias presentes, 36 se extinguieron (cerca del 75%) (Benton, 1989). Sin embargo, el linaje mamíferoide sobrevivió, destacando la radiación de los *Dicynodontes* (grandes herbívoros) y los *Cinodontes* (carnívoros) a principios del Triásico (Rougier, 1996).

La Aparición del Linaje Mamífero en el Triásico

El Período Triásico (251.9 Ma a 201.3 Ma) fue la era de recuperación de la biota. Los reptiles dicinodontes, que fueron los herbívoros dominantes del Pérmico, experimentaron una gran radiación temprana, originando formas robustas como *Ischigualastia*, del porte de un rinoceronte.

El Nexa Evolutivo: *Cynognathus*

Los cinodontes (*Cynognathus* y formas afines) son de gran interés evolutivo porque ya habían adquirido diversos rasgos morfológicos propios de los mamíferos, lo que les valió el nombre de reptiles mamíferoides (Rougier, 1996).

- **Familias Representativas:** Los cinodontes pertenecen al linaje que dio origen a los mamíferos (Rougier, 1996).



- Rasgos Mamíferoides: Su anatomía avanzada incluía el tipo de paladar, la estructura del oído medio y la morfología de los dientes (Rougier, 1996).
- Distribución: La presencia de *Cynognathus* en Sudáfrica y Sudamérica (Mendoza, Argentina) reafirma la continuidad de las áreas terrestres de ambos continentes tras la crisis P/T (Rougier, 1996).

Los Primeros Mamíferos Verdaderos

Los mamíferos se definen por la posesión de una serie de sinapomorfías (caracteres derivados) que distinguen a un grupo monofilético.

- Especies Clave: Los mamíferos más antiguos conocidos son Morganucodon (descubierto en el Triásico Superior de Europa y China) y Megazostrodon (del Triásico Superior de África del Sur) (Rougier, 1996).
- Características: Eran formas pequeñas, con un cráneo de solo unos centímetros de longitud (Rougier, 1996). Se infiere que eran insectívoros y de hábitos nocturnos (Rougier, 1996).

Sobrevivencia Mesozoica (Jurásico y Cretácico)

El Mesozoico se conoce como la "Edad de los Reptiles", un tiempo dominado por los arcosaurios (dinosaurios, cocodrilos, pterosaurios). Los mamíferos permanecieron a la sombra de los dinosaurios (Rougier, 1996).

Diversificación de Linajes Antiguos

Durante el Jurásico y Cretácico, los mamíferos experimentaron una notable diversificación, aunque la mayoría de estos linajes se extinguieron antes del límite K/Pg (Rougier, 1996).

- Linajes Mesozoicos Extintos: Se extinguieron numerosos linajes, como los pantoterios, los simetrodontos y los triconodontos (Rougier, 1996).
- Linajes Mesozoicos Sobrevivientes: Los multituberculados lograron sobrevivir hasta mediados del Cenozoico (Rougier, 1996). En la Patagonia argentina, el grupo Gondwanatheria, emparentado con los multituberculados, muestra dientes molares altos y grandes incisivos, sugiriendo hábitos roedores (Rougier, 1996;).
- Aparición de Modernos: Los mamíferos "modernos", es decir, marsupiales (Metatheria) y placentarios (Eutheria), comenzaron a ser abundantes recién en el Cretácico Tardío (Rougier, 1996). La mayoría de los mamíferos cretácicos eran insectívoros (Rougier, 1996).

La Extinción K/Pg y la Dominación Cenozoica

La extinción masiva de fines del Cretácico (K/Pg, 66 Ma) fue la segunda en importancia. Este evento marcó el fin de la Era Mesozoica (Benedetto, 2018).



- Extinción Selectiva: Lo más espectacular fue la desaparición de los dinosaurios no avianos y los pterosaurios (Rougier, 1996).
- Sobrevivencia Mamífera: Los mamíferos euterios (placentarios y marsupiales), presentes desde el Cretácico Temprano, sortearon el límite K/Pg sin mayores consecuencias y se expandieron rápidamente (Rougier, 1996). Esto se considera un hecho fortuito o contingente.

Radiación Adaptativa Cenozoica y la Fauna Sudamericana

La extinción K/Pg generó nuevas oportunidades para las especies sobrevivientes (Rougier, 1996). El Cenozoico (66 Ma) estuvo signado por fuertes cambios climáticos, desde el Máximo Térmico Paleoceno/Eoceno hasta el enfriamiento generalizado y las glaciaciones.

Familias Modernas y Colonización Marina

La diversificación rápida de los mamíferos ocurrió durante los primeros 20 millones de años del Cenozoico, incluyendo la colonización del medio marino.

- Descendientes Actuales (Acuáticos): Con la extinción de los grandes reptiles marinos (ictiosaurios, mosasaurios, plesiosaurios), los mamíferos ocuparon ese nicho (lobos, leones, elefantes de mar, delfines y ballenas) (Rougier, 1996). Sus antecesores más antiguos datan del Eoceno y derivan de formas terrestres carnívoras (Rougier, 1996).

Aislamiento y Endemismo en Sudamérica

La evolución de las faunas de mamíferos sudamericanos (SALMA, *South American Land Mammal Ages*) se llevó a cabo bajo condiciones de relativo aislamiento geográfico durante gran parte del Cenozoico (Simpson, 1964; Cione & Tonni, 1985; Pascual, 1998).

- Episodio Gondwánico (Cretácico Tardío - Paleógeno): Durante este lapso, Sudamérica estaba conectada con Australia y Antártida (Pascual, 1996). Los mamíferos endémicos Dryolestidae y Gondwanatheria (roedores) se diferenciaron en este episodio (Bonaparte, 1990; Pascual, 1996). El hallazgo de un ornitorrinco (grupo originario de Australia) en el Paleoceno Inferior de Patagonia (Pascual et al., 1992) sugiere que la Antártida actuó como corredor biogeográfico (Vizcaíno et al., 1998).
- Episodio Sudamericano (Eoceno - Mioceno Tardío): La extinción de los mamíferos endémicos gondwánicos y la entrada de marsupiales y placentarios desde Laurasia marca este inicio (Pascual, 1996). El aislamiento promovió una vasta radiación adaptativa (Simpson, 1964), resultando en los ungulados sudamericanos autóctonos (Litopternos,



Notoungulados, Astrapoterios, Xenungulados, Piroterios) y los Edentados (Megaterios, Gliptodontes, Armadillos) (Pascual, 1996).

- Viejos Saltadores de Islas: La aparición de roedores placentarios y monos del Nuevo Mundo (Platirrinos, procedentes de África) en el Eoceno-Oligoceno (Valenzuela-Toro et al., 2025) se explica por dispersión fortuita a través de rutas oceánicas (Simpson, 1964).

El Gran Intercambio Biótico Americano (GIBA)

El último gran recambio faunístico, el Episodio Neotropical (Mioceno Tardío en adelante), ocurrió con la formación del Istmo de Panamá, que conectó plenamente América del Sur y América del Norte.

- Resultado: Este evento (GIBA) determinó que cerca del 50% de las especies actuales de mamíferos terrestres sudamericanos sean de origen holártico (Simpson, 1964).
- Especies Inmigrantes: Mamíferos como pumas, llamas, cánidos, équidos (ej. *Hippidion*), y félidos (*Smilodon*) ingresaron progresivamente desde el norte. Las formas endémicas sudamericanas (megaterios, gliptodontes) emigraron hacia el norte (Carlini et al., 2008).

3. METODOLOGÍA

Esta investigación se desarrolló mediante una revisión bibliográfica sistemática que integró tres fuentes principales: literatura paleontológica clásica y filogenética, estudios tafonómicos y trabajos biocronológicos. La selección de las fuentes se basó en su relevancia para reconstruir la evolución del linaje sinápsido-mamífero, priorizando artículos y monografías que aportaran datos sobre morfología comparada, preservación del registro fósil y correlación temporal de faunas. La combinación de estos enfoques permite analizar, de manera complementaria, la secuencia de aparición de sinapomorfías, los sesgos tafonómicos que afectan su preservación y el marco temporal en el que se diversifican los principales clados relacionados con el origen de los mamíferos.

La reconstrucción de la compleja historia evolutiva que culminó en la Clase Mammalia, abarcando más de 250 millones de años y dos extinciones masivas, se fundamenta en un análisis científico y una revisión bibliográfica sistemática (di Pasquo et al., 2007). La Paleontología, como ciencia histórica y factual, interpreta retrospectivamente los datos observables en el registro fósil para inferir la dinámica de los procesos paleobiológicos. La Paleontología Básica incluye las ramas de Paleobiología, Tafonomía y Biocronología.

El presente estudio emplea una aproximación metodológica integrada que coteja la literatura paleontológica clásica, los principios de la Tafonomía Evolutiva y las



herramientas de la Sistemática Filogenética. Los criterios de selección se centraron en estudios de Paleobiología que analizan la polaridad de los caracteres morfológicos (primitivo vs. derivado) para establecer el orden temporal de aparición de sinapomorfías (Fernández-López, 2000), y en trabajos de Biocronología que calibran las tasas de recambio faunístico y la duración de las unidades biocronológicas (Pascual et al., 1965; Cione & Tonni, 1985).

La integración de estos subsistemas conceptuales es fundamental:

- La literatura paleontológica clásica y filogenética (Rougier, 1996; Hennig, 1966) aporta las cladogramas base y los datos de morfología funcional (Rougier, 1996), esenciales para establecer las relaciones de parentesco y definir los linajes clave (e.g., Cinodontes, Mammaliaformes), abordando el quién evolucionó y cuáles fueron las sinapomorfías.
- La Biocronología establece el marco temporal, permitiendo la correlación de las faunas continentales (SALMA) y la datación de la rápida divergencia Cenozoica, abordando el cuándo ocurrió (Fernández-López, 2000;).
- La Tafonomía actúa como filtro epistémico, siendo crucial para interpretar la parcialidad y el sesgo del registro fósil. Los sistemas paleobiológicos solo son escrutables si se dispone de datos tafonómicos, lo cual es indispensable para justificar la supervivencia selectiva de los mamíferos pequeños en el K/Pg (Fernández-López, 2000).

Principios Fundamentales

La investigación se basa en los presupuestos lógicos que guían la interpretación retrospectiva en Paleontología:

- Postulado de Producción: Sostiene que el fósil es una entidad tafonómica generada indirectamente por entidades paleobiológicas (Fernández-López, 2000;).
- Principio de Correlación Orgánica: Las partes de un organismo son complementarias, lo que permite determinar el resto del organismo. La Anatomía Comparada es crucial para rastrear las transformaciones anatómicas desde los sinápsidos.
- Principio de Morfología Funcional: En este estudio se aplica para interpretar transformaciones clave en el linaje sinápsido, analizando estructuras que presentan relación directa entre forma y función. Se consideran variables como: la configuración de la mandíbula y la transición de la articulación cuadrado-articular a dentario-escamosal; el grado de diferenciación dental (incisivos, caninos, postcaninos); la reducción progresiva de los huesos postdentarios y su desplazamiento hacia el oído medio. Ejemplos representativos incluyen cinodontes como *Thrinaxodon* y *Probainognathus*, cuyas características morfofuncionales permiten inferir modos de vida y estrategias adaptativas asociadas al origen de los primeros mammaliaformes (Rougier, 1996).



- **Planteamiento Sistemista:** Se utiliza un enfoque que considera las entidades investigadas como sistemas organizados (Fernández-López, 2000), dotando de mayor solidez lógica a los conceptos paleontológicos desarrollados.

Biocronología y Calibración Temporal

La Biocronología, como rama de la Paleontología Básica, se encarga del ordenamiento temporal de los eventos biológicos, distinto de la escala Geocronológica (Fernández-López, 2000).

- **Principio de Biocronología:** Se establece el orden cronológico de las entidades paleobiológicas. La Biocronología se emplea como marco temporal comparativo para ubicar la diversificación de los principales linajes sinápsidos y mammaliaformes. En este estudio se utilizan las Edades de Mamíferos Sudamericanos (SALMA) como referencia temporal para correlacionar faunas continentales del Cenozoico temprano y analizar la recuperación evolutiva posterior al evento K/Pg. Las SALMA seleccionadas (Tiupampense, Peligrense y Río Chubutense, entre otras) permiten contextualizar la radiación de los grupos basales de mamíferos sudamericanos y comparar sus secuencias de reemplazo faunístico con las tendencias globales. Estas unidades se integran al análisis para relacionar la aparición de ciertos clados con eventos paleobiogeográficos como el aislamiento gondwánico o el inicio del Gran Intercambio Biótico Americano (primitivo vs. derivado) (Fernández-López, 2000).
- **SALMA (South American Land Mammal Ages):** Las SALMA definen divisiones informales (solo formalizadas en Argentina) de la escala geológica de tiempo mediante el uso de la fauna de mamíferos sudamericanos, abarcando desde 64.5 Ma (Paleógeno) hasta el Holoceno. Estas unidades biocronológicas (Cione & Tonni, 1985; Pascual et al., 1965) se basan en la identidad taxonómica de los ensambles continentales. Las SALMA son cruciales para fechar la radiación endémica de grupos autóctonos sudamericanos como el Orden Xenungulata, Litopterna, Notoungulata y el Suborden Gondwanatheria. Al calibrar los límites de las SALMA (e.g., Ituzaingó, Montehermosan) con dataciones radioisotópicas y magnetoestratigrafía, se establece la cronología de los Episodios Gondwánicos y se cuantifican los efectos del Gran Intercambio Biótico Americano (GIBA).

Tafonomía y Registro Fósil

La Tafonomía, definida como la disciplina que estudia los procesos de fosilización y la formación de los yacimientos de fósiles, es un subsistema conceptual crucial de la Paleontología.

La Tafonomía se divide en dos subsistemas principales:



- Bioestratinomía (Lawrence, 1968): Estudia las modificaciones experimentadas desde la producción biogénica (ej., la muerte o el descarte de exuvios) hasta el enterramiento final.
- Fosildiagénesis (Müller, 1963): Se ocupa de los procesos posteriores al enterramiento. Incluye mecanismos de alteración como la carbonificación (enriquecimiento en carbono), la mineralización (adición o sustitución de componentes minerales) y la cementación (mecanismo por adición, como la permineralización de tejidos).

Modelo Sistemista y Análisis de Sesgos

Se aplica el Modelo de Modificación Tafonómica y Retención Diferencial, en oposición al modelo de destrucción selectiva:

- Retención Diferencial: Este modelo establece que la fosilización es un proceso no-paleobiológico que no implica pérdida o disminución de la información paleobiológica, sino que puede incrementar la información tafonómica. La conservación diferencial es un efecto, no una causa, de la fosilización (Fernández-López, 2000).
- Reelaboración Tafonómica: Se investiga el grado de remoción para identificar fósiles reelaborados (remanié), que son más antiguos que la roca que los contiene. Esta distinción es crucial para la Biocronología, ya que permite atribuirles una edad más antigua a estos fósiles que a las rocas circundantes (Fernández-López, 1990).
- Análisis Démico/Adémico: Se utiliza el concepto de ademia (Fernández-López, 1990) para referirse a entidades paleobiológicas inferidas a partir de elementos registrados que se encuentran fuera de su área de vida. Esto es esencial para distinguir los organismos registrados en su lugar de vida (eudémicos) de aquellos que llegaron por dispersión (adémicos), como los monos y roedores en Sudamérica.

Filogenia Molecular y Cladística

La Sistemática Filogenética (Cladismo) es la teoría y práctica de la taxonomía basada en el trabajo de Willi Hennig (1966).

- Cladismo como Método: El cladismo busca estimar las relaciones de grupos hermanos (*sister-groups*) y los grados de parentesco, agrupando los taxones en clados (grupos monofiléticos) basados en sinapomorfías. Los datos morfológicos de los fósiles (Rougier, 1996), son fundamentales para conferir dimensión temporal a los eventos evolutivos y permiten la calibración del reloj molecular.
- Limitación y Homoplasia: El análisis cladístico debe resolver el problema de la homoplasia, donde las semejanzas no reflejan un ancestro común directo. Esto incluye la convergencia (semejanzas producidas por genes



diferentes) y el paralelismo (semejanza producida por los mismos genes en ancestros aislados).

- Integración Biogeográfica: El análisis cladístico de área se emplea reemplazando cada clado por su lugar geográfico. La congruencia entre los cladogramas de diferentes grupos permite inferir la ocurrencia y el orden de los eventos de vicarianza (rupturas continentales), un mecanismo clave en la evolución de las faunas mamíferas de Gondwana (Morgan, 1968).

4. RESULTADOS

El origen y la diversificación de los mamíferos son inseparables de los eventos de recambio faunístico y extinción masiva, especialmente en la transición Mesozoico-Cenozoico.

Tabla 1. Cronología y Familias Clave en el Origen y Radiación de los Mamíferos

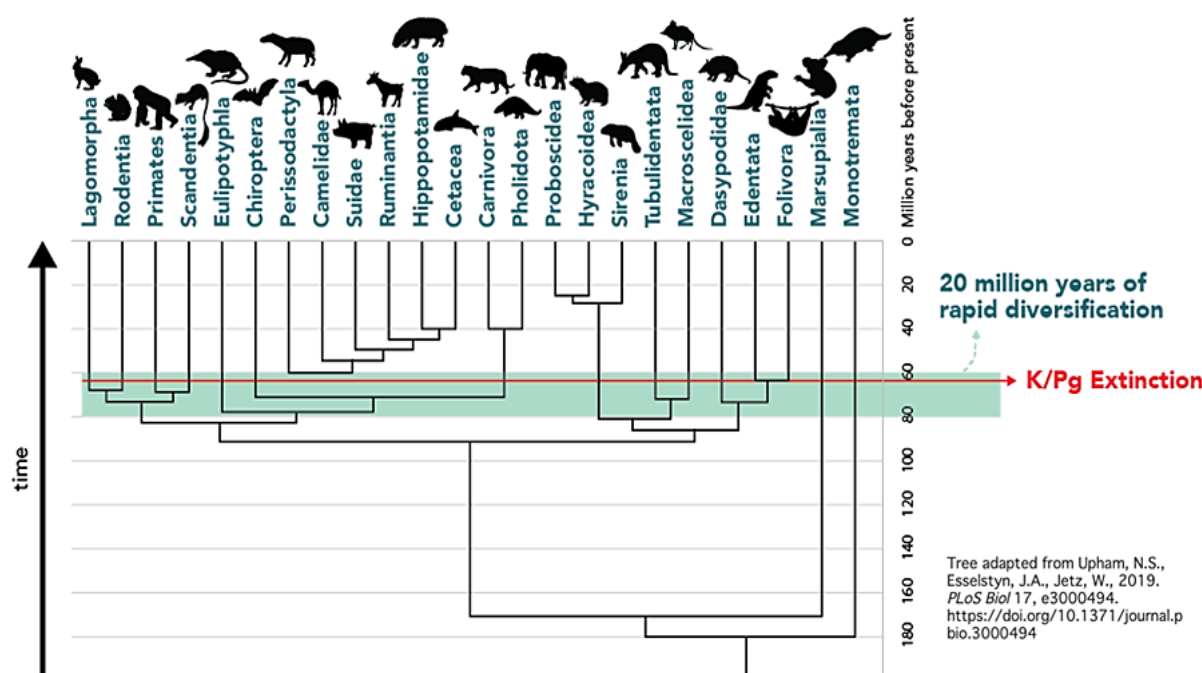
Periodo (Edad)	Antigüedad (Ma)	Linajes Clave	Especies/Géneros Representativos	Evento Biótico Mayor
Pérmico Tardío	~252 Ma	Sinápsidos Terápsidos	<i>Dicynodon</i> , <i>Lystrosaurus</i> (superviviente P/T)	Extinción P/T (90% especies). Causa: Volcanismo Siberiano, calentamiento global.
Triásico Tardío	~220 Ma	Cinodontes / Mamaliaformes	<i>Cynognathus</i> (reptil mamiferoide); Morganucodon, Megazostrodon (mamíferos más antiguos).	Radiación de Cinodontes. Primeros mamíferos (insectívoros nocturnos).
Jurásico/Cretácico	201 - 66 Ma	Mamíferos Mesozoicos	Multituberculados (supervivientes); Pantoterios, Triconodontos (extintos antes K/Pg). Marsupiales y Placentarios (abundantes en Cretácico Tardío).	Edad de los Reptiles. Supervivencia mamífera a la sombra de los Dinosaurios.
Límite K/Pg	66 Ma	Placentarios y Marsupiales	Los euterios y metaterios sobreviven al impacto de Chicxulub/Volcanismo Decán.	Extinción K/Pg (40% géneros extintos). Desaparición de los Dinosaurios no avianos.
Paleógeno (Paleoceno-Eoceno)	66 - 34 Ma	Radiación Cenozoica	Ungulados autóctonos sudamericanos (Litopternos, Xenungulados, Piroterios); Ornitorrinco patagónico; Mamíferos marinos basales (Eoceno).	Comienzo del Episodio Sudamericano. Colonización de nichos terrestres y marinos.
Neógeno (Mioceno-Holoceno)	< 23 Ma	Félidos, Camélidos, Cánidos	Pumas, Llamas, équidos, Megaterios, Gliptodontes.	Gran Intercambio Biótico Americano (GIBA). Fusión de faunas Holárticas y Sudamericanas. Extinción de la



Periodo (Edad)	Antigüedad (Ma)	Linajes Clave	Especies/Géneros Representativos	Evento Biótico Mayor
				Megafauna del Pleistoceno.

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes citadas.

Figura 1. La Explosión Cenozoica de los Mamíferos



Fuente: Cladograma adaptado de Upham et al., 2019 que ilustra la rápida divergencia de los órdenes de mamíferos modernos (Placentarios) en los 20 millones de años posteriores a la Extinción K/Pg (66 Ma).

La cladograma muestra que la divergencia de la mayoría de los órdenes de mamíferos actuales (como Primates, Rodentia, Carnívora, Chiroptera, Cetácea, Proboscidea, entre otros) ocurrió inmediatamente después del evento K/Pg. La extinción masiva K/Pg desempeñó un papel creativo al generar nuevas oportunidades para los sobrevivientes, llevando a una rápida diversificación.

Especies y Descendientes Actuales

La radiación cenozoica dio lugar a los tres grandes grupos actuales de mamíferos, con notables ejemplos de evolución convergente:

- **Monotremas:** Los monotremas más antiguos (como el ornitorrinco) se registraron en el Paleoceno inferior de Patagonia, demostrando una conexión biogeográfica a través de la Antártida con Australia (Pascual et al., 1992; Vizcaíno et al., 1998). Sus descendientes actuales son el ornitorrinco y los equidnas.



- Marsupiales (Metatheria): Entraron a Sudamérica a fines del Cretácico (Pascual, 1996) y ocuparon roles de carnívoros, insectívoros y roedores (Rougier, 1996).
- Placentarios (Eutheria): Este grupo experimentó la mayor diversificación.
 - Fauna Endémica Sudamericana: Los Edentados (Superorden Xenarthra), como los perezosos, los armadillos y los megaterios (perezosos gigantes) y gliptodontes (similares a armadillos gigantes), se originaron en el aislamiento sudamericano (Pascual, 1996).
 - Mamíferos Marinos: Los Cetáceos (ballenas y delfines) son descendientes de formas carnívoras terrestres del Eoceno. El perfil hidrodinámico de los delfines es un caso de evolución paralela notable con los reptiles ictiosaurios mesozoicos.
 - Inmigrantes del GIBA: La fauna moderna de la región andina, como los pumas y las llamas/vicuñas (camélidos), son inmigrantes nórdicos recientes que llegaron a través del Istmo de Panamá.

5. DISCUSIÓN

El Impacto Creativo de las Extinciones Masivas

El registro fósil de los mamíferos demuestra que su éxito evolutivo estuvo directamente vinculado a las extinciones masivas, las cuales, a pesar de su carácter catastrófico, generaron vacantes ecológicas que propiciaron la radiación adaptativa (Fernández-López, 2000).

El evento K/Pg (Cretácico-Paleógeno) es el ejemplo paradigmático. Los grandes dinosaurios no avianos y los pterosaurios no lograron adaptarse y reconvertir su dieta ante las nuevas condiciones climáticas y ambientales (Keller, 2008). En contraste, los mamíferos euterios, siendo generalmente más pequeños e insectívoros (Rougier, 1996), lograron sortear la crisis. Los ecosistemas terrestres post-K/Pg, libres de la depredación y la competencia de los grandes reptiles, fueron rápidamente repoblados por mamíferos que se diversificaron en un fenómeno explosivo de especiación.

Biogeografía y Endemismo como Motor Evolutivo

El largo periodo de aislamiento geográfico de Sudamérica, como un "continente-isla", fue crucial para la diferenciación de los mamíferos (Simpson, 1964; Pascual, 1996).

Los patrones biogeográficos, ya sean causados por la deriva continental o por la formación de barreras oceánicas (Westermann, 2000), explican la aparición de faunas endémicas.

La fauna sudamericana es un mosaico de eventos migratorios escalonados (Simpson, 1964):



- Estrato I (Gondwánico/Sudamericano): Autóctonos como los ungulados sudamericanos y edentados, que se originaron y radiaron en el aislamiento (Pascual, 1996).
- Estrato II (Viejos Saltadores): Monos y roedores placentarios, cuya colonización en el Eoceno-Oligoceno se debió a dispersión por azar a través de barreras marinas.
- Estrato III (GIBA o Neotropical): La conexión a través del Istmo de Panamá, que permitió la entrada masiva de faunas Holárticas (Pumas, Llamas) (Simpson, 1964). El GIBA no solo supuso la inmigración, sino también la extinción de muchas formas arcaicas de ungulados locales, lo que demuestra que la diversificación no siempre fue pacífica (Pascual & Ortiz Jaureguizar, 1990).

La Extinción de la Megafauna del Pleistoceno

La historia evolutiva de los mamíferos culmina con un evento de extinción reciente, a fines del Pleistoceno y comienzos del Holoceno.

- Fenómeno Global: Este evento, que afectó a la megafauna (mamíferos con peso superior a una tonelada, como megaterios, gliptodontes y mastodontes) (Cione et al., 2003), ocurrió a nivel mundial (Barnosky & Lindsey, 2010).
- Causas en Debate: En Sudamérica, la coexistencia de los humanos con la megafauna hasta hace unos 5.500 años (la edad más reciente a nivel mundial, salvo en Siberia) (Coltorti et al., 2012) sugiere la implicación del hombre, ya sea por caza intensiva o por la alteración del ambiente natural (Barnosky & Lindsey, 2010; Cione et al., 2003). La hipótesis climática es menos plausible, ya que los grandes mamíferos habían sobrevivido a numerosos ciclos glaciales/interglaciales anteriores (Barnosky & Lindsey, 2010).

6. CONCLUSIÓN

El origen de los mamíferos, desde el punto de vista evolutivo, es un testimonio de la resiliencia biológica frente a la catástrofe geológica. La historia comenzó en el Paleozoico Tardío con los sinápsidos (Fernández-López, 2000), y se consolidó en el Triásico Superior con la aparición de formas como *Morganucodon* (Rougier, 1996), justo cuando los arcosaurios iniciaban su apogeo.

La Era Mesozoica, la edad de los dinosaurios, fue una fase de supervivencia en la que los mamíferos perfeccionaron su plan corporal (Rougier, 1996). El evento K/Pg (66 Ma) no solo puso fin al reinado de los dinosaurios no avianos, sino que actuó como el catalizador definitivo para la explosión cenozoica, dando lugar a la inmensa diversidad de marsupiales y placentarios actuales. La posterior historia



biogeográfica, especialmente el aislamiento de Sudamérica y el Gran Intercambio Biótico Americano, configuró la distribución faunística moderna (Simpson, 1964).

Finalmente, este linaje evolutivo, favorecido por la contingencia y los nichos liberados, culminó en el desarrollo del género *Homo* a partir de antecesores australopitecinos en África, demostrando la profundidad temporal y la relevancia de la Paleontología en la comprensión de nuestra propia historia (Rougier, 1996).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agnolín, F. L. & Novas, F. E. (2013). *Avian Ancestors*. SpringerBriefs in Earth System Sciences.

Agnolín, F. L., Motta, M. J., Brissón Egli, F., Lo Coco, G., & Novas, F. E. (2019). Paravian phylogeny and the dinosaur-bird transition: An overview. *Frontiers in Earth Science*. www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2018.

Álvarez, L. W., Álvarez, W., Asaro, F., & Michel, H. V. (1980). Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208(4448), 1095-1108.

Barnosky, A. D. & Lindsey, E. L. (2010). Timing of Quaternary megafaunal extinction in South America in relation to human arrival and climate change. *Quaternary International*, 217, 10-29.

Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T., Marshall, C., McGuire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B., & Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471, 51-57.

Benedetto, J. L. (2018). *El continente de Gondwana a través del tiempo. Una introducción a la Geología Histórica* (3ra ed.). Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Argentina.

Benton, M. J. (1989). Patterns of the Triassic tetrapod extinctions. In *Global Catastrophes in Earth History*. Geological Society of America, Special Paper 247.

Benton, M. J. (1993). *The Fossil Record of Vertebrates*. Chapman & Hall.

Bond, D. P. G. & Grasby, S. E. (2017). On the causes of mass extinctions. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 478, 3-29.

Bond, D. P. G. & Wignall, P. B. (2014). Large igneous provinces and mass extinctions: an update. In G. Keller & A. C. Kerr (Eds.), *Volcanism, Impacts and Mass Extinctions: Causes and Effects*. Geological Society of America Special Paper, 505, 29-55.



- Bond, D. P., Hilton, J., Wignall, P. B., Jason, R. A., & Stevens, L. G. (2010). The Middle Permian (Capitanian) mass extinction on land and in oceans. *Earth-Science Reviews*, 102, 100–116.
- Bonaparte, J. F. (1990). New Late Cretaceous mammals from the Los Alamos Formation, Northern Patagonia. *National Geographic Research*, 6, 63–93.
- Burgess, S. D., Bowring, S., & Shen, S.-Z. (2014). High-precision timeline for Earth's most severe extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 3316–3322.
- Carlini, A. A., Zurita, A. E., Scillato-Yané, G. J., Sánchez, R., & Aguilera, O. (2008). North American Glyptodontines (Xenarthra, Mammalia) in the Upper Pleistocene of Northern South America. *Paläontologische Zeitschrift*, 82, 125–138.
- Cione, A. L., & Tonni, E. P. (1985). Chronostratigraphy and 'land mammal ages' in the Cenozoic of southern South America: Principles, practices and the 'Uquian' problem. *Journal of Paleontology*, 69, 135–159.
- Cione, A. L., Tonni, E. P., & Soibelzon, L. (2003). The Broken Zig-Zag: Late Cenozoic large mammals and turtle extinction in South America. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales 'Bernardino Rivadavia'*, 5, 1–19.
- Cione, A. L., et al. (23 autores). (2007). Mamíferos continentales del Mioceno tardío a la actualidad en Argentina: cincuenta años de estudios. En S. Archangelsky, T. M. Sánchez, & E. P. Tonni (Eds.), *Ameghiniana 50º Aniversario*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 11, 257–178.
- Coltorti, M., et al. (2012). Megafauna survival in the Bolivian Chaco. *Quaternary International*, 281, 103–113.
- Cui, Y., & Kump, L. R. (2015). Global warming and the end-Permian extinction event: Proxy and modeling perspectives. *Earth-Science Reviews*, 149, 5–22.
- di Pasquo, M., Amenábar, C. R., Azcuy, C. L., & Camacho, H. H. (2007). Paleontología. En H. Camacho (Ed.), *Invertebrados Fósiles I* (pp. 1–23). Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Ernst, R. E., & Youbi, N. (2017). How Large Igneous Provinces affect global climate, sometimes cause mass extinctions, and represent natural markers in the geological record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 478, 30–52.
- Erwin, D. H. (1996). La mayor extinción biológica conocida. *Investigación y Ciencia*, (Septiembre), 62–69.



- Fernández-López, S. (1990). El significado de la autoctonía / aloctonía tafonómica. En S. Fernández-López (Coord.), *Comunicaciones de la Reunión de Tafonomía y Fosilización* (pp. 115–124). Departamento Paleontología, Universidad Complutense Madrid.
- Fernández-López, S. R. (2000). *Temas de Tafonomía*. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid.
- Hennig, W. (1966). *Phylogenetic Systematics*. University of Illinois, Urbana.
- Morgan, W. J. (1968). Rises, trenches, great faults and crustal blocks. *Journal of Geophysical Research*, 73, 1959–1972
- Pascual, R. (1996). Late Cretaceous-Recent land-mammals: An approach to South American geobiotic evolution. *Maztozoología Neotropical*, 3, 133–152.
- Pascual, R. (1998). The history of South American land mammals: the seminal Cretaceous-Paleocene transition. En *Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártica*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 5, 9–18.
- Pascual, R., Archer, M., Ortiz Jaureguizar, E., Prado, J. L., Godthelp, H., & Hand, S. J. (1992). First discovery of monotremes in South America. *Nature*, 356, 704–705.
- Pascual, R., Ortega Hinojosa, E. J., Gondar, D., & Tonni, E. (1965). Las edades del Cenozoico mamalífero de la Argentina, con especial atención a aquellas del territorio bonaerense. *Anales de la Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires*, 6, 165–193.
- Raja, N. B., Dunne, E. M., Matiwane, A., Khan, T. M., Nätscher, P. S., Ghilardi, A. M., & Chattopadhyay, D. (2022). Colonial history and global economics distort our understanding of deep-time biodiversity. *Nature Ecology & Evolution*, 6(2), 145–154.
- Raugier, G. W. (1996). Los mamíferos mesozoicos. *Ciencia Hoy*, 6(32), 1–8.
- Simpson, G. G. (1964). *Evolución y Geografía. Historia de la fauna de América Latina*. Editorial Universitaria de Buenos Aires, EUDEBA, 87 p.
- Smith, R. M. H., & Ward, P. D. (2001). Pattern of vertebrate extinction across an event bed at the Permian-Triassic boundary in the Karoo Basin of South Africa. *Geology*, 29, 1147–1150.
- Stigall, A. L. (2012). Speciation collapse and invasive species dynamics-during the Late Devonian "Mass Extinction". *GSA Today*, 22, 4–9.



Stigall, A. L., Bauer, J. L., Lam. A. R., & Wright, D. F. (2017). Biotic immigration events, speciation, and the accumulation of biodiversity in the fossil record. *Global and Planetary Change*, 148, 242–257.

Valenzuela-Toro, A. M., Viglino, M., & Loch, C. (2025). Historical and ongoing inequities shape research visibility in Latin American aquatic mammal paleontology. *Communications Biology*.

Vizcaíno, S. F., Pascual, R., Reguero, M. A., & Goin, F. (1998). Antarctica as background of mammalian evolution. En *Paleógeno de América del Sur y de la Península Antártida*. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 5, 199–209.

Westermann, G. E. G. (2000). Biochore classification and nomenclature in paleobiogeography: an attempt to order. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 158, 1–13.

Declaración de Conflicto de Intereses: El autor declara que no presenta conflictos de intereses relacionados con este estudio y confirman que todos los procedimientos éticos establecidos por esta revista han sido rigurosamente respetados. Asimismo, garantizan que este trabajo es inédito y no ha sido publicado, ni parcial ni totalmente, en ninguna otra revista académica.