

LA EXTINCIÓN DE LA MEGAFAUNA DEL PLEISTOCENO. ¿ANÁLOGA CON LA ACTUAL?



VÍCTOR ALAMINOS MIRANDA

DIRECTOR: JOSÉ IGNACIO CANUDO

2024

ÍNDICE

1. Resumen/Abstract.....	2
2. Planteamiento y antecedentes.....	2
2.1. Planteamiento del TFM.....	2
2.2. ¿Qué es la megafauna del Cuaternario?.....	3
2.3. Las Causas de la extinción.....	4
2.4. Panorama actual de la Biodiversidad.....	5
3. Objetivos.....	6
4. Metodología.....	6
5. Marco paleontológico y biológico.....	7
6. Resultados.....	13
6.1. Pleistoceno.....	13
6.1.1. Norteamérica.....	13
6.1.2. Eurasia.....	17
6.1.3. Sudamérica.....	21
6.1.4. Australia.....	24
6.1.5. Sudeste Asiático.....	27
6.1.6. África.....	28
6.2. Actualidad.....	30
6.2.1. Cambio climático.....	30
6.2.2. Actividades humanas.....	32
6.2.3. Especies en peligro de extinción.....	34
7. Discusión general.....	45
7.1. Cuantificación de especies extintas en el Pleistoceno y correlación entre los eventos climáticos y demográficos.....	45
7.2. Comparación de la tasa de extinción del Pleistoceno frente a la actual.....	47
8. Conclusiones.....	50
Bibliografía.....	50

1. RESUMEN/ABSTRACT

La extinción de la megafauna del Pleistoceno fue un evento importante. Las teorías más aceptadas para explicar este evento de extinción son el cambio climático y la actividad humana. Estudios recientes muestran que pudo ser una combinación de ambas. De acuerdo con los estudios paleoclimáticos y paleontológicos, el cambio climático redujo sus hábitats, así como sus fuentes de alimento y poblaciones, volviéndose más vulnerables a la presión humana al momento de su llegada. Actualmente, una significativa extinción está sucediendo causada por la actividad humana. Al mismo tiempo, un drástico calentamiento global se ha acelerado en las últimas décadas. El número de especies extintas y amenazadas ha ascendido muy rápidamente por ambos factores. Esto podría convertirse en el mayor evento de extinción en la historia de la Tierra.

Palabras clave: Pleistocene, cambio climático, actividad humana, extinción, calentamiento global.

The Pleistocene megafauna extinction was an important event. The most accepted theories to explain this extinction event are climate change and human activity. Recent studies show that it may be a combination of both. According to paleoclimates and paleontologist studies, climate change decreased their habitats, as well as their food sources and populations, making them more vulnerable to human pressure at the moment of its arrival. Currently, a significant extinction by human activity is occurring. At the same time, drastic global warming has been speeding up in the last decades. The number of extinct and threatened species has risen very quickly by both factors. It could become the largest extinction event in Earth's history.

Key-words: Pleistocene, climate change, human activity, extinction, global warming.

2. PLANTEAMIENTO Y ANTECEDENTES

2.1. PLANTEAMIENTO DEL TFM.

Los eventos del cambio climático y la aparición del ser humano coincidieron con la extinción de la megafauna a finales del Pleistoceno, pero ¿cuál y en verdad fue esta la causa?.

Este evento ha sido ampliamente estudiado desde hace más de un siglo, pero en las últimas décadas el interés científico ha aumentado con gran intensidad. Los estudios y conocimientos

que se tienen a día de hoy son amplios y la información extensa, la bibliografía actual está compuesta por trabajos sobre el clima, el paleoambiente y la fauna, así como la cronología de las especies extintas y su distribución geográfica. Las principales investigaciones han sido realizadas en Norteamérica y Eurasia, pero abarcan una extensión global.

El Pleistoceno estuvo marcado por una temperatura global 6 grados más baja que la actualidad. Las masas polares tenían una extensión mayor y el nivel del mar era más de 100 m más bajo, respecto a la actualidad. La expansión del hielo polar cambió el clima global, creando una amplia gama de ecosistemas con especies de animales adaptadas para vivir en estas condiciones ambientales.

2.2. ¿QUÉ ES LA MEGAFAUNA DEL CUATERNARIO?

La Extinción de la Megafauna se define como “*taxones de mamíferos con masas corporales estimadas superiores a 44 kg que se han extinguido regional o globalmente desde la transición Pleistoceno-Holoceno*”; (Boulanger y Lyman, 2014). La Megafauna del Pleistoceno estaba formada por una amplia variedad de animales de gran tamaño, tanto herbívoros como carnívoros. En cada continente predominaba una megafauna adaptada a climas y hábitat diferentes. Las extinciones de esta megafauna sucedieron en momentos diferentes en cada continente al final del Pleistoceno. Norteamérica tenía un clima más fresco y húmedo, los hábitats variaban desde grandes praderas abiertas con escasa vegetación arbustiva en el oeste hasta bosques de taiga y caducifolios en el este (Halligan, 2013). La megafauna dominante extinguida fueron grandes proboscídeos como los mamuts y mastodontes, grandes depredadores como los félidos de dientes de sable, osos de cara corta, algunas especies de perezoso terrestre y grandes herbívoros como bisontes, caballos y camellos (Broughton y Weitzel, 2018).

Sudamérica estaba formada por amplias praderas y sabanas tropicales, rodeando los bosques tropicales del Amazonas muy reducidos en el norte, mientras estepas de clima frío ocupaban la región sur. La megafauna sudamericana extinta fueron los perezosos terrestres gigantes como *Megatherium*, los gliptodontes antepasados del armadillo y el grupo de los meridiungulados. En Eurasia los glaciares de la plataforma Escandinava llegaban hasta el norte de Gran Bretaña y Alemania, creando un clima muy frío y seco en Europa. El paisaje estaba formado por un ambiente de estepa-tundra llamado “*la estepa del mamut*” que se

extendía desde el noroeste de Iberia, pasando por el centro de Europa-Siberia hasta Alaska. La fauna de este ecosistema estaba formada por animales adaptados al frío extremo, como el mamut lanudo, el rinoceronte lanudo, el megalocero, el león de las cavernas y algunas especies actuales que habitan en climas similares. Australia presentaba un clima muy similar al actual con periodos de sequía extrema y una megafauna dominada por marsupiales gigantes. El sudeste asiático tenía un clima y vegetación muy similar al actual pero formado por ambientes de bosque cerrado, sabana abierta o mixtos, la megafauna extinta fueron numerosas especies de proboscídeos y ungulados, además de algunas especies de antílopes o primates (Louys y Meijord, 2010). África era muy similar a la actualidad, pero con una distribución de vegetación muy diferente, las especies extintas fueron principalmente ungulados como bóvidos y antílopes, mientras que el resto de la megafauna sobrevivió siendo la única que persiste en la actualidad (Faith, 2014; Steele, 2007; Wroe y Field, 2004).

2.3. LAS CAUSAS DE LA EXTINCIÓN.

La causa de este evento de extinción ha sido tema de debate, pero durante décadas han surgido numerosas hipótesis para explicar las extinciones ocurridas en cada continente al final del Pleistoceno. Se van a revisar brevemente algunas de ellas para contrastar la relación y los efectos sobre la megafauna del Pleistoceno.

Cambio Climático: El final del Pleistoceno estuvo marcado por el aumento de la temperatura global, provocando la retirada de las masas glaciares y la alteración del clima. Estudios paleoclimáticos y ambientales demuestran que al mismo tiempo sucedieron cambios en la vegetación. Esta teoría propone que el cambio climático causó la pérdida de hábitats de muchas especies de la megafauna, reduciendo sus fuentes de alimento a zonas muy limitadas con poblaciones igualmente reducidas, creando condiciones insuficientes y precarias para su supervivencia (Broughton y Wietzel, 2018).

Actividades y caza humana: Durante el Pleistoceno sucedió otro evento importante, la expansión del ser humano. La salida de África del *Homo sapiens* significó la colonización de nuevas áreas de caza y recolección, para obtener nuevos recursos necesarios para su supervivencia junto con la capacidad de modificar el paisaje para adaptarlo a sus necesidades. Algunos eventos de extinción coinciden estrechamente con la llegada del ser humano a un nuevo continente, con pruebas relacionadas con la caza de grandes herbívoros y

modificaciones del paisaje como son los incendios intencionados (Price, 2023). La teoría sugiere que la caza de animales de gran tamaño con ritmos de reproducción lento y poblaciones de baja densidad fueran vulnerables ante los cazadores primitivos (Grayson, 1984; Barnosky et al., 2004; Stuart, 2005; Meltzer, 2020).

Enfermedades: La llegada del ser humano hacia nuevos territorios pudo provocar la transmisión de enfermedades a las especies autóctonas, que no podían hacer frente causando una epidemia y la muerte (Boulanger y Lyman, 2014). No hay pruebas fehacientes de esta teoría, pero existen estudios paleontológicos sobre las heces de especies de perezosos que determinan las enfermedades parasitarias (Bocherens et al., 2017).

Impacto extraterrestre: Unos estudios indican que alrededor de 12.900-12.800 años ocurrió un impacto meteorítico. Se han descubierto esférulas en el sudeste de Estados Unidos en norteamérica y en otras partes del mundo en este intervalo temporal. El impacto lanzaría partículas de polvo a la atmósfera provocando alteraciones en el clima con un modelo climático similar propuesto para el evento del límite Cretácico-Paleógeno. Este impacto y estas alteraciones coinciden con el breve periodo de enfriamiento del principio del Younger Dryas, pero los autores suponen que su impacto sería solo a escala regional y no afectaría a la megafauna a nivel global (Firestone et al., 2007 y Kring et al., 2001).

2.4. PANORAMA ACTUAL DE LA BIODIVERSIDAD.

Actualmente, está sucediendo un cambio climático provocado por el aumento de las temperaturas, causando la alteración del clima del planeta a un ritmo muy acelerado desde la revolución industrial que se incrementó tras el final de la segunda guerra mundial en un periodo de tiempo muy reducido hasta la actualidad. Ahora estamos en el último pico del periodo interglacial actual siendo mayor en comparación con los anteriores (Velásquez, 2021). Estos cambios se ven reflejados en la pérdida de hielo polar, el ascenso del nivel del mar, la frecuencia de fenómenos climáticos extremos y la acidificación de los océanos. Al mismo tiempo, ocurre un nuevo evento de extinción con miles de especies amenazadas por la pérdida de hábitat, la caza y el cambio climático, con un ritmo de extinción tan acelerado que puede considerarse como la Sexta Extinción Masiva (García, 2020; Torres-Romero et al., 2020). Ambos eventos ahora están siendo provocados por la actividad humana.

3. OBJETIVOS

- Recopilar información sobre los patrones de extinción de los mamíferos durante el Pleistoceno en Eurasia y América.
- Recopilar información sobre las teorías de extinción del Pleistoceno y cómo han podido afectar a los grandes mamíferos.
- Relacionar los patrones de extinción de la megafauna con los eventos con los cuales se ha comparado.
- Recopilar la información de la pérdida de biodiversidad de grandes mamíferos del último siglo y relacionarlo con parámetros de la actividad humana y su desarrollo, cambio climático actual, destrucción de hábitats etc.
- Calcular las cifras de especies en peligro de extinción según los grupos biológicos.
- Comparar la variación de temperatura al final del Pleistoceno con la actualidad.
- Comparación, análogos y diferencias de la extinción de la megafauna del Pleistoceno con la actual.

Para determinar las causas, el grado y magnitud de las extinciones, van a estudiarse los datos de distribución geográfica de las especies en un momento dado, para ver su correlación con los cambios climáticos y la llegada del hombre. Finalmente comparar y evaluar el impacto de la acción humana y el cambio climático entre la extinción del Pleistoceno y el actual evento de extinción.

4. METODOLOGÍA

La cronología de los cambios climáticos, la llegada del hombre, la distribución y número de especies extintas en cada continente durante el Pleistoceno ha requerido una amplia información bibliográfica aportada por varios trabajos de estudio sobre los cambios ambientales ocurridos a finales del periodo, para encontrar alguna correlación entre el cambio climático y las actividades humanas cuando suceden las extinciones de la megafauna.

El número de especies extintas es representado en tablas con los principales grupos taxonómicos de la megafauna en cada continente durante el Pleistoceno, según la bibliografía empleada y el máximo número de especies obtenidas. Algunas especies han sido descritas mostrando un resumen de sus principales características y el hábitat donde vivían entonces.

Los mapas de la distribución cronológica de la vegetación están basados en figuras de trabajos bibliográficos que han sido modificados para identificar los ambientes dominantes con colores. La distribución cronológica y geográfica de las especies prehistóricas están representadas según la ubicación y datación de los hallazgos paleontológicos, con mapas geográficos empleando patrones de figuras para distinguir los animales de la megafauna. Aquellos sin datos de distribución

Comparando los cambios del clima, la vegetación y las poblaciones humanas con la intención de mostrar cuando sucedieron los períodos de extinción en cada continente, como afectó a las especies y reconocer cuál factor contribuyó en mayor medida a la extinción de la megafauna.

Los datos actuales sobre el clima y las especies actuales han sido obtenidos de páginas web. Los datos climáticos son registros de la NOAA representando la temperatura global, el volumen de hielo polar y calor absorbido por los océanos durante el último siglo revelando la evolución. Los datos sobre especies en peligro de extinción y las principales amenazas representan las cifras de la UICN (La Lista Roja de Especies en Peligro de Extinción), mostrando los taxones animales en peligro de extinción según la clasificación de su estado de conservación, sumando las categorías “Vulnerable”, “En Peligro” y “En Peligro Crítico” clasificando los grupos animales junto con el número total de especies afectadas según la clase de factor antrópico y el porcentaje del total, indicando cuales son los grupos de animales en mayor riesgo de extinción. Los grupos tienen ejemplos de animales en peligro de extinción, indicando las principales amenazas explicando cómo actúan y casos de especies extintas. El evento de extinción actual también ha sido representado según trabajos bibliográficos, pero de forma comparativa y con datos climáticos. Los resultados obtenidos, han sido comparados para buscar similitudes y diferencias entre ambos eventos de extinción. Así evaluamos la tasa de extinción, la evolución climática y el grado de diversidad.

5. MARCO GEOLÓGICO, PALEONTOLÓGICO Y BIOLÓGICO

Durante el Pleistoceno Superior la geografía continental era algo diferente a la actual. Las masas de hielo polar abarcaban una extensión mayor y llegaban a latitudes más bajas. Norteamérica estaba cubierta por la capa de hielo Laurentino, que se extendía por todo el territorio de Canadá hasta llegar al norte de Estados Unidos y llegaba desde Nueva York hasta Vancouver. La desaparición de esta gran masa de hielo fue responsable de la formación de los Grandes Lagos. La capa de hielo Escandinava en Europa era igual de extensa, llegaba a

latitudes tan bajas como el norte de Alemania, cubría casi toda la superficie de las islas británicas hasta llegar al centro del norte de Rusia, formó el relieve de la cordillera escandinava y los valles glaciales del norte de Escocia (Fig. 1) (Svendsen et al., 2004). Esta gran cantidad de hielo provocó el descenso del nivel del mar de ~100 m, exponiendo amplias zonas de plataforma marina. El Mar del Norte (*Doggerland*) era una región formada por praderas abiertas donde pastaban los grandes herbívoros como los mamuts, en Norteamérica la península de Florida tenía una extensión mayor de tierra firme en lugar de marismas. Otro aspecto geográfico fue la formación de puentes de tierra que conectaban las masas continentales, como la región de Beringia uniendo el este de Rusia con Alaska. Las regiones de Indonesia y el norte Australia-Papúa Nueva Guinea también tenían grandes extensiones de puentes terrestres (Surasprasit et al., 2021; Wroe et al., 2013; Arppe et al., 2019).

Los estudios paleoambientales de los sedimentos y la flora indican que el clima era diferente, Eurasia estaba formada por un ambiente de estepa-tundra con extensas praderas abiertas y escasa vegetación arbustiva, sometida a bajas temperaturas y escasas precipitaciones (Zazula et al., 2017). Norteamérica tenía grandes bosques de coníferas y hoja caduca por el este y extensas praderas hacia el oeste (Halligan, 2013). Sudamérica durante el último periodo Glacial estaba formada por bosques abiertos, sabanas y estepas abiertas (Gallo et al., 2013). El Sudeste asiático estaba formado por bosques tropicales mixtos y llanuras de sabana (Louys y Meijaard, 2010; Bocherens et al., 2021). África tenía una vegetación muy similar a la actualidad, pero durante el último periodo glacial dominaban los ambientes de pastizal en casi todo el continente, el desierto del Sáhara llegaba latitudes ligeramente más bajas y las selvas tropicales del Congo ocupaban áreas muy reducidas (Steele, 2007). Al final del Pleistoceno, las masas de hielo retrocedieron y el nivel del mar subió hasta alcanzar su posición actual, desaparecieron los puentes de tierra interrumpiendo la conexión entre las masas terrestres. Al mismo tiempo causó la alteración del clima y un cambio en los ecosistemas a nivel global.

El Pleistoceno superior contiene un gran registro paleontológico de mamíferos en Norteamérica, Eurasia y Sudamérica, además de herramientas de origen antropológico (Pushkina y Raia, 2008; Prates y Perez, 2021). Europa registra un gran número de fósiles de grandes mamíferos como elefantes, mamuts, rinocerontes, alces gigantes, osos y leones, incluyendo restos de herramientas y homínidos de la época. Australia también hay un importante registro paleontológico pero algunos de sus descubrimientos son algo contradictorios debido a la calidad de preservación de los fósiles (Gillespie et al., 2006;

Johnson et al., 2016). El sudeste asiático tiene un número menor de yacimientos, al mismo tiempo un registro de la fauna muy restringido debido a la falta de material conservado. África es el continente con menor registro fósil por la escasez de las condiciones de fosilización necesarias para preservar los huesos y la menor incidencia de investigación que en otras áreas (Faith, 2014).



Figura 1: Mapa paleogeográfico global de último periodo glacial. Imagen obtenida de Deep Time Maps.

En el Pleistoceno superior de Norteamérica hay yacimientos muy populares e importantes como El Rancho La Brea en la ciudad de Los Ángeles, California (EE.UU.), formado por pozos de alquitrán donde quedaron atrapados miles de animales. Los fósiles de mamíferos son elevados en su mayoría carnívoros, también conserva los cambios paleoambientales y se registra al final del periodo un cambio de condiciones húmedas a secas, pasando de vegetación arbustiva a matorral (Prince, 2023). El yacimiento sobre la cultura de Clovis, nombrada por la localidad homónima del estado de Nuevo México, supuso un gran descubrimiento, por ser el primer grupo de humanos en estar especializado en la caza mayor como demuestra la presencia de puntas de lanza junto a restos de mamuts. Las pruebas de caza humana se encuentran en yacimientos del centro y sur de EE. UU. (Alcaine, 2010; Meltser, 2020). El estudio de coprolitos de perezoso en el desierto del suroeste de Estados Unidos también aporta información sobre la vegetación del desierto y los cambios de humedad sucedidos en su hábitat hacia finales del Pleistoceno (McDonald, H. G., 2022).

El yacimiento de *Cuddie Springs* en Australia, proporcionó nueva información sobre los cambios ambientales y la fauna del continente tras la llegada del ser humano. La presencia de artefactos para la caza y la recolección como posible prueba de la influencia del ser humano

en la extinción de la megafauna australiana (Field y Wroe, 2012). Además, muchos estudios paleoambientales revelan un aumento de la aridez en el continente y un posible aumento en la actividad en los incendios, sin pruebas que demuestren una conexión con la actividad humana (Gillespie et al., 2006; DeSantis et al., 2017). Sudamérica tiene un registro fósil amplio con muchas especies extintas del Pleistoceno, y de yacimientos con utensilios de caza y herramientas de fabricación antrópica.

Los últimos descubrimientos de especímenes de mamuts, rinocerontes lanudos y demás animales del final del Pleistoceno en el permafrost de Siberia, junto con muestras de vegetación congelada permite recrear el ambiente de “la estepa del mamut” donde entonces vivían los animales y los cambios sufridos en su genética ligados a las mutaciones genéticas provocadas por la reducción de su área de distribución y población, aportan información sobre los agentes externos e internos que provocaron su extinción (Stuart et al., 2004; Stuart et al., 2010; Nikolskiy et al., 2011; Baca et al., 2017; Zazula et al., 2017). Análisis de isótopos en los huesos y las rocas de algunas cuevas indican los cambios sufridos en la alimentación y las precipitaciones, proporcionan información sobre la evolución del clima y la vegetación. El estudio de factores climáticos, eventos biológicos muestra cómo las especies autóctonas reaccionaron al cambio climático y a la ocupación del ser humano. Se puede extraer mucha información tanto de la fauna como del ambiente y el clima para recrear el medio y el clima donde vivía la fauna del Pleistoceno en cada continente. Además, los datos cronológicos y geográficos pueden mostrar la evolución en la distribución de las especies durante el final del Pleistoceno.

La extinción de la Megafauna del Pleistoceno abarcó una extensión global, los principales taxones fueron animales de gran tamaño. El problema es que los eventos de extinción en cada continente no fueron simultáneos, hubo mayor incidencia en un continente que en otro, las extinciones corresponden a eventos climáticos diferentes y solo unas pocas coinciden con la llegada del ser humano. El comienzo de la extinción de la megafauna se inició con la extinción de la megafauna australiana hace alrededor de 40.000 años, formada por marsupiales gigantes como el *Diprotodon*, *Procoptodon* y *Thylacoleo*. Algunas extinciones posteriores de la megafauna coinciden con eventos de enfriamiento o “Eventos Heinrich” cuando un abrupto calentamiento provocó un desprendimiento masivo de hielo en el Atlántico Norte alterando las corrientes marinas. La extinción de especies coincide con estos eventos como *Ursus speleaus*, *Elasmotherium* o *Palaeoloxodon* hace ~30.000 años cuando la

glaciación alcanzó su punto máximo (Braje y Erlondson, 2013), mientras que otros coinciden con periodos de calentamiento como el mamut lanudo, el rinoceronte lanudo, los félidos dientes de sable, los perezosos terrestres, los mastodontes y demás especies de grandes mamíferos a finales del *Younger Dryas* y comienzos del Holoceno. La diferencia cronológica y la variación de extinción al final del Pleistoceno plantea cuestiones sobre las causas de este evento de extinción, que a lo largo de décadas han surgido varias hipótesis para explicar la desaparición de la megafauna al final de la última glaciación.

Al final de este periodo sucedieron dos eventos importantes que podrían provocar el evento de extinción. Un cambio climático provocado por el aumento de la temperatura global, causando la retirada de las masas glaciares y alterando los ecosistemas de muchas especies que perdieron sus hábitats. La expansión del ser humano hacia otros continentes buscando nuevos territorios de caza y recolección para su supervivencia, atravesando los puentes terrestres junto con evidencias de depredación sobre algunas especies de grandes mamíferos. Hoy en día, éstas son las hipótesis con mayor aceptación para explicar este evento de extinción, otra posibilidad es la influencia de nuevas enfermedades transmitidas por los seres humanos a las especies autóctonas a su llegada al continente, que al entrar en contacto con nuevos agentes patológicos carecían de las defensas biológicas necesarias para combatir estas nuevas enfermedades, pero el problema reside en la ausencia de pruebas que respalden la existencia de una enfermedad capaz de explicar la extinción de la megafauna teniendo el cuenta su magnitud y selectividad. Otra hipótesis es el impacto de un objeto extraterrestre, provocando la alteración climática del planeta dando lugar a un enfriamiento global, aunque existen pruebas de materiales de impacto como esférulas hallados en el sudeste de Estados Unidos y en algunas regiones del mundo. Muchos autores consideran que estos objetos solo causaron alteraciones a escala regional porque el tamaño de los cuerpos celestes sería insuficiente como para provocar una extinción a nivel global. Además de la ausencia de pruebas físicas de consecuencias de impacto (Kring y Timothy Jull, 2001; Scott, 2009).

La vida en la Tierra ha sufrido varios eventos de extinción, destaca 5 Extinciones Masivas con grandes pérdidas de diversidad. La mayor de todas fue la extinción del Pérmico Superior (252 ma) “La Gran Muerte” provocada por la intensa actividad volcánica demostrada por los depósitos de basalto de los *Traps Siberianos*, causando la pérdida del 95% de la vida marina y el 70% de los vertebrados terrestre. La más conocida es la extinción del límite K-Pg provocada por el impacto del asteroide causando la extinción de los dinosaurios no avianos.

Ahora en la actualidad se está produciendo un nuevo evento de extinción. Algunos afirman que estamos viviendo la “Sexta Extinción Masiva” (García, 2020). El número de especies amenazadas y extintas ha aumentado en los últimos siglos debido a la actividad humana. Las principales amenazas son la deforestación, la contaminación y la caza, incluido el cambio climático ligado al aumento de la temperatura provocado por las emisiones de gases invernadero, producto de la quema de combustibles fósiles. Este nuevo cambio climático ha provocado graves alteraciones, incluidas el aumento de frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos (huracanes, temperaturas estacionales anómalas...), acidificación de los océanos, prolongación de sequías, aumento en los incendios y la fusión de los casquetes polares.

Estos factores han contribuido a la alteración y reducción drástica sobre los hábitats de un gran número de especies, que hoy en día más del 75% de la superficie terrestre ha sido modificada por el ser humano (Saavedra, 2021). Su distribución actual se da en áreas muy limitadas y con una densidad poblacional reducida, que afecta tanto a la disposición de sus fuentes de alimento como a su capacidad reproductiva. Otras especies son más vulnerables al cambio climático, la mayoría son especies de anfibios, insectos, peces incluso grandes mamíferos como el oso polar. Esto afecta de igual forma a sus fuentes de alimento ligado a la reducción de sus hábitats por el efecto del cambio climático sobre la vegetación y el medio donde habitan. La temperatura global ha ascendido alrededor de 1,2°C a un ritmo muy acelerado en las últimas décadas (Planelles et al., 2023).

Este nuevo evento de extinción tiene ciertas similitudes con la extinción al final del Pleistoceno, la diferencia está en la causa principal, el modo que afectó a las especies y el tiempo de duración. La extinción de la megafauna ocurrió por causas naturales, ahora la actividad humana es la principal causa de esta nueva extinción, algunos dicen que es 1700 veces mayor que a finales del Pleistoceno capaz de causar en un futuro cercano causar una grave pérdida de diversidad que hoy en día se incrementa (Andermann et al., 2020).

6. RESULTADOS

6.1. PLEISTOCENO

6.1.1. NORTEAMÉRICA

El continente norteamericano registra la extinción de 40 géneros de grandes mamíferos (72%) al final del Pleistoceno superior. La megafauna norteamericana del Pleistoceno estaba formada por grandes herbívoros y carnívoros, las especies extintas pertenecían a grupos como artiodáctilos o proboscídeos, félidos y cánidos (Anexo 1). El clima de Norteamérica cuando la megafauna vivió durante un periodo cuando era más templado y húmedo que en la actualidad. La costa este estaba dominada por bosques templados mixtos y taiga formado por árboles como robles, fresnos y coníferas, en la península de Florida dominaba los bosques cálidos mixtos. El centro del continente estaba formado principalmente por amplias praderas similares a la sabana con grandes extensiones de hierba y bosques reducidos. La costa oeste tenía un clima más templado y húmedo formado por bosques densos de árboles caducifolios y pequeñas praderas de hierba (Poliak et al. 2012; Halligan, 2013; Price, 2023).

La distribución en la vegetación y el clima durante el Pleistoceno fue debido al bloqueo de las corrientes húmedas del océano Pacífico por las masas glaciares al norte del continente, actuando como una cordillera desplazando las lluvias hacia el sur formando ecosistemas de clima húmedo necesarios para la megafauna del continente, de forma similar en Europa (Abad, 2021).

A continuación listamos la megafauna norteamericana durante el Pleistoceno superior:

-Mamut columbino (*Mammuthus columbi*): Especie mamut de 4 m de estatura y 8-10 toneladas de peso, que habitaba en las praderas desde la costa oeste de EE.UU. hasta el sur de México. Los fósiles de este animal se han hallado en todo el continente, con yacimientos importantes en el Rancho La Brea (L.A., California) y Hot Springs (Dakota del Sur). Algunos fósiles han sido hallados junto con puntas de lanza de la cultura Clovis en gran número.

-Mastodonte americano (*Mammut americanum*): Este gran herbívoro tenía una altura de 2'5-3 m y 4-5 toneladas de peso, habitaba el este de Norteamérica desde Nueva York hasta

Florida y en pequeñas regiones del oeste de EE.UU. Su hábitat eran los bosques mixtos templados donde se alimentaba de las hojas y ramas de los árboles, además de algunas hierbas. Los fósiles han sido hallados con mayor frecuencia al norte-noreste del continente y algunos tienen pruebas de caza humana, junto a artefactos fabricados con sus restos.

-Bisonte (*Bison antiquus*): Esta especie habitaba las regiones boscosas de Norteamérica con una dieta pacerda junto a otras especies de bisonte.

-Perezoso de Shasta (*Nothrotheriops shastensis*): Esta especie de perezoso terrestre habitaba el suroeste de EE.UU. (California, Arizona, Nuevo México), cuando su hábitat eran los bosques abiertos semidesérticos sometidos a lluvias estacionales, se alimentaba de plantas desérticas como enebro, el árbol de Joshua, yuca y plantas xerófilas.

-Perezoso de Jefferson (*Megalonyx jeffersonii*): Esta especie ocupaba extensiones mayores que el Perezoso de Shasta, incluso a regiones frías del norte del continente.

-*Smilodon fatalis*: “Tigre dientes de Sable” este depredador de gran tamaño alcanzaba los 300 Kg. Una constitución fuerte tenía 2 caninos de casi 20 cm de longitud, empleados para abatir grandes presas como bisontes, camellos o caballos por medio de un solo mordisco en el cuello, dañando así los vasos sanguíneos más importantes para matar a sus presas de forma rápida.

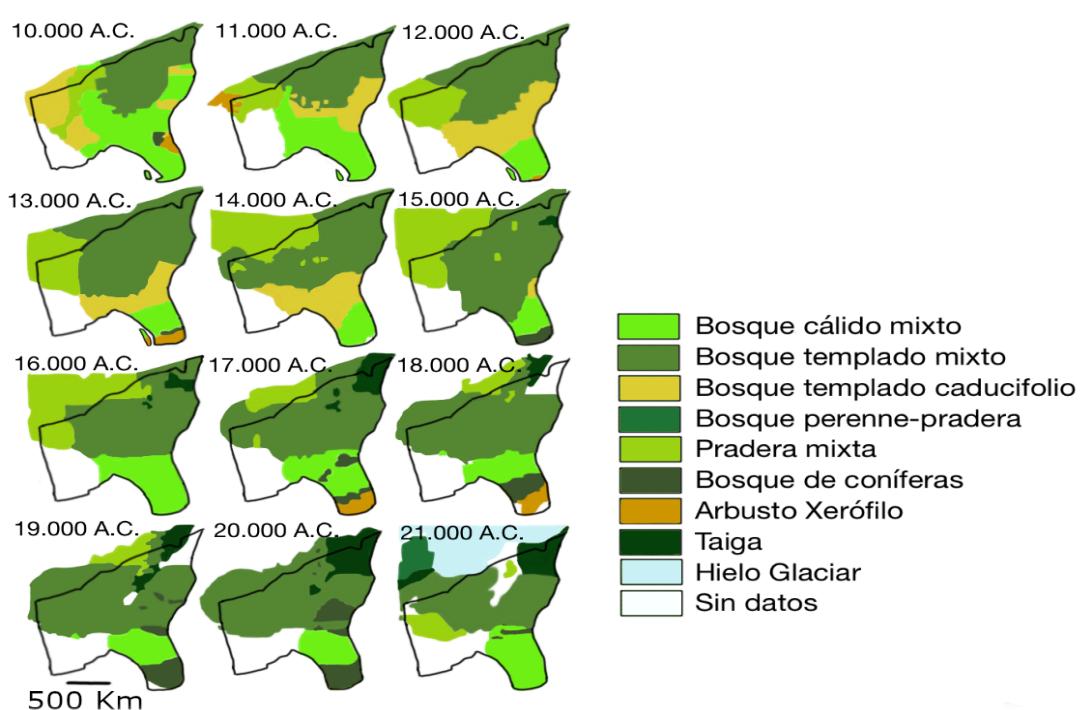


Figura 2: Evolución y distribución de la vegetación en la costa este de Norteamérica a finales del Pleistoceno (21-10 Ka). Modificado de Halligan, 2013.

-*Homotherium serum*: Este félido dientes de sable tenía caninos más cortos en comparación con *Smilodon*. Sus presas consistían en crías de mamut o mastodonte y restos de las cuevas donde habitaban algunos de estos depredadores muestran una alta especialización sobre este tipo de presas.

-León americano (*Panthera leo atrox*): Una especie de león de 2'5-3'5 m de longitud y 250-400 kg de peso. Sus presas consistían en animales grandes como bisontes y caballos.

-Oso de cara corta (*Arctodus simus*): Este oso alcanzaba el 1'7 m hasta la cruz, pero en posición erguida superaba los 3 m. Su dieta era principalmente carnívora, capaz de devorar a grandes animales.

El clima al final del Pleistoceno comenzó a cambiar, la vegetación fue cambiando a medida que las masas glaciares retrocedieron hacia el norte. La costa este de Norteamérica hace 21-16 mil años dominaban los bosques mixtos de clima templado, en cambio los bosques cálidos mixtos eran la vegetación dominante en la península de Florida. Durante este periodo, los bosques de taiga del noreste de EE.UU. desaparecen de forma progresiva mientras los bosques mixtos de clima templado se extienden hacia el norte, breve y parcial reemplazo por bosques de coníferas y arbustos xerófilos en la península de Florida hace 18-17 mil años. Poco después, hace 16-10 mil años, hubo una expansión de los bosques cálidos mixtos y templados caducifolios hacia el norte, al oeste las praderas también experimentaron una gran expansión entre 16-14 mil años, hasta disminuir hace 11-10 mil años (Fig. 2; Halligan, 2013). Análisis obtenidos de la cueva Fort Stanton muestran una subida repentina en los niveles de $\delta^{13}\text{C}$ alrededor de hace 14.500 años, indica un cambio de condiciones húmedas a secas en el SO de EE.UU. La extinción de 16 géneros de la megafauna de Norteamérica coincide con este evento de transición climática (13'8-11'4 Ka), algunos datos retrasan la fecha inicial hasta 14'2 Ka (Polyak et al., 2012). El estudio geoquímico de los depósitos de coprolitos de perezosos en las cuevas de la región de Nevada y Arizona muestran un descenso de precipitaciones, al mismo tiempo un aumento de las temperaturas en los meses más calurosos (McDonald, H. G., 2022).

El suroeste de California experimentó cambios similares entre 13-10 mil años, pasó a condiciones más secas, los matorrales y desiertos sustituyeron los bosques templados. Hace 14.000 años (Interestadial Bolling-Allerod) las temperaturas aumentaron, así como la

sequedad durante 1.800 años, se extinguieron los perezosos y caballos (13.600 años), también muchos fitófagos de forma rápida. Luego, durante 1.000 años durante el interestadial *Younger Dryas* (12'9-11'5 Ka) las temperaturas descendieron recuperando el estado inicial antes de volver a calentarse coincidiendo con un marcado avance glacial y retorno a condiciones glaciales. Los registros de polen de pino y matorrales aumentan, junto con grandes acumulaciones de carbón mostrando indicios de un aumento en la actividad de los incendios, coincidiendo con el cambio climático (Price, 2023).

Los estudios tradicionales sitúan la llegada del ser humano moderno en Norteamérica entre 13.15-12.85 mil años, pero estudios más recientes revelan una fecha más temprana hace 23-21 mil años (Bennet et al., 2021). Las poblaciones humanas están representadas por el Pueblo Clovis con herramientas de caza capaces de abatir animales de gran tamaño (mamuts, bisontes y caballos). Los primeros artefactos aparecieron en sedimentos de hace 13'4 mil años (Ansell, 2021). Los lugares de caza con grandes animales no son abundantes, existen restos de matanzas de mamuts en el sureste de Wisconsin 14'8-14'1 Ka, pero no sobre otros grandes herbívoros como perezosos y camellos. Sin embargo, hay hasta 90 casos de sobreexplotación de caza en el suroeste de Norteamérica. Se ha relacionado una marcada disminución en la población de mamuts y los yacimientos de caza del pueblo de Clovis después de 11.000 años, también hay estudios en colmillos de mastodontes que muestran cambios en la madurez sexual junto con pruebas de caza en el NE de EE.UU., seguida de una posible explosión demográfica contemporánea a un clima más seco y al aumento de los incendios en California (Grayson, 2007; Alcaine, 2010; Broughton y Wietzel, 2018; Ansell, 2021; Miller et al., 2022; Price, 2023).

La desaparición de especies de la megafauna en el continente norteamericano comenzó hace 13-11'9 mil años. El tramo de extinción sucede de forma casi simultánea durante el cambio climático (13'8-11'4 Ka) y el periodo Clovis (13'15-12'85 Ka), comenzando antes en el este de Norteamérica mostrado por el descenso de los niveles de *Sporormiella* y aumento en las precipitaciones (Faith, 2011; Polyak et al., 2012 Broughton y Wietzel, 2018). Al comparar estos sucesos con la distribución de la vegetación de la costa este del continente, coincide con la desaparición de los bosques templados mixtos por bosques cálidos debido a la retirada del hielo (Fig. 2) y el cambio de clima húmedo en la costa oeste. Algunas especies de mamíferos se vieron más afectadas por el cambio climático como los mastodontes y los perezosos.

terrestres, otras por la caza como los mamuts, caballos, camellos y bisontes o por ambos factores (Broughton y Wietzel, 2018; Meltser, 2020).

El intervalo de extinción de la megafauna de Norteamérica estuvo dominado por el cambio climático y las actividades antropológicas. La pérdida de hábitat fragmentó las comunidades de los grandes mamíferos litófagos reduciendo sus fuentes de alimento, la caza humana afectó a los animales grandes con baja densidad de población y ritmo de reproducción lento, cuando desaparecieron los grandes depredadores perdieron sus principales fuentes de alimento causando su extinción.

6.1.2. EURASIA

El continente euroasiático registra un número más bajo de extinciones de megafauna en comparación con el continente americano, pero también incluye una importante disminución de diversidad de mamíferos grandes como proboscídeos, perisodáctilos y carnívoros, en total 26 de 15 géneros (Anexo 2). El clima en el norte de Europa era muy frío y seco dominado por “La estepa del mamut”: formada por pastos y hierbas, con escasa vegetación arbustiva, este ecosistema se extendía desde el norte de Iberia y las islas británicas hasta el estrecho de Bering. Mientras, en el sur de Europa dominaba los ecosistemas de bosques templados con clima húmedo. Esta distribución en los ecosistemas era debido al avance del frente de compensación de las masas glaciares del norte, que bloqueaba el flujo de las precipitaciones procedentes del océano Atlántico (Abad, 2021).

Se produjeron dos pulsos de extinción, ambos coincidieron con el cambio del clima. El primero ocurrió hace 45-20 mil años cuando las temperaturas bajaron y el avance glaciar alcanzó su punto máximo, durante este período se extinguieron animales adaptados a un clima más templado y temperaturas más altas. Las especies desaparecidas en este tránsito son el oso cavernario (*Ursus spelaeus*), rinocerontes (*Elasmotherium sibiricum*; *Elasmotherium caucasicum*), la hiena de las cavernas (*Crocuta crocuta spelaea*) y el elefante de colmillos rectos (*Palaeoloxodon*) (Stuart y Lister, 2012).

-Oso cavernario (*Ursus spelaeus*): Este oso vivía en las regiones montañosas de Europa desde el norte de Iberia hasta los Balcanes, incluso en regiones de los Urales. Sus dimensiones superan a los osos pardos actuales, con 3'5 metros de longitud y peso máximo de 600 Kg,

marcado por un fuerte dimorfismo sexual. Los molares planos y los análisis de isótopos de los huesos indican una estricta dieta vegetariana, constituida por bayas y plantas alpinas, la especie hibernaba en cuevas (Baca et al., 2016).

-*Elasmotherium*: Un género de rinoceronte de 5 m de longitud y 5 toneladas de peso, habitaba en las grandes praderas de las estepas abiertas con hierbas altas del Europa oriental y Asia central.

-Elefante de colmillos rectos (*Palaeoloxodon antiquus*): Esta especie alcanza una altura de 4 m y 6-7 toneladas de peso. Tenía unos largos colmillos rectilíneos terminados en una ligera curva. Habitaba la región mediterránea del sur de Europa y el oeste de Asia, pero antes se extendía por todo el continente en épocas previas. Hay evidencias de que los neandertales solían cazar a estos animales como fuente de alimento (Kindler et al., 2023).

-Hiena de las cavernas (*Crocuta crocuta spelaea*): Esta subespecie de la hiena manchada habitaba las regiones de Europa desde las islas británicas hasta el mar Mediterráneo y Asia central, cazando grandes mamíferos. Su comportamiento era similar a su homóloga actual, una leve diferencia era trasladar pedazos de sus presas a cuevas donde guarecerse de los peligros (Restos de huesos de rinoceronte de Teruel).

Durante este primer pulso de extinción el avance del hielo hacia el sur provocó la expansión de las estepas abiertas y frías, sustituyendo los bosques de las regiones del sur de Europa, causando un cambio en la distribución de las especies.

La extinción del oso cavernario sucede en sentido este-oeste desde Europa hasta Iberia, la expansión del hielo glaciar hizo desaparecer sus fuentes de alimento y fragmentó sus poblaciones. Su dieta especializada comprometió a su supervivencia durante la hibernación, añadiendo la competencia por las cuevas con el ser humano de forma indirecta. El estrés ambiental está reflejado en algunos huesos con marcas de mordiscos (canibalismo), (Oso de la Cueva de Tella; Huesca, 35.000 años; Anexo 7). El último registro data de hace 28.000 años en Galicia siendo el último refugio de la especie con una población muy reducida, mientras que la población del oso pardo ascendió sin competencia directa (Pacher y Stuart, 2008; García-Vázquez et al., 2014). El último registro del *Elasmotherium* data de hace 39.000 años, en la región de los Urales los estudios demuestran una contracción en su hábitat

de hierbas altas por pastos bajos y musgos (Rivals et al., 2020). La extinción del Elefante de colmillos rectos (23'5 Ka) y la hiena de las cavernas (26 Ka), también coinciden con el avance del hielo (Stuart y Listre, 2012). El caso del *Palaeoloxodon* durante este periodo permaneció sólo en el sur de Europa (Iberia, Italia y los Balcanes) y los últimos fósiles proceden de la Cueva de la Silluca (Asturias) (Stuart, 2005). La hiena de las cavernas desapareció del continente alrededor de 23.000 al cambiar su hábitat, disminuyeron sus presas y áreas de distribución (Stuart y Listre, 2012; Mondanaro et al., 2021).

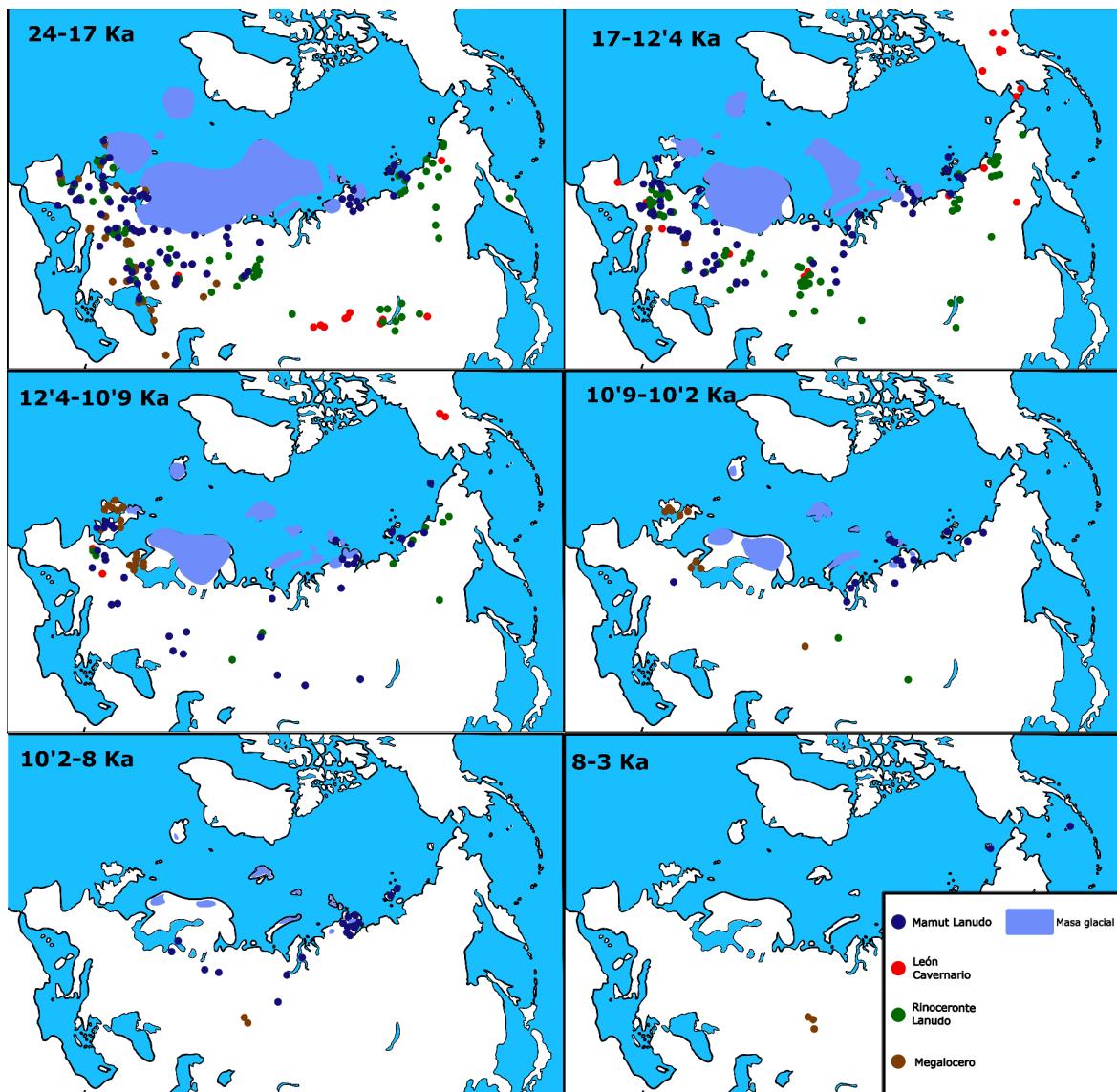


Figura 3: Mapa de distribución geocronológica del mamut lanudo, rinoceronte lanudo, megalocero y león cavernario. Datos de distribución obtenidos de Stuart et al., 2004; Kuzmin, 2009; Stuart et al., 2010; Stuart y Listre, 2010; Nikolskiy et al., 2011; Stuart y Listre, 2012 y Markova et al., 2013.

El segundo pulso de extinción ocurrió hace 12-9 mil años, las especies afectadas fueron animales adaptados al clima frío de la estepa-tundra, cuando las masas glaciares retroceden hacia el norte, causando al mismo tiempo el aumento de las temperaturas y la humedad

(precipitación), las estepas fueron sustituidas por bosques y arbustos causando la pérdida de los pastos para alimentarse. El cambio en la vegetación fue reduciendo sus poblaciones a zonas cada vez más restringidas hasta desaparecer (Nikolskiy et al., 2011).

-Mamut lanudo (*Mammuthus primigenius*): El herbívoro dominante de la estepa-tundra, habitaba desde el W de Europa hasta el E de Asia incluida la región de Beringia. Este animal resistía el frío extremo con un largo y espeso pelaje formado por 3 capas y una capa de grasa de 8-10 cm de espesor, también tenía orejas y una cola corta para conservar el calor.

-Rinoceronte lanudo (*Coelodonta antiquitatis*): Esta especie tenía el mismo tamaño que las especies africanas, pero contaba con una espesa capa de pelo para protegerse del frío extremo. Tenía 1 par de cuernos, un cuerno nasal de 60 cm y uno más pequeño sobre los ojos. Habitaba en regiones frías y secas de la estepa junto al mamut lanudo.

-Alce Irlandés (*Megaloceros giganteus*): Los machos de esta especie tenían astas con una envergadura de 3'5 m y una altura hasta la cruz de 2'2 m. Este ciervo habitaba las regiones de la estepa y bosques abiertos desde las islas británicas hasta el centro de Siberia, evitando bosques cerrados.

-León cavernario (*Panthera leo spelaea*): Su tamaño era mayor que el león actual con un pelaje largo como protección contra el frío, vivía desde Europa hasta la región de Beringia. Su dieta estaba formada por bisontes, bueyes, caballos, renos y antílopes.

La reconstrucción geográfica y cronológica de las especies de la megafauna en Europa en el último periodo glaciar, muestra un cambio en su distribución acorde con el retroceso glaciar (Fig. 3). El león de las cavernas fue la primera especie en desaparecer, comenzó en Asia, después en Europa y por último en Alaska hace 11.925 años con el cambio de la vegetación de pastizales por arbustos y bosques (Stuart y Lister, 2010). Los mamuts retrocedían hacia el norte hasta quedar aislados en regiones con poblaciones muy reducidas desapareciendo del continente hace ~9.000 años, de forma similar ocurrió con el rinoceronte lanudo desapareciendo hace 10.000 años en Siberia central.

El megalocero fue desapareciendo de Europa algunas poblaciones quedaron aisladas hace 11.000 años como en las islas británicas, Dinamarca y los Urales sin evidencias de caza,

entonces hace 7.000 años, los últimos megaloceros del este de los Urales desaparecen coincidiendo con la aparición de los primeros agricultores del Mesolítico en un ambiente dominado por bosques cerrados (Stuart et al., 2004). Los mamuts lanudos persistieron en poblaciones insulares aisladas, hasta su extinción en las islas de Saint Paul (5.630 años) y Wrangel, esta última muestra mutaciones perjudiciales que contribuyó a su extinción (3.700 años) (Stuart et al., 2004; Vartanyan et al., 2019; Fry et al., 2020).

La llegada del ser humano al continente ocurrió hace 40.000 años. La interacción entre los humanos y mamuts era muy escasa, al contrario que el bisonte estepario, el reno y el antílope saiga (Pushkina y Raia, 2008), con indicios más abundantes de caza hallados en las cuevas del continente. La distribución de las poblaciones humanas estaba limitada a las regiones del sur de Europa, sin haber apenas contacto con la megafauna del norte. Solo algunos casos en las islas del Mediterráneo pueden asociarse a la llegada del ser humano (Louys et al., 2021). Cuando sucedió la dispersión humana (20-18 y 12-11 mil años) en Siberia la población de mamuts no fue afectada, pero aquellas restringidas a zonas reducidas pudieron extinguirse por la caza (Nikolskiy et al., 2011).

La extinción de la megafauna de Eurasia tuvo más influencia por el cambio climático que por la acción del ser humano, ésta era más limitada y afectó a menos especies. La desaparición del hábitat causó la pérdida de sus fuentes de alimento necesarias y el aislamiento de sus poblaciones (problemas genéticos), pero la acción antrópica tampoco se descarta porque de forma directa o indirecta pudo contribuir.

6.1.3. SUDAMÉRICA

La megafauna sudamericana sufrió la pérdida de alrededor de 50 géneros de grandes animales, en total 26 especies, en especial de especies autóctonas como los gliptodontes (6) y los perezosos terrestres (4) y grandes herbívoros (Perisodáctilos, artiodáctilos, meridiungulados y proboscídeos), junto con especies de grandes carnívoros (Anexo 3). La distribución ambiental y la vegetación principal del continente eran las praderas abiertas con mosaicos de bosques abiertos y sabana, hacia el sur dominaban las frías estepas abiertas formadas por hierbas altas y arbustos, en cambio los bosques tropicales como el Amazonas tenían una extensión más reducida respecto a la actualidad concentrados al oeste del norte de

la cadena andina (Fig. 4; Gallo et al., 2013). Los mamíferos que formaban la megafauna del continente sudamericano:

-Perezosos terrestres: Son los antepasados de los perezosos arborícolas actuales. Caminaba en posición cuadrúpeda, pero eran capaces de erguirse sobre sus patas traseras para alcanzar las ramas altas de los árboles. La especie más grande fue el Megaterio (*Megatherium americanum*) de 6 m de longitud, habitaba las praderas, estepas y bosques abiertos del sur del continente. Especies de perezoso terrestre vivían en ambientes similares con preferencia por bosques abiertos y sabanas (*Eremotherium* y *Glossotherium*) o praderas y estepas frías como (*Mylodon*) (Fig. 4).

-Gliptodontes: Esta familia de grandes mamíferos eran parientes lejanos de los armadillos, pero provistos de un caparazón duro formado por placas óseas que le servía como defensa ante los depredadores. Algunas especies poseían una maza al final de la cola (*Doedicurus*).

-*Smilodon populator*: Subespecie más grande del *Smilodon* de Norteamérica que atravesó el istmo de Panamá hace ~1 Ma, adaptándose al nuevo ambiente y ocupando el nicho de superdepredador cazando grandes presas como su homólogo norteamericano.

-Macrauchenia: Este animal pertenecía a la orden de los meridiungulados mamíferos que evolucionaron en Sudamérica cuando el continente estaba aislado durante el Neógeno. Tenía un largo cuello similar a los camellos y un cráneo alargado de aspecto robusto, al principio se creía que poseía una proboscide similar al tapir, pero estudios recientes revelan que poseía un grueso y fuerte labio similar al antílope saiga y la jirafa (Ernesto Blanco et al., 2021).

-Toxodon: Igual que el anterior pertenecía al orden de los meridiungulados junto al género *Mixotoxodon*, era uno de los mayores herbívoros del continente habitaba las praderas y estepas abiertas del sur comprendida por la región de Brasil, Uruguay y Argentina.

-Proboscídeos: Sudamérica no tuvo una amplia diversidad en el grupo de los proboscídeos, estaba formado solo por 2 géneros de gonfotéridos (*Notiomastodon* y *Cuvieronius*).

La paleogeografía reconstruida de los grupos de la megafauna sudamericana revela una gran concentración de mamíferos en áreas de zonas boscosas abiertas y estepas secas que

corresponden a la región de Uruguay, evitando algunas regiones de praderas abiertas y bosques cerrados a excepción de los proboscídeos convergiendo al oeste del Amazonas (Fig. 4). El cambio del clima sucedió hace 18-17 mil años (calentamiento) y 14'7-13 mil años (reversión del frío) está última favoreció a la megafauna (Prates y Pérez, 2021). La llegada del ser humano al continente sudamericano data de hace 14.500 ± 500 años (Braje y

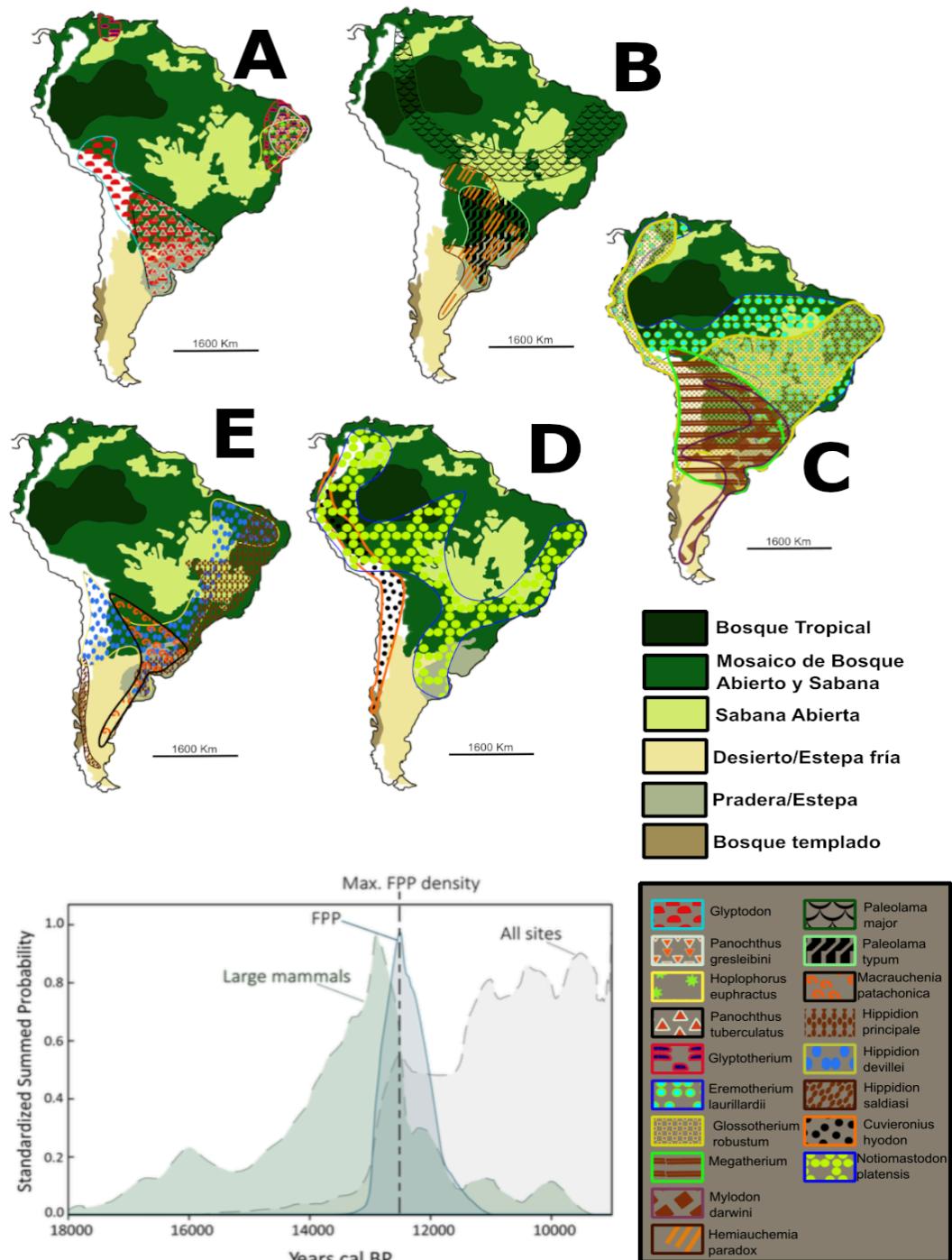


Figura 4: Mapa de distribución de la vegetación y la megafauna de Sudamérica A) Gliptodontes, B) Camélidos, C) Perezosos terrestres, D) Proboscídeos y E) Caballos. Gráfico de curvas de distribución de mamíferos, puntas de flecha y población humana, obtenido de Prates y Pérez 2021; datos de distribución de Gallo et al., 2013.

Erlendson; 2013). Sin embargo, estudios más recientes la fechan hace aproximadamente 16 mil años junto con pruebas fósiles de caza sobre la megafauna (Carlini et al., 2022). Las pruebas de actividad humana están relacionadas con yacimientos de puntas de flecha en forma de pez aparecidas hace 13 Ka, revelan una correlación entre el aumento de yacimientos con puntas de flecha y el descenso en la población de la megafauna entre 12'4-12'2 Ka, mientras la densidad humana aumenta. La concentración de puntas de flecha coincide con las áreas de mayor densidad de animales y riqueza de especies, las puntas de flecha desaparecen hace 10'9 Ka (Prates y Pérez, 2021).

La actividad humana tuvo mayor impacto que el clima, la correlación entre la abundancia de puntas de flecha, fósiles con marcas de herramientas y las caídas de población de la megafauna, revelan que esta fue el principal factor que contribuyó a la extinción de la megafauna sudamericana durante un momento de abundancia alrededor de 15-13 mil años favoreciendo la incidencia en las actividades antrópicas sobre una fauna que evolucionó aislada durante millones de años.

6.1.4. AUSTRALIA

El número de especies extintas en Australia es el mayor de todos, desaparecieron 88 especies de 45 géneros formadas por grandes marsupiales principalmente las familias Diprotodontidae, Macropodidae y Vombatidae (Anexo 4). Esta extinción fue más variada respecto a las demás, porque no solo se extinguieron especies grandes, sino también una variedad de especies medianas y pequeñas que desaparecieron o sufrieron importantes cambios en su distribución (Wroe et al., 2013).

Los mamíferos que formaban la megafauna australiana:

-Diprotodontes: Antepasados de los wombats, el mayor marsupial del continente. Estos herbívoros se alimentaban de las ramas, arbustos y hojas en los bosques tropicales (DeSantis et al., 2017), dado su tamaño ocupaba el nicho ecológico de los grandes herbívoros de climas templados. La familia Diprotodontidae está formada por 9 géneros, todos grandes fitófagos.

-Macropodidos: Los géneros de canguros extintos van desde especies pequeñas arborícolas (*Dendrolagus*, *Bohra*, *Congruus*), pasando por especies gráciles similares a los ualabíes/canguros actuales (*Protemnodon*, *Macropus*, *Wallabia*, *Tropsodon*) pero más grande,

hasta canguros gigantes de cara corta con 2 m de altura y 100 Kg de peso (*Procoptodon*, *Simosthenurus*, *Stenurus* y *Metasthenurus*).

-León marsupial (*Thylacoleo carnifex*): Un marsupial carnívoro del tamaño de un leopardo, de dientes en forma de cizalla y miembros fuertes con una amplia gama de movimientos. Este depredador cazaba presas grandes saltando sobre ellas desde los árboles y mataba por asfixia.

-Monotremas: 2 especies de monotremas, ambas de la familia de los equidnas, desaparecieron del continente.

La extinción de la megafauna australiana sigue un proceso escalonado. El primero sucede con la extinción de unos 50 taxones hace ~130 mil años después del Penúltimo Máximo Glacial. Las condiciones ambientales eran propias de un clima tropical húmedo, con bosques densos y humedales con vegetación acuática, árboles de hoja caduca y perennes. El segundo intervalo entre ~125-55 Ka sucede la extinción de 24 taxones, en este hay un cambio en la vegetación, con un aumento en las plantas esclerófilas como arbustos salados y de pastizales con una abundancia relativa de bosques húmedos. El último intervalo hace 45-39 Ka, sucede un aumento de la aridez en el continente mostrado por el cambio de bosque lluvioso a vegetación esclerófila, con la aparición de arbustos de clima seco y la extinción de 14-22 especies restantes de la megafauna australiana (Fig. 5).

Alrededor de 50-45 mil años, el incremento de la aridez y cambio de la vegetación quedó registrado en los valores isotópicos extraídos del esmalte de marsupiales herbívoros, muestran niveles de $\delta^{13}\text{C}$ mayores con respecto a períodos anteriores con niveles más bajos, indicando una dieta dominante de herbívoros ramoneadores. Muchos dependían del agua (Field y Wroe, 2012). Cuando sucede este aumento de la aridez, la dieta de los herbívoros cambió a pastizales y ambientes abiertos, con herbívoros paceadores y mixtos (DeSantis et al., 2017; Prideaux et al., 2007).

La fecha de la llegada del ser humano al continente fue alrededor de 50-40 mil años, el valor más aproximado sería alrededor de 45'5 mil años (van der Kaars et al., 2017). No existen muchas evidencias fehacientes que demuestren la actividad humana relacionada con la caza, pero en el yacimiento de Cuddie Springs se descubrieron artefactos de fabricación humana diseñados para la caza y la recolección, cáscaras de huevo de *Genyornis* quemadas para su consumo. Los artefactos y las actividades coinciden con el periodo de extrema aridez, pero debido a su resolución y posible alteración tal vez no sean pruebas sólidas de la interacción

humana y la megafauna (Gillespie et al., 2006; Sander van der Kaars et al., 2017; Field y Wroe, 2012). La extinción de solo 8-14 especies de la megafauna australiana coinciden con la llegada del ser humano al continente como el *Diprotodon*, algunas especies de canguro de cara corta, wallabies, *Genyornis*, el león marsupial y quizás el *Megalania*. Al mismo tiempo hay un ascenso de los niveles de carbón vegetal durante este intervalo, indicando un posible aumento en la actividad de los incendios, que podría estar relacionado con la actividad antrópica (Fig. 5).

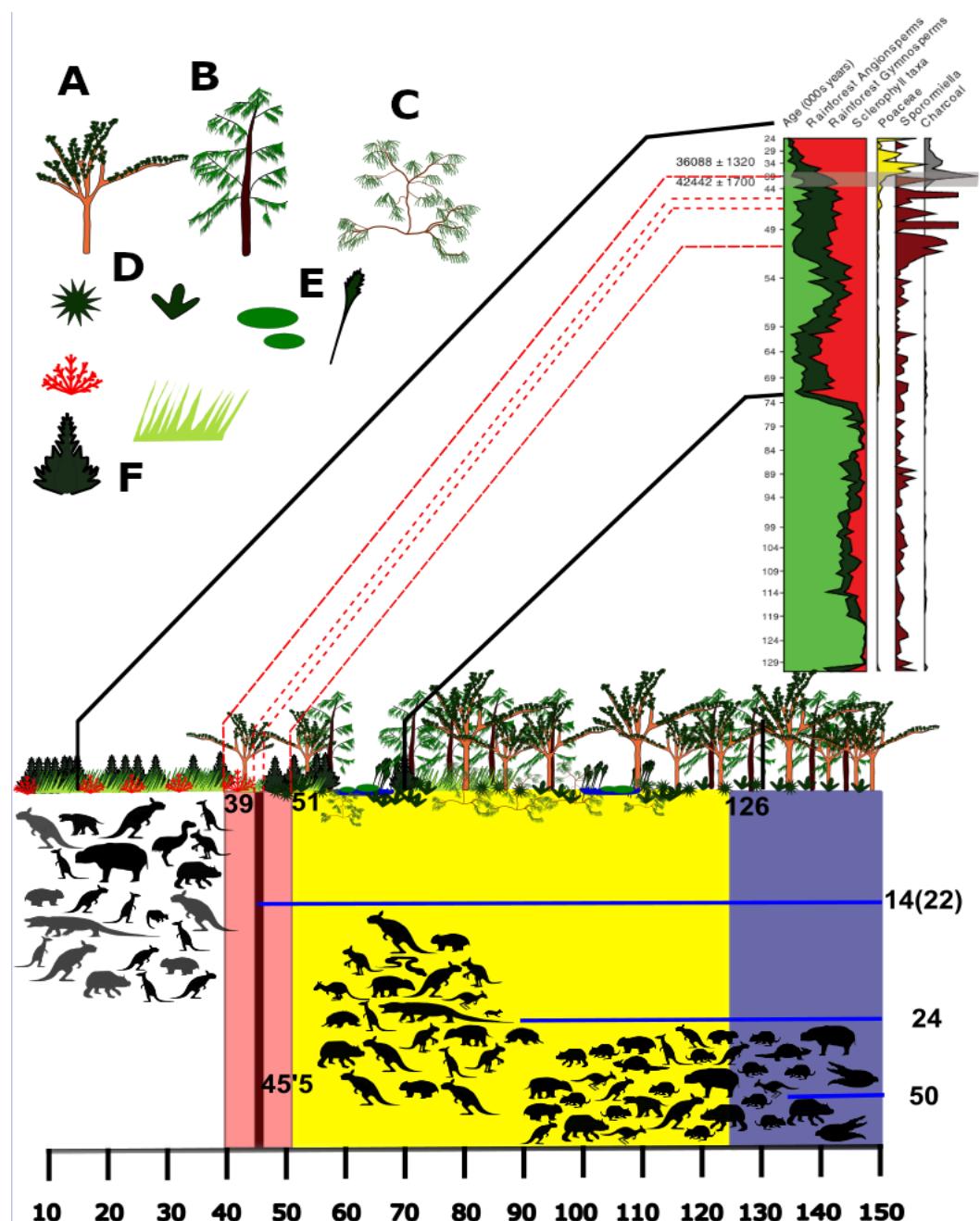


Figura 5: Extinciones de la megafauna australiana, mostrando la evolución en la vegetación divididas en estadios señalando la llegada del hombre (Rojo) y el periodo de máxima extinción y número de especies. Mostrando una transición a un ambiente seco; A) Eucalipto, B) Casuarina, C) Arbustos salados, D) Astaraceae y Chenopodeaceae, E) Poaceae y Nenufares, F) Vegetación esclerófila. Gráfico obtenido de Rule et al., 2012 y datos de extinción de Wroe et al., 2013.

La extinción de la megafauna australiana fue escalonada y progresiva durante un periodo de 90 mil años. El aumento de la aridez en el continente australiano causó la pérdida de hábitat de las especies, sus fuentes de alimento comenzaron a escasear obligando a los grandes marsupiales a recorrer largas distancias, el cambio a vegetación seca y la dieta de los animales pudo favorecer la actividad de los incendios al incidir menos en las plantas más vulnerables al fuego. Entonces, cuando el ser humano llegó al continente la megafauna tenía un número reducido de especies en un ambiente dominado por un clima árido y seco, también es contemporáneo a un aumento en la actividad de los incendios como posible método para favorecer la caza y contribuyó a la pérdida de hábitat, pero no a gran escala.

5.1.5. SUDESTE ASIÁTICO

El registro fósil en el sudeste asiático es más escaso en el Pleistoceno superior y el número de especies extintas no es tan alto como en otros continentes, alrededor de 25 especies de 23 géneros. Las especies más afectadas fueron los artiodáctilos (principalmente ciervos y bueyes) y los proboscídeos, junto con 4 familias de carnívoros (Anexo 5).

Los estudios sobre la extinción de la fauna, además del clima y la actividad humana son más escasos en comparación con otras partes del mundo. Estos estudios muestran la vegetación dominante en las regiones del sudeste asiático y las dietas dominantes de los animales eran de herbívoros ramoneadores, junto con especies de paceadores (Louys y Meijaard, 2010). Unas 30 especies vivían en hábitats cerrados o mixtos, 12 en mixtos- abiertos, y solo 8 especies preferían hábitats cerrados-abiertos.

Los principales taxones de la megafauna del sudeste de Asia:

-Bóvidos: Las especies de bóvidos afectadas fueron animales similares a los búfalos de agua y bueyes actuales, algunas eran más grandes que sus contemporáneos modernos y otras eran especies insulares más pequeñas.

-Hipopótamos: *Hexaprotodon* es un hipopótamo similar a la especie africana tenía 6 incisivos en lugar de 4, con hábitos similares en que pasaba la mayor parte del tiempo en el agua.

-Proboscídeos: *Palaeoloxodon* es una especie del subcontinente indio que alcanzó una altura superior a los 4 m, siendo el proboscídeo más grande que jamás ha existido con un peso aproximado de 10 toneladas. *Stegodon*, un proboscídeo con colmillos curvilíneos largos, algunos estaban tan juntos que la trompa cubría parte de ellos y su posición estaría desplazada hacia un lado. Hay especies como *S. florensis* de la Isla de Flores que experimentaron un enanismo alcanzando una talla menor.

Los cambios de la vegetación en las regiones del Sudeste Asiático son muy diferentes entre sí, la región de Sonda experimentó muchas fluctuaciones en la vegetación abierta alcanzaron su punto máximo alrededor del *Last Glacial Maximum* pasando a pastizales y sabanas, como en la isla de Borneo y la península malaya, o la isla de Java de condiciones secas a ligeramente más húmedas y cálidas (Louys y Meijaard, 2010).

La actividad humana apenas tiene registro en el Sudeste Asiático. Los restos humanos más modernos datan de hace 63-43 mil años (Bacherens et al., 2021), pero hay algunos casos de extinciones ocurridas en el archipiélago malayo que coinciden con la llegada del ser humano. En Filipinas hay huesos de rinocerontes con marcas de herramientas de hace 50-60 Ka, las fechas entre la extinción del algunos proboscídeos y la llegada del hombre a las islas Célebes no son muy claras, pero algunas son muy próximas y la extinción del *P. lomolinoi* si coincide. La isla de Flores registra la extinción de aves, *Stegodon* y un homínido tras la llegada del humano (Louys et al., 2021).

Las causas de la extinción del Sudeste Asiático apuntan a una fluctuación del clima causando cambios en la vegetación que afectaron a los animales adaptados a ambientes de bosques cerrados con espacios de sabana especializados en dietas ramoneadoras a bosques cerrados, y en casos aislados por la llegada del ser humano a las islas del mar de Indonesia.

6.1.6. ÁFRICA

El continente africano registra el menor índice de extinción de todo el Pleistoceno, durante diferentes épocas y en diferentes lugares se extinguieron 24 especies de mamíferos. La mayoría corresponden a mamíferos herbívoros ungulados del orden Artiodactyla de la familia Bovidae (búfalos, gacelas, jabalíes y antílopes), junto con 4 especies del género *Equus*, 2 especies de la familia Suidae y una especie en cada familia de los rinocerontes, elefantes,

ciervos, camellos y cerdos hormigueros (Anexo 6). No hay ninguna evidencia fósil de especies carnívoras extintas, sólo se registran especies herbívoras en todo el registro paleontológico. La mayoría son herbívoros de tamaño medio y pequeño, las especies grandes son muy escasas.

Los principales taxones de la megafauna del Pleistoceno de África:

-Artiodáctilos: Las especies más afectadas pertenecen a la familia de los bóvidos (gacelas, antílopes y búfalos). Esta abarcaba una amplia variedad de formas y tamaños, desde grandes (*Bos primigenius*) a pequeñas (*Gazella* y *Antidorcas*), entre algunas más extrañas (*Rusingoryx*) un antílope de frente abombada similar al ñu actual. Otras familias afectadas fueron los camellos, ciervos y jabalíes (facoqueros) de gran tamaño (Faith, 2014).

-Perisodáctilos: Esta incluía cuatro especies de caballos salvajes distribuidos por el continente y un rinoceronte perteneciente al género del rinoceronte de Merck.

-Proboscídeos: Una especie de elefante del género del elefante asiático (*Elephas*), que podría haber tenido una morfología además de una estructura social muy similar a su pariente actual. La mayoría eran mamíferos paceadores adaptados a los extensos pastos de hierba y el rango mayor de extinción ocurrió entre ~30-10 mil años, algunas especies persistieron hasta hace 6 mil años (Faith, 2014).

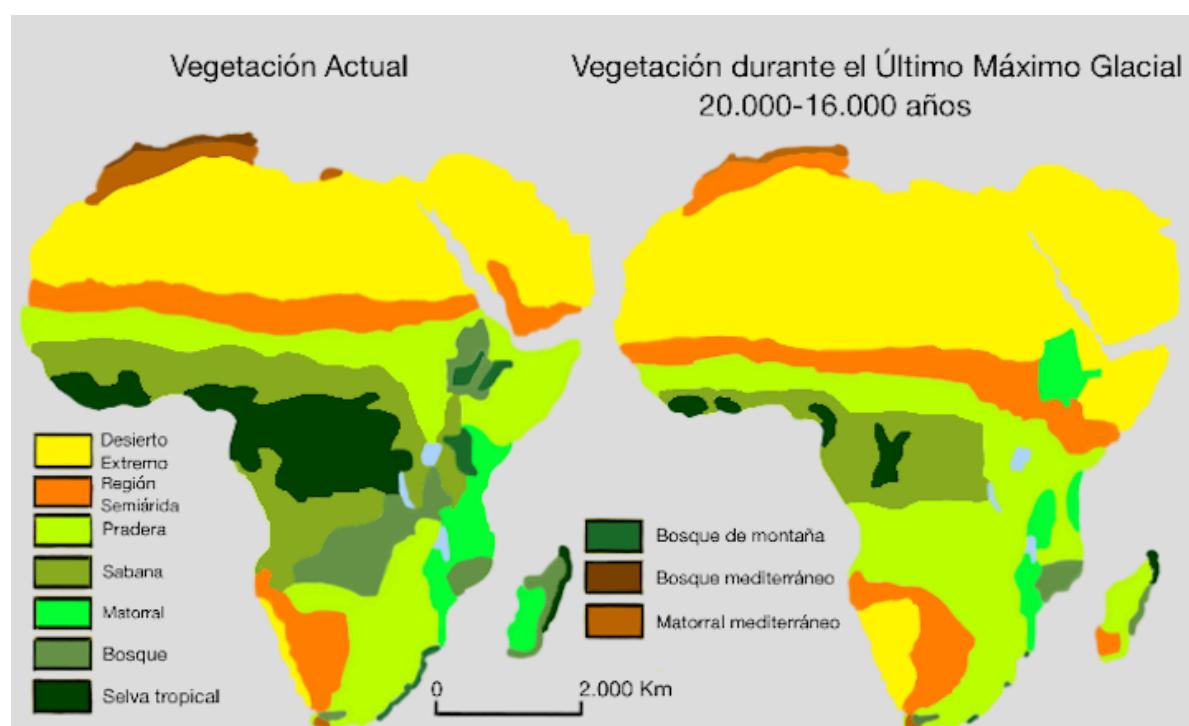


Figura 6: Distribución de la vegetación durante el Último Máximo Glacial hacia la actualidad. Modificado de E. Steel (2007).

África tenía una distribución de hábitats casi igual a la actualidad, pero los ambientes desérticos abarcaban una extensión mayor, al igual que las praderas desde el extremo sur hasta el centro del continente, la sabana y las selvas tropicales estaban limitadas a latitudes ecuatoriales. La distribución de la vegetación no cambió mucho hacia finales del Pleistoceno, un ligero retroceso del desierto del Sahara hacia el norte, pero hubo una gran expansión de las selvas tropicales en la región del Congo y una ligera redistribución en los ambientes de sabana y bosque en el centro del continente, la isla de Madagascar pasó de praderas a bosque y matorral, y la región del Atlas de ambiente desértico a mediterráneo (Fig. 6).

La extinción de la megafauna en África está asociada al clima, provocando cambios en la distribución de la vegetación sobre los mamíferos especializados en una dieta paceadora. Las evidencias de caza sobre la fauna son muy escasas, a pesar de haber coexistido con el ser humano durante miles de años.

6.2. ACTUALIDAD

6.2.1. CAMBIO CLIMÁTICO

La temperatura promedio del planeta es de 17°C, pero en los últimos años ha experimentado un brusco aumento, que puede verse su evolución a lo largo del último siglo (Fig. 7). A finales del siglo XIX hasta finales de la década de 1930 la temperatura global experimentó variaciones negativas, ligeramente por debajo de la media con un valor promedio de -0'22°C y valores mínimos a principios del siglo XX que superan los -0'4°C. Cuando llega a la década de 1920 las variaciones empiezan a aumentar, muy cercanas a -0'1°C. Entonces, durante principios de la década de 1940 hasta finales de 1970 hubo un periodo de variaciones positivas y negativas. Durante el periodo de la 2^a Guerra Mundial, la temperatura global experimentó ligeros ascensos de menos de 0'3°C, lo mismo ocurrió durante la década de 1960 pero con un ascenso mucho menor y en la década de 1970 ya sucede un aumento mucho más pronunciado de la temperatura global.

A partir de ahí, las variaciones positivas aumentan de forma progresiva, con valores de 0'3-0'5 °C. Después, alrededor de 1997 la temperatura global comienza a aumentar de forma muy brusca, superando el valor de 0'5°C durante el inicio del siglo XXI y con casos en que la

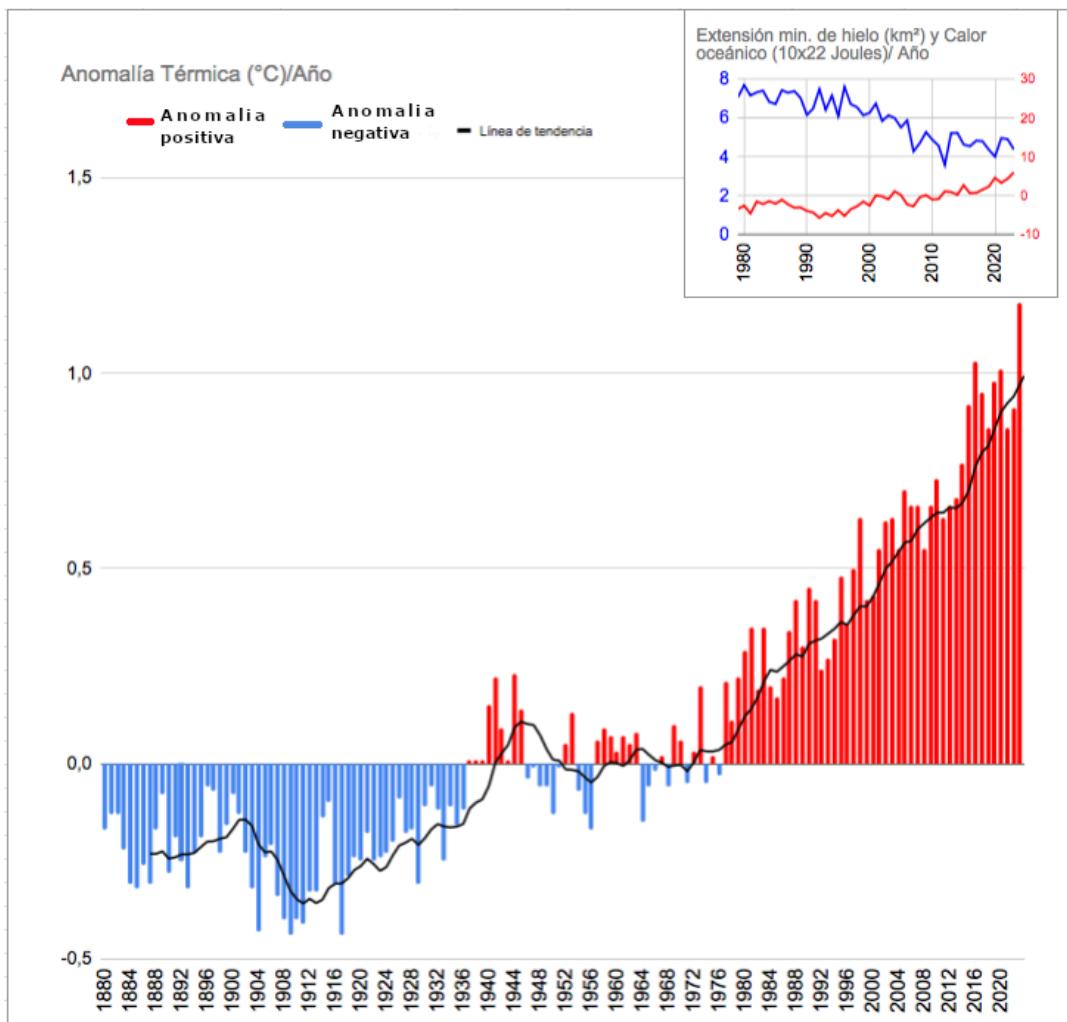


Figura 7: Variación de la temperatura global (1880-2023). Volumen de hielo (línea azul) y calor oceánico (línea roja). Datos obtenidos de la NOAA.

variación global ha superado 1°C , ocurridos en 2016 ($1'03^{\circ}\text{C}$), 2020 ($1'01^{\circ}\text{C}$) y 2023 ($1'18^{\circ}\text{C}$) siendo este último el valor más alto. Este aumento brusco de la temperatura global ha ocurrido en menos de 30 años con tendencia cada vez más ascendente (Fig. 7).

Al mismo tiempo, la fusión del hielo polar ha ido creciendo en relación al aumento de la temperatura global. La extensión de hielo del océano glaciar ártico ha disminuido de forma continua en los últimos 40 años (1979-2023). El valor de extensión mínima en el año 1979 era de $7'5 \times 10^6 \text{ Km}^2$, pero avanzando hacia el siglo XXI esta extensión ha disminuido hasta valores cercanos a los $4 \times 10^6 \text{ Km}^2$. El mínimo de extensión registrado ocurrió en 2012 con $3'57 \times 10^6 \text{ Km}^2$ y una temperatura global $0'66^{\circ}\text{C}$ por encima de la media (Fig. 7).

El calor absorbido por los océanos también va en aumento, son la principal medida de disipación del calor del planeta más incluso que la superficie terrestre, siendo los océanos al mismo tiempo, el principal reservorio de CO₂ del planeta. El nivel de pH ha sufrido una

alteración igual de alta en los últimos años, al absorber una cantidad de gases de efecto invernadero mayor provocando la acidificación de las aguas, que desde el comienzo de la era industrial, el pH oceánico ha descendido 0'1 equivalente al aumento del 26% en su acidez (Zaar, 2020).

Este aumento de la temperatura ha provocado al mismo tiempo el aumento de frecuencia de fenómenos climáticos extremos, como tormentas tropicales o huracanes, sequías, lluvias torrenciales, olas de calor prolongadas en Europa como este verano en 2024. El clima de España corresponde a un ambiente desértico propenso a períodos de sequía.

6.2.2. ACTIVIDADES HUMANAS

Los datos representados son el número de especies en peligro de extinción en relación con las principales actividades humanas (Figs. 8 y 11). Las cifras están basadas según el estado de conservación, incluidas aquellas sin datos suficientes teniendo en cuenta sólo las especies animales (vertebrados e invertebrados) sin incluir las plantas (Fig. 11). Los principales factores de extinción:

-Recursos biológicos: El aprovechamiento de los recursos naturales es principal factor de extinción a nivel global (20'9%), este afecta en gran medida a peces (7681), aves (4750), mamíferos (4443), anfibios (3649) y artrópodos (2994). El primer grupo representa casi el ¼ del total de las especies amenazadas. Las principales actividades que forman este factor son la pesca, la deforestación y la caza.

-Agricultura: Es el segundo factor de mayor amenaza de extinción para los animales de la actualidad (18'2%), debido a las grandes extensiones empleadas para el cultivo de alimentos y los químicos empleados. Los animales más afectados por esta actividad son los anfibios (4658), aves (4623) y artrópodos (4013); dentro de este último dominado por los insectos (3325). En conjunto, representan alrededor de la mitad de todas las especies amenazadas por este factor. Los siguientes grupos más afectados son los mamíferos (3947), reptiles (3152) y peces (2917), son cifras muy elevadas.

-Modificación del sistema natural: Las consecuencias provocadas por la deforestación, el represamiento fluvial o los incendios son las causas de la alteración y degradación de

hábitats. Los principales grupos afectados son en mayor medida los peces (4421) y los artrópodos (2136), este último dominado por los insectos. Los grupos de los moluscos, aves, anfibios y mamíferos también son los más afectados por la pérdida de hábitat. Según datos recientes más del 75% de la superficie terrestre ha sido modificada por la acción del ser humano (Saavedra, 2021).

-Intrusión, expansión y acción humana: Estas incluyen entre otras. La contaminación provocada por el vertido de residuos sólidos o líquidos y las emisiones gaseosas. Los grupos de los peces y los artrópodos (6113;1805) son los más afectados por la contaminación, junto con los anfibios y moluscos que están amenazadas ~1600 especies. El desarrollo residencial que incluye la construcción de urbanizaciones, ampliación de áreas urbanas e industriales incluyendo el desarrollo turístico. Los cálculos obtenidos de las cifras revelan que la mayoría de los grupos existentes es especial los vertebrados, están amenazadas por este factor superando las 1000 especies, pero los grupos de anfibios, peces y artrópodos superan las 2000 especies existentes, representando más de la mitad de especies amenazadas. Las actividades turísticas o las guerras son los factores asociados a la intrusión del ser humano en el medio natural. Ninguno de los grupos de animales observados supera las 1000 especies, pero hay un número elevado en los cnidarios (824), mamíferos (873) y aves (746), los grupos de artrópodos, peces, anfibios y moluscos presentan valores de 400-500 especies.

-Cambio climático: La alteración del clima debido a las emisiones de gases invernadero, es también una de las principales amenazas, aunque afecta a más de 19.500 especies hay un número elevado en los principales grupos afectados. Este factor es la principal amenaza de aves, artrópodos, peces y anfibios.

-Industria energética, minera, y de transporte: El efecto de la minería, además de la contaminación es la erosión incidiendo con mayor fuerza alterando el suelo. La energética por la construcción de infraestructuras provocando la muerte de los animales durante su migración. El transporte provoca la división y aislamiento de las poblaciones de animales. Los vertebrados están más afectados que los invertebrados, dominado por los peces y las aves, junto con los anfibios y mamíferos, pero al mismo tiempo hay un elevado número de especies de cnidarios.

En comparación, actividades como eventos geológicos o factores naturales afectan a menos especies con una cifra de 500, y los grupos más afectados son los anfibios y los artrópodos. Este número es muy bajo respecto a las actividades humanas, indica que las actividades humanas y artificiales son las principales amenazas para la fauna de la actualidad.

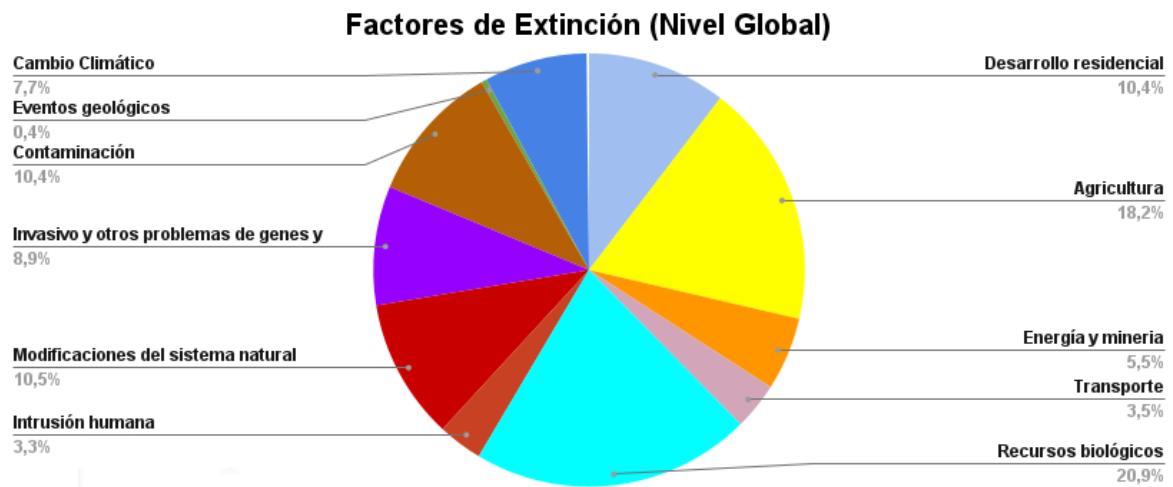


Figura 8: Factores de extinción y porcentajes.

6.2.3. ESPECIES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN

En la actualidad, existen 163.000 especies de animales evaluadas según su estado de conservación y la biodiversidad global, cada año es actualizada. Las cifras actuales indican que 45.300 (28%) especies están en peligro de extinción, 41% corresponden a los anfibios, 26% a mamíferos, 34% coníferas, 12% aves, 37% tiburones y rayas, 36% arrecifes coralinos, 70% cycadas, 21% reptiles y 26% crustáceos.

La clasificación y evaluación de las especies actuales según su estado de conservación muestra que alrededor de 81.577 (51.9%) corresponden a la categoría de Preocupación menor, están bajo menor amenaza de extinción, pero bajo la influencia humana. Sin embargo, aquellas clasificadas como Vulnerables (17.281), En Peligro (18.009) y Peligro Crítico (10.031), hacen un total de 45.321 especies amenazadas por la extinción sumando los grupos de hongos, cromistas, plantas y animales.

Los valores obtenidos sumando las cifras de las categorías de “Vulnerable”, “En Peligro” y “Peligro Crítico” de especies animales han revelado los grupos más amenazados, el total supera las 17.500 especies en peligro de extinción (Tabla 1). La mayoría de las especies más

amenazadas corresponden a las regiones tropicales de selvas y bosques. Estas regiones registran una pérdida de hábitat y alteración del medio muy alta

ligada a las actividades de la agricultura y la deforestación para la obtención de recursos biológicos, donde reside una gran diversidad biológica en especial insectos, anfibios y aves. Las selvas tropicales del Amazonas, El Congo y del Sudeste asiático son las regiones con mayor número de diversidad en riesgo de extinción.

La representación de las cifras de especies según las categorías anteriores y los principales factores de riesgo está representada (Figs. 9 y 10).

MAMÍFEROS

Las 1300 especies en peligro de extinción están amenazadas por la agricultura y la modificación del hábitat ligada a la obtención de recursos provocando la fragmentación de sus poblaciones junto con el cambio climático. Las especies más amenazadas son aquellas especializadas en su entorno, con necesidad de grandes espacios y un ritmo reproductivo lento. La mayoría habitan regiones tropicales, donde sucede una mayor alteración del medio, pero aquellas que habitan regiones polares están igual de amenazadas por la acción humana y el cambio climático.

Peces	3924
Anfibios	2873
Reptiles	1844
Aves	1354
Mamíferos	1338
Artrópodos	3541
Moluscos	2451
Cnidarios	265
Equinodermos	17
Anélidos	36
Nemertea	3
Onychophora	9
Tabla 1: N° de especies en riesgo de extinción.	17.655

Algunos de los taxones de mamíferos más amenazados en la actualidad son los primates con una biodiversidad de 500 especies de las que 350 están en riesgo de extinción, la pérdida de su hábitat por la obtención de recursos biológicos (deforestación y agricultura), la construcción de carreteras, la minería y la caza ilegal, causando la fragmentación en sus poblaciones a zonas aisladas creando una situación igual de vulnerable ante el cambio climático y las enfermedades. Otros mamíferos, como los elefantes y rinocerontes con un ritmo de reproducción lento y baja diversidad se encuentran entre los mamíferos más amenazados, en África las especies africanas (*Loxodonta africana*, *Loxodonta cyclotis*) la

caza furtiva por el comercio de marfil ha reducido más de la mitad de la población de elefantes en menos de 50 años, mientras que las especies de elefante asiático (*Elephas maximus*) con la pérdida de hábitat a consecuencia de la agricultura (deforestación y pesticidas), la industria y el desarrollo humano han fragmentado sus poblaciones, y para ambas especies está la amenaza del cambio climático, al igual que los rinocerontes como la especie de Sumatra (*Dicerorhinus sumatrensis*) con solo 30 individuos en la actualidad.

Los félidos están entre los carnívoros en mayor riesgo de extinción afectadas por la expansión humana y los efectos de la caza para obtención de recursos. Los tigres han sufrido la pérdida del más del 90% de su hábitat y población durante el siglo XX, fragmentando sus poblaciones a áreas reducidas y creando una situación vulnerable a las enfermedades genéticas y el cambio climático.

Este nuevo evento de extinción afecta también a mamíferos pequeños como roedores y murciélagos a consecuencia de la expansión humana y la propagación de enfermedades. Las especies adaptadas a entornos concretos y especializadas son las más afectadas por el cambio climático, como el panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*) con una dieta a base de bambú o el oso polar (*Ursus maritimus*) adaptado al clima frío del Ártico y las masas de hielo cada vez más reducidas.

Los casos de mamíferos extintos más importantes son como el Tilacino (*Thylacinus cynocephalus*), cazado al ser considerado una amenaza para el ganado con la muerte del último ejemplar en 1936. El bucardo (*Capra pyrenaica pyrenaica*) como consecuencia de la presión antrópica (caza y ganado doméstico) en el año 2000 cuando el último ejemplar fue aplastado por un árbol. El baiji (*Lipotes vexillifer*) del río Yangtze, extinto en 2022 por el represamiento de los cursos fluviales tras décadas de contaminación/alteración ambiental, caza y pesca.

PECES

La suma total revela que casi 4000 especies de peces están en peligro de extinción, son el grupo de animales más amenazados, corresponden al 22% (Fig. 9). Dentro de este grupo las principales amenazas son la obtención de recursos biológicos procedentes de las actividades pesqueras para su consumo, la contaminación de las aguas fluviales producto de los vertidos

industriales, domésticos/urbanos y agrícolas (aguas fecales, metales pesados, fertilizantes y material plástico) y la modificación de los sistemas fluviales (presas y embalses). Unas 84 especies de peces han desaparecido hasta ahora.

Las especies de peces más amenazadas son aquellas que habitan en ríos de agua dulce del sudeste asiático y África, son el grupo de los peces óseos como carpas, peces pequeños, los siluros y bagres donde están amenazados por la contaminación de los ríos y la pesca como el caso de la anguila europea (*Anguilla anguilla*) que continúa disminuyendo su población. La alteración de los sistemas fluviales es un factor de riesgo igual de grave al incidir en los patrones de migración como el esturión europeo (*Acipenser sturio*). El grupo de los peces cartilaginosos formado por los tiburones y rayas es otro de los más amenazados, a consecuencia de la sobrepesca para su consumo incluso de forma accidental, otro factor es el cambio climático causando la degradación de los arrecifes por el aumento de la temperatura del océano y la intrusión humana en su hábitat de forma inapropiada (actividades recreativas) alterando sus hábitats provocando graves consecuencias en la cadena trófica.

Un caso reciente, es la extinción del pez espátula del Yangtze, a consecuencia del represamiento de los cursos fluviales alterando sus rutas migratorias, pero la sobrepesca fue el principal factor para su extinción declarada en 2022.

ANFIBIOS

Los anfibios son el tercer grupo en mayor peligro de extinción, forman el 16% del total con 2.800 especies. La agricultura (21'8%) es la principal amenaza causada por la obtención de recursos (16'9%), provocando la alteración del medio, contaminación y enfermedades (quitridiomicosis), incluyendo el cambio climático (8'4%). La cifra de especies extintas es de 38 especies en el último siglo, la mayoría a consecuencia de enfermedades y la deforestación.

Los anfibios también presentan una elevada diversidad, abarcan desde hábitats tropicales como hasta bosques en latitudes altas. Las ranas tropicales son las más amenazadas, sobre todo en las regiones de Sudamérica, África central y Sudeste Asiático donde hay una mayor concentración de diversidad, en especial la selva del Amazonas siendo objetivo de las empresas madereras que causan la deforestación para la agricultura y la ganadería, varias especies de ranas arborícolas habitan en selvas similares junto con especies de la familia

ranas dardo venenosas formada por casi 200 especies. Europa no posee un número tan elevado de especies, pero la amenaza de la tala, la caza y la contaminación es igual de importante (Harfoot et al., 2021).

Las actividades agrícolas además de alterar, reducir y dañar los hábitats provocan la contaminación de las aguas de los sistemas fluviales, filtrando toxinas capaces de generar mutaciones y enfermedades genéticas ligadas al aislamiento en sus poblaciones. Otras actividades antrópicas incluyen el comercio ilegal de especies exóticas, el desarrollo humano de urbanizaciones y el represamiento de los sistemas fluviales. Especies de anfibios como las salamandras y ajolotes están afectados por estas actividades antrópicas.

Los anfibios están entre los taxones más amenazados y afectados por el cambio climático, su dependencia de la humedad y el medio en el que viven hace que sean cada vez más vulnerables a la alteración del clima y fenómenos similares como sequías, riadas, incendios... y enfermedades infecciosas (quitridomicosis). La extinción del sapo dorado (*Incilius periglenes*) en 2004 a causa del cambio climático, las enfermedades y un hábitat restringido, es un ejemplo del efecto antrópico sobre las poblaciones de anfibios en este evento de extinción.

REPTILES

Este grupo representa el 10% del total con 1800 especies amenazadas. La obtención de recursos (18'8%) por la agricultura (25'4%) y el desarrollo residencial (12'8%) son las principales amenazas para este grupo. Unas 32 especies de reptiles han desaparecido y la principal causa son los factores invasivos y enfermedades.

Su distribución está concentrada en las regiones tropicales, debido a su dependencia del medio para regular su temperatura corporal, además sucede la mayor alteración de su hábitat por la obtención de recursos. Las especies más afectadas son aquellas que habitan en islas, ríos de agua dulce y son objetivo del comercio de especies exóticas para distintos fines lucrativos, incluyen varias especies de tortugas, varanos, serpientes y cocodrilos empleadas para diferentes fines (prendas, trofeos o mascotas). Ejemplos, el cocodrilo del Orinoco (*Crocodylus intermedius*) en “peligro crítico” debido a la caza por su piel durante mediados del siglo XX y la agricultura. El desarrollo residencial es tan influyente junto con la

contaminación, como las tortugas marinas y de agua dulce al incidir en su ciclo vital por la necesidad de lugares óptimos para el desove e interferir en la cadena alimentaria.

Algunas especies isleñas son las más vulnerables, como el lagarto de La Gomera (*Gallotia bravoana*) habita en áreas limitadas a consecuencia de las actividades humanas y la introducción de especies invasoras. Otras, como el Dragón de Komodo (*Varanus komodoensis*) en Indonesia está amenazado por el gran desarrollo humano de la región, causando la reducción en la diversidad genética junto con la amenaza del cambio climático. El ejemplo más reciente es la especie de tortuga galápagos de la isla de Pinta (*Chelonoidis abingdonii*), estuvo sometida a la caza por su carne y la competencia con especies invasoras hasta su extinción con la muerte del último ejemplar en 2012.

AVES

Las 1300 especies de aves están en peligro de extinción, debido a la agricultura (22'8%) y el cambio climático (11'1%). Incluidos los factores invasivos como enfermedades o especies invasoras (12'5%), la caza furtiva y deforestación (15'7%). La mayor concentración de aves en riesgo de extinción son las regiones tropicales y las regiones polares.

Las aves suelen vivir en zonas donde están adaptadas a un clima y un ambiente concreto según sus características físicas, pero algunas realizan migraciones en busca de lugares óptimos para desovar donde se dan las condiciones necesarias para su desarrollo, pero la acción humana como la construcción de estructuras eólicas o eléctricas y cultivos alteran las rutas migratorias junto con la degradación de su hábitat, al mismo tiempo el cambio climático altera las condiciones estacionales durante su ciclo biológico, además de causar daños en sus fuentes de alimento. El alcance del clima convierte a las aves en el grupo más amenazado por este factor.

Las aves también sufren la depredación de especies invasoras, como felinos y reptiles. El caso de las aves de Guam debido a la invasión de las culebras del café (*Boiga irregularis*), causaron la extinción de la mayoría de las aves locales. Las actividades antrópicas como la deforestación (agricultura/ganadería) y la caza, además de causar daños tanto en sus hábitats como en sus poblaciones provoca graves efectos contaminantes. Ejemplos; el uso de fármacos tóxicos ha causado que la población del buitre de la India descienda alrededor del

98% desde 1990 o el envenenamiento por plomo y pesticidas en las aves rapaces (águilas, buitres, cóndores...).

La especialización también es un factor contribuyente en especies como el urogallo cantábrico (*Tetrao urogallus cantabricus*) limitado a vivir en bosques montañosos con núcleos fragmentados de poblaciones en declive a consecuencia de la degradación de su hábitat y la caza intensiva junto con una capacidad reproductiva reducida.

Los casos de aves extintas más importantes son como el Dodo (*Raphus cucullatus*) de la isla de Mauricio con la llegada del ser humano y especies dañinas causando su rápida extinción a principios del siglo XVII o el moa gigante de Nueva Zelanda (*Dinornis*) en el siglo XV, ambas a consecuencia de la sobrecaza humana.

INVERTEBRADOS

Los invertebrados son los animales en mayor riesgo de extinción, forman el 35% de todas las especies animales en peligro de extinción. El grupo más amenazado de los invertebrados son los artrópodos, formado por la suma de las clases que comprenden este grupo de animales supera las 3.500 especies, forman el 20% de todas las especies amenazadas del planeta en que destacan por los insectos con 2400 especies en peligro de extinción, constituyen casi el 70% de todas las especies de artrópodos de todo el mundo, junto con arácnidos y crustáceos. La mayor amenaza para los artrópodos es la agricultura (21'5%) ligada al uso de los pesticidas provocando la contaminación de sus fuentes de alimento y la modificación del sistema natural (11'4%) para la obtención de recursos biológicos (13'2%) y el desarrollo residencial, junto con el cambio climático (11%). En la actualidad 80 especies de artrópodos, la mayoría insectos del orden lepidópteros y coleópteros (mariposas y escarabajos) han desaparecido por culpa del ser humano. Los insectos presentan una gran diversidad, los mayores grupos son los coleópteros (escarabajos), lepidópteros (mariposas) y moscas, todos los grupos están afectados tanto por la actividad humana como por el cambio climático. Los insectos polinizadores como abejas, mariposas, avispas, hormigas y escarabajos son los principales artrópodos afectados en este nuevo evento de extinción, ligado a la agricultura causando la contaminación del medio ambiente por productos agrícolas, insecticidas y pesticidas, además de la deforestación de bosques ligados tanto a esta actividad como al desarrollo residencial. El cambio climático es igual de grave puesto que afecta su ciclo vital debido a las sequías,

lluvias torrenciales, temperaturas extremas o cambios estacionales anormales. Estos factores causan la fragmentación y pérdida de su hábitat, afectando a la cadena alimentaria porque cumplen con la polinización de las flores y así contribuir a la producción de alimentos para el consumo humano y al equilibrio del ecosistema. Las especies de insectos más amenazadas y en mayor número habitan regiones tropicales y húmedas del ecuador en África, Sudamérica y Sudeste Asiático, hasta latitudes medias sobre todo en Europa. Los arácnidos (arañas y escorpiones), los miriápodos (escolopendras) y los colémbolos no forman un grupo muy numeroso en comparación, pero la agricultura, las especies invasoras y el cambio climático son las principales amenazas.

Los crustáceos son el segundo grupo de artrópodos más amenazados también con una gran diversidad de especies a nivel global, formado por los cangrejos, langostas y organismos microscópicos (plancton), estos últimos constituyen la base de la cadena alimentaria en los océanos para muchas especies marinas. Las cifras revelan que la contaminación es la principal amenaza para este grupo de artrópodos a consecuencia de las actividades industriales y la pesca para la obtención de recursos en todos los océanos del mundo. La acidificación de los océanos provocada por el cambio climático es igual de dañina, porque interfiere en la absorción del carbonato y el desarrollo de la concha sobre las especies que forman el plancton.

Los merostomados conocidos como “cangrejos herradura” son un grupo de artrópodos procedentes del Ordovícico que han sobrevivido durante más de 400 millones de años (fósiles vivientes), están formados por 4 especies en la actualidad. Ahora, la alteración de su hábitat, la explotación de recursos y el cambio climático son las principales amenazas para este grupo de artrópodos con 2 especies en grave peligro de extinción.

El resto de invertebrados (moluscos, cnidarios, anélidos...) forman el 15% de las especies en peligro de extinción, principalmente constituidos por los moluscos. El grupo de los moluscos (bivalvos, gasterópodos, cefalópodos...) está amenazado por las modificaciones del sistema natural y la contaminación por la acción antrópica. Los cnidarios (corales, medusas y anémonas) también están amenazados por las actividades humanas como la contaminación, pero la principal amenaza es el cambio climático que afectan los corales que están decreciendo ligado al aumento de la temperatura y la acidez del océano capaz de hacer desaparecer el 60% de los arrecifes en 2030 (Hernández, 2020). El grupo de los

equinodermos está menos amenazado en comparación con los anteriores, pero la mayoría están amenazados por la pesca en las costas del este-sudeste de Asia, al igual que los anélidos y nemertea. Los onicóforos o gusanos de terciopelo son organismos procedentes del Cámbrico (fósiles vivientes), no están tan afectados, pero con 200 especies, además una gran necesidad por su hábitat son un grupo importante y grave peligro de extinción.

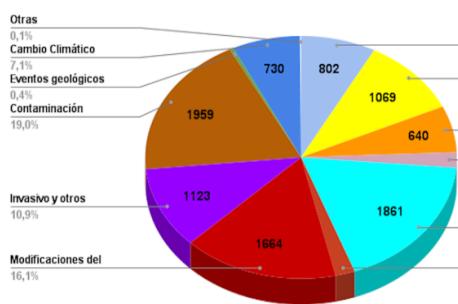
El grupo de los invertebrados supera en número y diversidad al resto de vertebrados, más en especial los artrópodos (insectos), siendo organismos más sensibles a los cambios ambientales. Las cifras revelan un mayor número de especies amenazadas en este nuevo evento de extinción, en que los organismos más pequeños están más amenazados en comparación con el resto. En conjunto, superan a todos los grupos de vertebrados amenazados, incluso que los mamíferos, aves y reptiles juntos, solo superados por la suma entre los anfibios y los peces. Los datos revelan un nivel de amenaza mayor sobre los invertebrados que en los grupos de vertebrados. Los artrópodos son los más amenazados, pero no tienen muchas especies extintas como las aves o los moluscos en los últimos años, sin embargo, es muy posible que en los próximos años las especies puedan extinguirse a consecuencia de la actividad antrópica y el cambio climático.



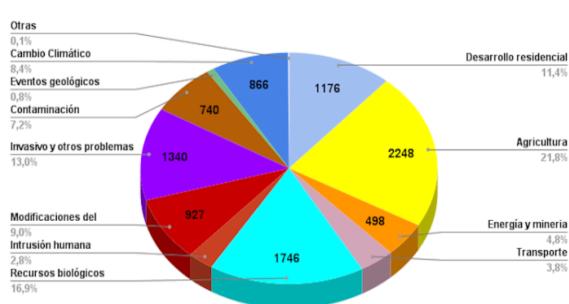
Figura 9: Especies en riesgo de extinción.

Los datos de las especies actuales revelan una gran incidencia debido a las actividades relacionadas para la obtención de recursos biológicos (caza, pesca y deforestación), y la agricultura global, incluyendo la alteración del medio (destrucción de hábitats) causado por las actividades anteriores, especies invasoras y enfermedades, el desarrollo urbano, junto con la contaminación y el cambio climático. En menor medida en comparación con el resto, el transporte o la minería no afectan a un gran número de especies vivas, pero tiene cifras igual de altas, al causar la fragmentación de hábitats y poblaciones, así como la alteración del medio. Todos estos factores influyen más que eventos naturales como terremotos, tsunamis o cambios ambientales y climáticos sin intervención humana.

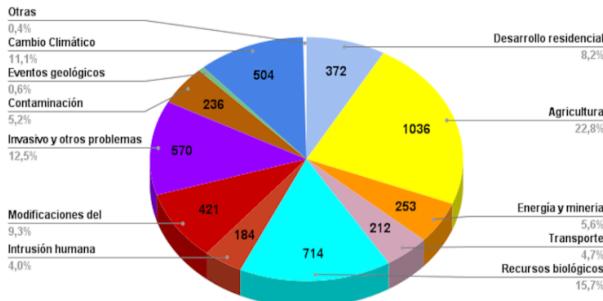
Peces



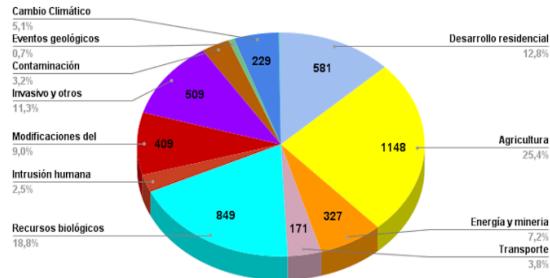
Anfibios



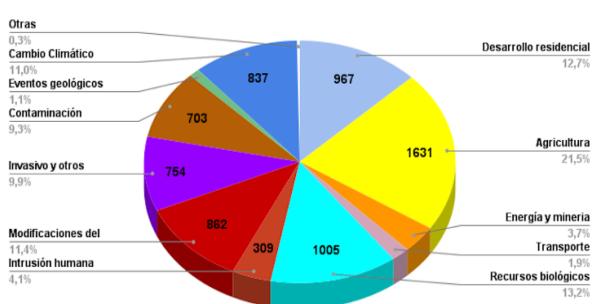
Aves



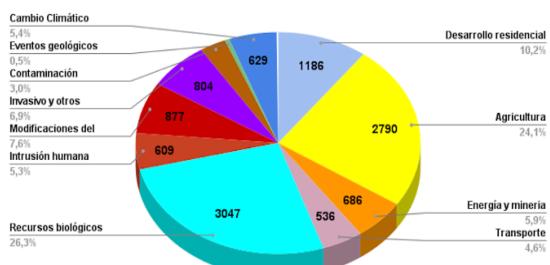
Reptiles



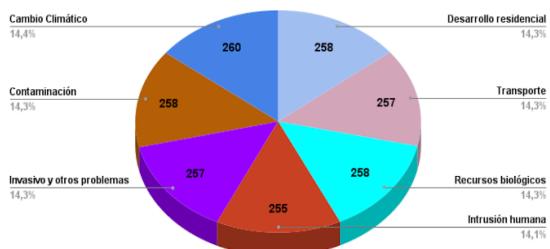
Artrópodos



Mamíferos



Cnidarios



Anélidos

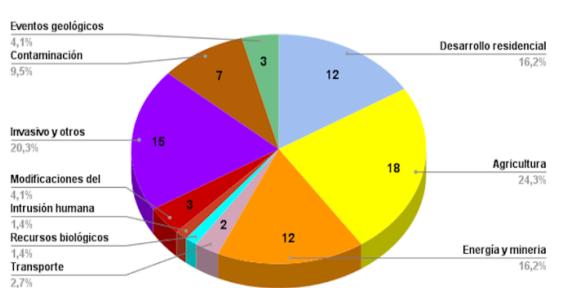
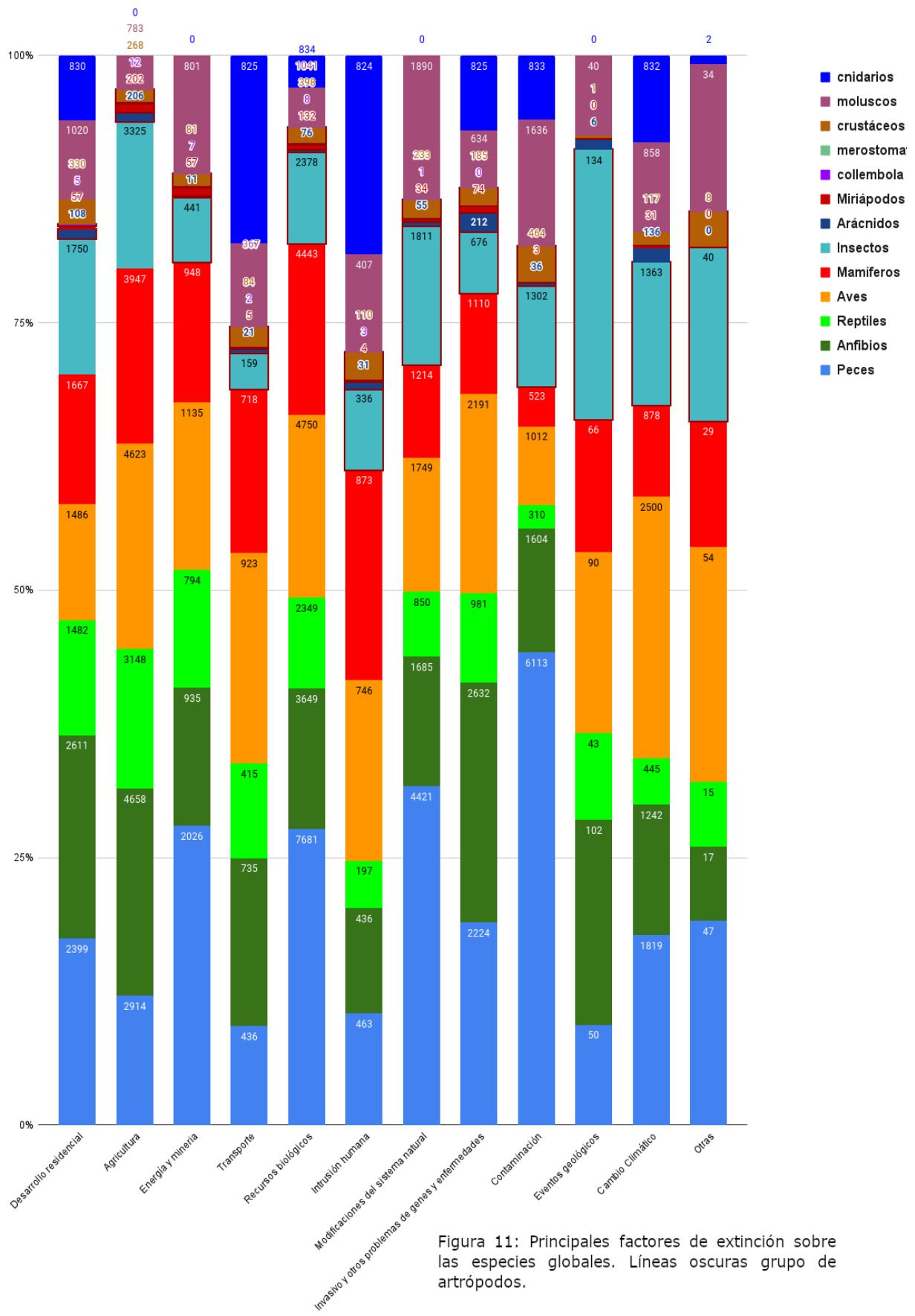


Figura 10: Taxones en peligro de extinción y factores. Color de sectores igual a la Figura 8.



7. DISCUSIÓN GENERAL

He expuesto los resultados obtenidos de la bibliografía recogida sobre la extinción del Pleistoceno con las principales especies extintas de la megafauna en cada continente, mostrando las posibles causas en relación al clima y el ser humano, también los datos numéricos cuantitativos y cualitativos sobre especies en peligro de extinción en la actualidad. Ahora hemos de cuantificar el número total de especies extintas del pleistoceno, al mismo tiempo vamos a correlacionar los eventos climáticos y demográficos con la extinción de la megafauna, para comparar las cifras actuales sobre la tasa de extinción. Se trata de buscar similitudes y diferencias entre ambas extinciones, para contrastar la tasa de extinción actual por la acción simultánea del ser humano con el cambio climático.

7.1. CUANTIFICACIÓN DE ESPECIES EXTINTAS EN EL PLEISTOCENO Y CORRELACIÓN ENTRE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS Y DEMOGRÁFICOS.

El número total de especies extintas de la megafauna del Pleistoceno es 235, correspondiendo a 191 géneros, durante un periodo de alrededor de 50.000 años. Las extinciones son más severas en Australia, Norteamérica y Sudamérica y no suceden al mismo tiempo en el resto de los continentes. La mayoría coinciden con el cambio climático, pero otras coinciden con la dispersión del ser humano.

Australia es un caso singular al registrar la mayor pérdida de diversidad, también es interesante porque comienza hace ~130 mil años en un proceso escalonado durante una transición hacia un ambiente seco y árido, reflejado tanto en la vegetación como en la dieta de los animales fitófagos. El cambio de la vegetación sucede antes de la llegada del ser humano (45'5 Ka), cuando la diversidad era ya muy reducida. Es más curioso, que después de estos dos sucesos, los niveles de carbón vegetal aumenten de forma casi repentina (Fig. 5). Se plantea la posibilidad que la aridez obligase a cambiar la dieta de los animales incidiendo menos en las plantas más vulnerables al fuego o la modificación del paisaje para crear zonas abiertas para la caza, provocando la fragmentación de los hábitats de la megafauna, aunque no hay suficientes pruebas sólidas para la caza el cambio del clima tuvo un gran impacto. Estos sucesos son interesantes porque también son próximos al periodo de expansión glacial en Europa con el descenso de la temperatura.

Sudamérica es un caso igual de interesante por una gran pérdida de especies y un gran número de pruebas que lo relacionan con la actividad antrópica, al mismo tiempo correlacionados con los cambios demográficos, resaltando la gran densidad de especies y artefactos de caza en una región con ambiente de estepa/praderas. Las variaciones entre la abundancia de las puntas de flecha con el descenso de la población en la megafauna coinciden de forma simultánea (Fig. 4). La gran abundancia de especies en una región, especializadas en vivir en ambientes abiertos también es muy similar. Parece que la entrada del humano moderno en Sudamérica fue la causa principal de la pérdida de biodiversidad al menos en la región de la Pampa y la Patagonia por alta concentración de yacimientos de animales y artefactos para la caza (Prates et al., 2021).

Las extinciones en Norteamérica y Europa tienen correlación tanto con el cambio climático, como con la llegada del ser humano, pero ambos casos ocurren de forma muy diferente con respecto a las pruebas de actividad antrópica, los cambios ambientales y la distribución de las especies. Por un lado, en Norteamérica el clima comenzó a cambiar hace alrededor de 16-14 mil años hasta hace 10 mil años, contemporáneo a la regresión glaciar con mayor incidencia hace 13'8-11'4 Ka. La llegada del ser humano ocurrió antes, pero no hay ningún indicio de caza hasta hace 14.500 años, entonces con el comienzo del periodo Clovis (13'15-12'85 Ka) aparecen lugares de matanzas de grandes animales y algunas actividades antrópicas a escala local disminuyendo hace 11 mil años. Estos sucesos coinciden dentro del intervalo de extinción de forma muy próxima.

Las causas de la extinción en Eurasia apuntan más al cambio climático con la reducción del hábitat dividido en dos pulsos de extinción, con dos clases de fauna adaptadas según el clima dominante coincidiendo con el avance y la regresión glaciar. El humano moderno llegó a Europa hace 40.000 años, pero su presencia estaba limitada al sur de Europa y la baja interacción con especies de mamíferos grandes, al contrario que las más pequeñas, revela que estas actividades tuvieron un impacto menor. Sin embargo, la expansión humana provocaría la competencia indirecta por el espacio, mientras las masas glaciares avanzaron causando la expansión de la estepa y la extinción de especies adaptadas al clima cálido. Después, al retroceder las masas glaciares, las estepas fueron reemplazadas por bosques, cambiando la distribución hasta residir en áreas reducidas a consecuencia de la pérdida de su hábitat para las especies adaptadas al clima frío.

El sudeste de Asia y África muestran la menor pérdida de megafauna, además de una variedad de animales adaptados a ambientes muy concretos. Es más inusual las extinciones en África a pesar de la prolongada convivencia con el ser humano. No hay indicios de pérdida de biodiversidad por parte del ser humano, sino por la expansión de la sabana y espacios abiertos. Posiblemente debido a su posición geográfica permitió su persistencia (Rabanus-Wallace et al., 2017). Solo hay pocos casos de extinción en las islas del sudeste de Asia por el hombre, pero la mayoría coinciden más con el cambio de ambientes abiertos con pastizales a cerrados de bosques durante el *Last Glacial Maximum*.

La gravedad de las extinciones en los continentes de América y Australia tendrán relación con el aislamiento geográfico y la especialización por hábitats, más significativo en Sudamérica por la evolución de la fauna previa al Gran Intercambio Americano (formación del Istmo de Panamá). En el caso de Australia, el aislamiento geológico también habría agravado el cambio climático y la posible incidencia humana en la megafauna. Norteamérica tuvo una combinación entre ambos factores con fechas muy cercanas. Las extinciones en Eurasia, el Sudeste asiático y África están más relacionadas con cambios ambientales debidos al clima, con pocos casos en relación con la actividad antrópica.

7.2. COMPARACIÓN DE LA TASA DE EXTINCIÓN DEL PLEISTOCENO FRENTE A LA ACTUAL.

Las especies extintas del Pleistoceno corresponden en su mayoría a mamíferos grandes, especializados en vivir en hábitats concretos con necesidades biológicas específicas. Las especies herbívoras eran animales de baja densidad de población y un ritmo de reproducción lento, las especies depredadoras dependían de presas grandes que al desaparecer no fueron capaces de obtener sustento suficiente causando su extinción.

Comparando las actividades antrópicas durante el Pleistoceno con las actuales, éstas sólo fueron registradas en áreas locales o puntuales, no todas alteraron el ambiente salvo en algunos casos como en Australia y Norteamérica mostrando una modificación del medio casi simultánea. Tampoco todas las actividades humanas como la caza actuaron de forma directa y sincrónica sobre la fauna como en Sudamérica, algunas demuestran que la presencia humana forzó a cambiar la distribución de algunas especies para evitar el contacto entre sí, pero con una incidencia mucho menor como en Eurasia revelando una sincronía con el avance y la retirada glacial a finales del Pleistoceno para ambas clases de megafauna. Aquellas adaptadas

a un clima cálido (oso cavernario) ocurren en un periodo donde ocurre un descenso súbito de la temperatura (Evento Heinrich) con variaciones negativas en la temperatura, mientras las especies adaptadas al frío (mamuts y rinocerontes) desaparecen en un periodo de ascenso en la temperatura al final del Pleistoceno, con una diferencia respecto a la media actual muy alta en ambos casos sus poblaciones quedaron en zonas aisladas coincidiendo con el cambio ambiental y una mayor influencia con el cambio climático.

El número actual supera las 17.500 especies animales en riesgo de extinción. Esta cifra es muy elevada, además no afecta solo a un grupo de animales o una clase morfológica concreta, sino a toda la biodiversidad y los grupos más afectados son los peces y artrópodos, junto con el resto de vertebrados que habitan en regiones tropicales. Las cifras revelan que las actividades humanas son la mayor amenaza para las especies actuales. Las principales con mayor impacto tanto para los taxones globales como para las especies en mayor riesgo son la agricultura y la obtención de recursos (caza, pesca y deforestación), al incidir de forma directa en el medio natural causando la pérdida de hábitat, limitando su distribución a zonas aisladas. Estas provocan la expansión humana causando la alteración y degradación del

Temperatura global de la superficie frente a Edad(Ka)

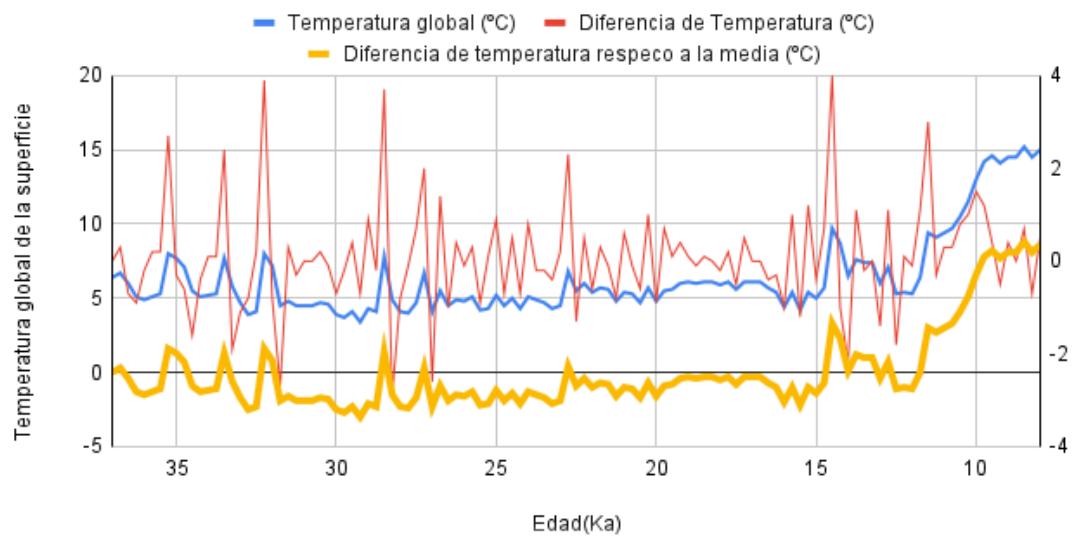


Figura 12: Temperatura global al final del Pleistoceno. Datos obtenidos de ICEMAP.

medio. Ahora, los organismos viven en zonas cada vez más reducidas, siendo muy vulnerables a las actividades antrópicas, las enfermedades y el cambio climático, en gran medida las especies tropicales y regiones polares donde el impacto sobre su hábitat y poblaciones es mayor por la presencia de recursos naturales (madera, minerales y agricultura). El 40% de la superficie terrestre es empleada para la agricultura y hasta ahora

más del 75% ha sido alterada y en 2030 será el 90% (Saavedra, 2021). Este nuevo evento climático es más acelerado que a finales del Pleistoceno, además durante este periodo la temperatura global era $6'4^{\circ}\text{C}$ más baja, entonces hace 12 mil años comenzó su ascenso durante 4 mil años hasta el valor actual (Fig. 12), con un ascenso aproximado de $13 \times 10^{-4}^{\circ}\text{C}$ por año, mientras que el ascenso actual en los últimos 50 años (1977-2023) y la última década (2015-2023) años ha sido de $0'5^{\circ}\text{C}$ y $0'96^{\circ}\text{C}$ respectivamente (Fig. 7). Al mismo tiempo revelan que a medida que el océano absorbe más calor el hielo glaciar disminuye en relación al aumento de la temperatura global que describe una trayectoria similar a un *stick de hockey*.

El número de especies extintas documentadas es hasta ahora 909, casi 800 son especies de animales y la mayoría son especies de moluscos con casi 300 especies, seguido por los grupos de las aves (159), mamíferos y peces (84), artrópodos (81), en último lugar anfibios y reptiles (37; 32). Estas extinciones han ocurrido en un periodo de tiempo de menos de 1000 años, en comparación con la extinción a finales del Pleistoceno, es más elevada y con diversidad biológica mayor a la vez más amplia. La mayoría pertenecen a las regiones del África subsahariana, Oceanía y Norteamérica, correspondiendo a especies isleñas y más de la mitad han sido a consecuencia de la actividad humana como la caza, la deforestación y especies invasoras. Según estudios recientes la tasa de extinción actual es 1700 veces mayor que a principios del Pleistoceno Tardío (Andermann et al., 2020) pero en las próximas décadas es posible que esta cifra aumente, por la creciente pérdida de diversidad.

En ambas extinciones ocurre una pérdida de hábitat y aislamiento de las poblaciones. El cambio climático sucede de forma casi simultánea a la llegada del hombre, pero en la actualidad esta alteración en el clima es a consecuencia de la actividad humana además es más acelerada. Las actividades antrópicas ocurrieron a escala local o zonas aisladas, con influencia indirecta en algunas especies por competencia por el espacio y directa en otras afectadas por la caza o la modificación del paisaje, en la actualidad las actividades humanas ocurren a escala global actuando de forma directa sobre los ecosistemas y especies para la obtención de recursos.

8. CONCLUSIONES

Las extinciones de la megafauna al final del Pleistoceno ocurrieron en todos los continentes en diferentes momentos, afectó más a mamíferos grandes y el principal factor contribuyente fueron los cambios climáticos causando la pérdida de hábitat así como el aislamiento de las poblaciones. Las actividades antrópicas influyeron en pocas especies con un impacto local o aislado con excepción de Sudamérica. Ambas ocurrieron casi al mismo tiempo.

El actual evento de extinción afecta a toda la biodiversidad, la tasa de extinción es más alta y acelerada que durante el Pleistoceno. Las actividades antrópicas son la principal causa de las extinciones comprendidas por aquellas para la obtención de recursos (agricultura, deforestación, caza y pesca), la contaminación y el desarrollo humano. El crecimiento de las actividades antrópicas en los próximos años podría aumentar.

BIBLIOGRAFÍA

- Abad, C. A. (2021): Cambios climáticos, eventos asociados y registro geológico. *Paleoclimatología y facies; análisis multiproxy de la evolución climática*. Asignatura del Máster universitario en Geología: Técnicas y Aplicaciones. Universidad de Zaragoza. pp 130.
- Ansell, T. H (2021): To what extent can humans be blamed for the end-Pleistocene mass extinction megafaunal?. *Routes* 2 (1): 10-14. Disponible en: <<https://routesjournal.org/2021/08/07/r2062/>> (fecha de consulta: 28/08/23).
- Alcaine, M. R. L. (2010): *Los cazadores americanos del Paleolítico Superior*. Publicación digital de Historia y Ciencias Sociales, 97, 1-10. Disponible en: <<http://www.claseshistoria.com/revista/index.html>> (fecha de consulta: 28/08/23).
- Andermann, T., Faurby, S., Turvey, S. T., Antonelli, A. y Silvestro, D. (2020): The past and future human impact on mammalian diversity. *Science Advances* 6: 1-17. Disponible en: <<https://doi.org/10.1126/sciadv.abb2313>> (fecha de consulta: 29/09/23).
- Arppe, L., Karhu, J. A., Vartanyan, S. Drucker, D. G., Etu-Sihvola, H. y Bocherens, H. (2019): Thriving or surviving? *The isotopic record of the Wrangel Island woolly mammoth population*. *Quaternary Science Reviews*, 222: 1-15. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.105884>> (fecha de consulta: 29/08/23).

Baca, M., Nadachowski, A., Lipecki, G., Mackiewicz, P., Marciszak, A., Popovic, D., Socha, P., Stefaniak K. y Wojtal, P. (2017): Impact of climatic changes in the Late Pleistocene on migrations and extinctions of mammals in Europe: four case studies. *Geological Quarterly*, 61 (2): 291-304. Disponible en: <<https://doi.org/10.7306/gq.1319>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Barnosky, A. D. Koch, P. L., Feranec, R. S., Wing, S. L. y Shabel., A. B. (2004): Assesing the Causes of Late Pleistocene Extinctions on the Continents. *Science*, 306: 70-75. Disponible en: <<https://doi.org/10.1126/science.1101476>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Bennet, M. R., Bustos, D., Pigati, J. S., Springer, K. B., Urban, T. M., Holliday, V. T., Reynolds, S.C., Budka, M., Honke, J.S. y Odess, D. (2021): Evidence of humans in North America during the Last Glacial Maximum. *Science*, 373, 1528-1531. Disponible en: <<https://doi.org/10.1126/science.abg7586>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Bocherens, H., Cotte, M., Bonini, R. A., Straccia, P., Scian, D., Soibelzon, L. y Prevosti, F. J. (2017): *Isotopic insight on paleodiet of extinct Pleistocene megafaunal Xenarthrans from Argentina*. En: *Gondwana Research. Journal International Research* (4), 7-14. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.04.003>> (fecha de consulta: 28/09/23).

Boulanger, M. T. y Lyman, R. L. (2014): *Northeastern North American Pleistocene megafauna chronologically overlapped minimally with Paleoindians*. Quaternary Science Reviews, 85: 35-46. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.11.024>> (fecha de consulta: 29/09/23).

Braje, T. J. y Erlandson, J. M. (2013): Human acceleration of animal and plant extinction. A late Pleistocene, Holocene, and Anthropocene continuum. *Anthropocene* (4), 14-23. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2013.08.003>> (fecha de consulta: 27/09/23).

Broughton, J. M. y Weitzel, E. M. (2018): Population reconstructions for humans and megafauna suggest mixed causes for North American Pleistocene extinctions. *Nature Communications* 9: 1-12. Disponible en: <<https://doi.org/10.1038/s41467-018-07897-1>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Carlini, A. A., Carrillo-Briceño, J. D., Jaimes, A., Aguilera, O., Zurita, A. E., Iriarte, J. y Sanchez-Villagra, M. R. (2022): Damaged glyptodontid skulls from Late Pleistocene sites of northwestern Venezuela: evidence of hunting by humans. *Swiss Journal of Palaeontology*, 141 (11): 8-10. Disponible en: <<https://doi.org/10.1186/s13358-022-00253-3>> (fecha de consulta: 08/08/24).

Deep Time Map, 2020 (fecha de consulta: 5/9/2023). Disponible en: <<https://deephitemaps.com/map-lists-thumbnails/global-paleogeography-and-tectonics-in-deep-time/>>

DeSantis, L. R. G., Field, J. H., Wroe, S. y Dodson, J. R. (2017): Dietary responses of Sahul (Pleistocene Australia-New Guinea) megafauna to climate and environmental change. *Paleobiology*, 43(2): 181-195. Disponible en: [doi:10.1017/pab.2016.50](https://doi.org/10.1017/pab.2016.50) (fecha de consulta: 28/08/23).

Faith, J. T. (2011): *Late Pleistocene climate change, nutrient cycling, and the megafaunal extinctions in North America*. Quaternary Science Reviews, 30: 1675-1680. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2011.03.011> (fecha de consulta: 28/08/23).

Faith, J. T. (2014): *Late Pleistocene and Holocene mammal extinctions on continental Africa*. Earth-Science Reviews 128: 105-121. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.10.009> (fecha de consulta: 28/08/23).

Field, J. y Wroe, S. (2012): Aridity, faunal adaptations and Australian Late Pleistocene extinctions. *World Archaeology. Faunal Extinctions and Introductions*, 44 (1): 56-74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/00438243.2012.647572> (fecha de consulta: 28/08/23).

Firestone, R. B., West, A., Kennett, J. P., Becker, L., Bunch, T. E., Revay, Z. S., Schultz, P. H., Belgya, T.m Kennett, D. J., Erlandson, J. M., Dickenson, O. J., Goodyear, A. C., Harris, R. S., Howard, G. A., Kloosterman, J. B., Lechler, P. Mayewski, P. A., Montgomery, J. Poreda, R., Darrah, T., Que Hee, S. S., Smith, A. R., Stich, A., Topping, W., Wittke, J. H. y Wolbach, W. S. (2007): *Evidence for an extraterrestrial impact 12,900 years ago that contributed to the megafaunal extinctions and the Younger Dryas cooling*. PNAS, 104 (41), 16016-16021. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.0706977104> (fecha de consulta: 28/09/23).

Gallo, V., Avilla, L. S., Pereira, R. C. L. y Absolon, B. A. (2013): Distributional patterns of herbivore megamammals during the Late Pleistocene of South America (2013). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 85(2): 533-546. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000200005> (fecha de consulta: 02/09/23).

García-Vázquez, A., Fortes, G. G., d'Anglade, A. G. y Llona, A. C. P. (2014): Distribución y cronología del oso pardo (*Ursus arctos* L.) en la Península Ibérica durante el Pleistoceno Superior y Holoceno. *Revista Española de Paleontología* 30 (1): 161-184. Disponible en: <http://doi.org/10.7203/sjp.30.1.1723> (fecha de consulta: 16/09/24).

García, L. R. (2020): Cambios de la biodiversidad en la historia de la Tierra. Eventos de extinción. Universidad de Jaén. Facultad de Ciencias Experimentales. pp. 30-35.

Gillespie, R. Brook, B. W. y Baynes, A. (2006): Short overlap of humans and megafauna in Pleistocene Australia. *Alcheringa: An Australiasian Journal of Paleontology*, 30 (1): 163-186. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03115510609506861> (fecha de consulta: 28/08/23).

Global Average Surface Temperature. Climate Dashboard, NOAA (fecha de consulta: 17/06/2024). Disponible en: <<https://www.climate.gov/media/15021>>

Grayson, D. K. (1984): Archaeological Associations with Extinct Pleistocene Mammals in North America. *Journal of Archaeological*, 11: 213-221. Disponible en: <[https://doi.org/10.1016/0305-4403\(84\)90002-5](https://doi.org/10.1016/0305-4403(84)90002-5)> (fecha de consulta: 28/08/23).

Grayson, D. K. (2007): Deciphering North American Pleistocene Extinctions. *Journal of Anthropological*, 63: 185-213. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.3998/jar.0521004.0063.205>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Halligan, J. J. (2013): *Reconstructing the Pleistocene Environment of the Greater Southeast*. En: *The eastern fluted point tradition*, 12 (55): 58-72. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/319991651_Reconstructing_the_pleistocene_environment_of_the_greater_southeast> (fecha de consulta: 28/08/23).

ICEMAP interactive (fecha de consulta: 08/09/2024). Disponible en: <<https://icemap.rhewlif.xyz>>

Johnson, C. N., Alroy, J., Beeton, N. J., Bird, M. I., Brook, B. W., Cooper, A., Gillespie, R., Herrando-Perez, S., Jacobs, Z., Miller, G. H., Prideaux, G. J., Roberts, R. G., Rodríguez-Resy, M., Saltré, F., Turney, C. S. M. y Bradshaw, C. J. A. (2016): *What caused extinction of the Pleistocene megafauna of Sahul?*. *The Royal Society Publishing* 283 (1824): 20152399. Disponible en: <<https://doi.org/10.1073/pnas.1302698110>> (fecha de consulta: 28/09/23).

Kring, D. A., Jull, A. J. T., McHargue, L. R., Bland, P. A., Hill, D. H. y Berry, F. J. (2001): Gold Basin meteorite strewn field, Mojave Desert, northwestern Arizona: Relic of a small late Pleistocene impact event. *Meteoritics & Planetary Science* 36 (8): 1057-1066. Disponible en: <https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2001M&PS...36.1057K/doi:10.1111/j.1945-5100.2001.tb01944.x> (fecha de consulta: 28/08/23).

Lista Roja de Especies Amenazadas, versión en inglés. UICN 2024. Red List of Threatened Species (última modificación, 2024-2). Disponible en: <<https://www.iucnredlist.org/es>>.

Louys, J., Meijaard, E. (2010): Palaeoecology of Southeast Asian megafauna-bearing sites from the Pleistocene and a review of environmental changes in the region. *Journal of Biogeography* 37 (8): 1432-1449. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2699.2010.02297.x>> (fecha de consulta: 12/09/23).

Louys, J., Braje, T. J., Chang, C. H., Cosgrove, R., Fitzpatrick, S. M., Fujita, M., Hawkins, S., Ingicca, T., Kawamura, A., MacPhee, R. D. E., MacPhee, R. D. E., McDowell, M. C., Meijer,

H. J. M., Piper, P. J., Roberts, P., Simmons, A. H., van den Bergh, G., van der Geer, A., Kealy, S. y O'Connor, S. (2021): *No evidence for widespread island extinctions after Pleistocene hominin arrival*. PNAS, 118 (20). Disponible en: <<https://doi.org/10.1073/pnas.2023005118>> (fecha de consulta: 29/09/23).

McDonald, H. G. (2022): Palaeoecology of the extinct Shasta ground sloth, *Nothrotheriops shastensis* (Xenarthra, Nothrotheridae): The physical environment. En: Late Cenozoic Vertebrate Paleontology: Tribute to Arthur H. Harris (Morgan et al., 2022). New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin 88, 33-43. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/360731874_PALEOECOLOGY_OF_THE_EXTINCT_SHASTA_GROUND_SLOTH_NOTHROTHERIOPS_SHASTENSIS_XENARTHRA_NOTHROTHERIDAE_THE_PHYSICAL_ENVIRONMENT> (fecha de consulta: 28/09/23).

Meltzer, D. J. (2020): *Overkill, glacial history, and extinction of North America's Ice Age megafauna*. PNAS, 117 (46), 28555-28563. Disponible en: <<https://doi.org/10.1073/pnas.2015032117>> (fecha de consulta: 29/09/23).

Miller, J. H., Fisher, D. C., Crowley, B. E., Secord, R., Konomi, B. A. (2022): *Male mastodon landscapes used changed with maturation (late Pleistocene, North America)*. PNAS, 119 (25): 1-10. Disponible en: <<https://doi.org/10.1073/pnas.2118329119>> (fecha de consulta: 29/09/23).

Mondanaro, A., Di Febbraro, M., Melchionna, M., Maiorano, L., Di Marco, M., Edwards, N. R., Holden, P. B., Castiglione, S., Rook, L. y Raia, P. (2021): The role of habitat fragmentation in Pleistocene megafauna extinction in Eurasia. *Ecography*, 44 (11): 1619-1630. Disponible en: <<https://doi.org/10.1111/ecog.05939>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Nikolskiy, P.A., Sulerzhitsky, L.D. y Pitulko, V.V. (2011): *Last straw versus Blitzkrieg overkill: Climate-driven changes in the Arctic Siberian mammoth population and the Late Pleistocene extinction problem*. Quaternary Science Reviews, 30: 2309-2328. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.10.017>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Pacher, M. y Stuart, A. J. (2008): Extinction chronology and paleobiology of the cave bear (*Ursus spelaeus*). *Boreas*, 38 (2): 189-206. Disponible en: <<https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.2008.00071.x>> (fecha de consulta: 20/09/23).

Planelles, M., Alvarez, C. y Navarro, L. (2023): *2023 es el año más caluroso en milenios: ¿Por qué y cómo se mide?*. El País. Madrid (Última actualización: 6/12/23). Disponible en: <<https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2023-12-06/2023-es-el-mas-caluroso-en-al-menos-11000-anos-por-que-y-como-se-mide.html>>

Prates, L. y Perez, S. I. (2021): Late Pleistocene South American megafaunal extinctions associated with rise of Fishtail points and human population. *Nature Communications*, 12: 1-30. Disponible en: <<https://doi.org/10.1038/s41467-021-22506-4>> (fecha de consulta: 12/10/23).

Polyak, V. J., Asmerom, Y., Burns, S. J y Lachniet, M. S (2012): Climatic backdrop to the terminal Pleistocene extinction of North American mammals. En: *Geology*, 40 (11), 1023-1026. Disponible en: <<https://doi.org/10.1130/G33226.1>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Price, M. (2023): Death By Fire: Wildfires, intensified by climate change and perhaps human activity, may have doomed Southern California's big mammals 13,000 years ago. *Science*, 381 (6659): 724-727. Disponible en: <<https://doi.org/10.1126/science.add3507>> (fecha de consulta: 28/09/23).

Prideaux, G. J., Lang, J. L., Ayliffe, L., Hellstrom, J. C., Pillons, B., Boles, W. E., Hutchinson, M. N., Roberts, R. G., Copper, M. L., Arnold, L. J., Devine, P. D. y Worburton, N. M. (2007): An arid-adapted middle Pleistocene vertebrate fauna from south-central. *Nature*: Vol. 445, 422-425. Disponible en: <<https://doi.org/10.1038/nature05471>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Pushkina, D. y Raia, P. (2008): *Human influence on distribution and extinctions of the late Pleistocene Eurasian megafauna*. Journal of Human Evolution, 20: 1-14. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.jhevol.2007.09.024>> (fecha de consulta: 15/11/23).

Rabanus-Wallace, M. T., Wooller, M. J., Zazula, G. D., Shute, E., Jahren, A. H., Kosintsev, P., Burns, J. A., Breen, J., Llamas, B. y Cooper, A. (2017): Megafaunal isotopes reveal role of increased moisture on rangeland during late Pleistocene extinctions. *Nature ecology and evolution* 1, (125), Springer Nature, 1-5. Disponible en: <<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0125>> (fecha de consulta: 28/09/23).

Rivals, F., Prilepskaya, N. E., Belyaev, R. I y Pervushov, E. M. (2020): Dramatic change in the diet of a late Pleistocene *Elasmotherium* population during its last days of life: Implications for its catastrophic mortality in the Saratov region of Russia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 556: 1-10. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109898>> (fecha de consulta: 13/09/23).

Rule, S., Brook, B. W., Haberle, Simon G., Turney, C. S. M., Kershaw, A. P. y Johnson, C. N. (2012): The Aftermath of Megafaunal Extinction: Ecosystem Transformation in Pleistocene Australia. *Science*, 335: 1483-1486. Disponible en: <<https://doi.org/10.1126/science.1214261>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Saavedra, N. C. (2021): *Revisión bibliográfica: La sexta extinción masiva*. Universidade Da Coruña, Grao en Bioloxía, 1-19.

Scott, E. (2009): Extinctions, scenarios, and assumptions: Changes in latest Pleistocene large herbivore abundance and distribution in western North America. *Quaternary International*, 217 (1-2): 225-239. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.11.003>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Steele, T. E. (2007): Late Pleistocene of Africa. *Earth-Science Reviews* 128, 105-121. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.10.009>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Stuart, A. J., Kosintsev, P. A., Higham, T. F. G. y Lister, A. M. (2004): Pleistocene to Holocene extinction dynamics in giant deer and woolly mammoth. *Nature Publishing Group* 43: 684-689. Disponible en: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15470427/>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Stuart, A. J. (2005): *The extinction of woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) and straight-tusked elephant (*Palaeoloxodon antiquus*) in Europe*. *Quaternary International*, 126-128: 171-177. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2004.04.021>> (fecha de consulta: 28/09/23).

Stuart, A. J. y Lister, A. M. (2010): *Extinction chronology of the wooly rhinoceros *Coelodonta antiquitatis* in the context of late Quaternary megafaunal extinctions in northern Eurasia*. *Quaternary Science Reviews*, 51: 1-17. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2012.06.007>> (fecha de consulta: 02/09/23).

Stuart, A. J. y Lister, A. M. (2012): Extinction chronology of the cave lion *Panthera spelaea*. *Quaternary Science Reviews*, 30: 1-12. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2010.04.023>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Surasprasit, K., Shoacagdej, R., Chintakanon, K., y Bocherens, H. (2021): Late Pleistocene human paleoecology in the highland savanna ecosystem of mainland Southeast Asia. *Scientific Repost* 11. Disponible en: <<https://doi.org/10.1038/s41598-021-96260-4>> (fecha de consulta: 12/09/23).

Svendsen, J. I., Alexanderson, H., Astakhov, V.I., Demidov, I., Dowdeswell, J. A., Funder, S., Gataullin, V., Henriksen, M., Hkort, C., Houmark-Nielsen, M., Hubberten, Hans-Wolfgang, Ingolfsson, O., Jacobsson, M., Kajer, K., Larse, E., Lokrantz, H., Lunkka, J. P., Lysa, A., Mangerud, J., Matiushkov, A., Murray, A., Möller, P., Niessen, Frank, Nikolskaya, O., Polyak, L., Saarnisto, M., Siegert, Christine, Siegert, M. J., Spielhagen, Robert F. and Stein, Rüdiger (2004): *Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia*. *Quaternary Science Reviews*, 23 (11-13): 1229-1271. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2003.12.008>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Torres-Romero, E. J., Giordano, A. J., Ceballos, G. y Lopez-Bao, J. V. (2020): Reducing the sixth mass extinction: Understanding the value of human-altered landscapes to the conservation of the world's largest terrestrial mammals. *Biological Conservation*, 249: 1-9. Disponible en: <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108706>> (fecha de consulta: 13/09/23).

Wroe, S. y Field, J. (2004): Megafaunal extinction in the late Quaternary and the global overkill hypothesis. *Alcheringa*, 28 (1): 291-331. Disponible en: <<https://doi.org/10.1080/03115510408619286>> (fecha de consulta: 29/09/23).

Wroe, S., Field, J. H., Archer, M., Grayson, D. K., Price, G. J., Louys, J., Faith, J. T., Webb, G. E., Davidson, I., y Mooney, S. D. (2013): *Climate change frames debate over the extinction of megafauna in Sahul (Pleistocene Australia-New Guinea)*. En: O'Connell, J. (ed.): PNAS, 110 (22), 8777-8781. Disponible en: <<https://doi.org/10.1073/pnas.1302698110>> (fecha de consulta: 28/09/23).

van der Kaars, S., Miller, G. H., Turney, C. S. M., Cook, E. J., Nürnberg, D., Schönfeld, J., Kershaw, A. P. y Lehman, S. J. (2017): Humans rather than climate the primary cause of Pleistocene megafaunal extinction in Australia. *Nature Communications* 8: 1-7. Disponible en: <<https://doi.org/10.1038/ncomms14142>> (fecha de consulta: 28/08/23).

Velásquez, J. A. S. (2021): *Gerencia de campos no convencionales de lutitas. La gran pregunta y la gran verdad: el CO₂ y el calentamiento global*, 16. ¿La emisión a la atmósfera de gases con anhídrido carbónico y metano provenientes de los combustibles, derivados de la producción de Yacimientos Convencionales y No Convencionales de Lutitas, son causantes del calentamiento global? (Parte 5). pp. 1-10. Disponible en: <<https://petroleumag.com/gerencia-de-campos-no-convencionales-de-lutitas-capitulo-xvi/>> (fecha de consulta: 28/09/23).

Zaar, M. H. (2021): *Cambio climático antropogénico y decrecimiento*. GeoCrítica, 25 (250): 1-30. Disponible en: <https://www.researchgate.net/deref/https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1344%2Fara2021_250_33232?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19> (fecha de consulta: 20/09/23).

ANEXO 1

Orden	Familia	Género
Cingulata	Pampatheriidae	<i>Pampatherium</i>
		<i>Holmesina</i>
	Chlamyphoridae	<i>Glyptotherium</i>
Xenarthra (Pilosa)	Megalonychidae	<i>Megalonyx</i>
	Megatheriidae	<i>Eremotherium</i>
		<i>Nothrotheriops</i>
	Mylodontidae	<i>Paramylodon</i>
Carnivora	Mustelidae	<i>Brachyprotoma</i>
	Caninae	<i>Cuon</i>
		<i>Aecyon</i>
	Ursidae	<i>Tremarctos</i>
		<i>Arctodus</i>
	Felidae	<i>Smilodon</i>
		<i>Panthera</i>
		<i>Homotherium</i>
		<i>Miracinonyx</i>
Rodentia	Castoridae	<i>Castoroides</i>
	Hydrochaeridae	<i>Hydrochoerus</i>
		<i>Neichoerus</i>
Lagomorpha	Leporidae	<i>Aztlanolagus</i>
Perissodactyla	Equidae	<i>Equus</i>
		<i>Haringtonhippus</i>
	Tapiridae	<i>Tapirus</i>
Artiodactyla	Tayassuidae	<i>Mylohyalus</i>
		<i>Platygonus</i>
	Camelidae	<i>Camelops</i>
		<i>Hemiauchenia</i>
		<i>Paleolama</i>

	Cervidae	<i>Navahoceros</i>
		<i>Cervalces</i>
	Antilocapridae	<i>Capromeryx</i>
		<i>Tetrameryx</i>
		<i>Stockocernos</i>
	Bovidae	<i>Saiga</i>
		<i>Bison</i>
		<i>Euceratherium</i>
		<i>Bootherium</i>
Notoungulata (Toxodonta)	Toxodontidae	<i>Mixotoxodon</i>
Proboscidea	Gomphotheriidae	<i>Cuvieronius</i>
	Mammutidae	<i>Mammut</i>
	Elephantidae	<i>Mammuthus</i> (2)

ANEXO 2

Orden	Familia	Género/Especies (Nº)
Carnivora	Hyaenidae	<i>Crocuta crocuta spelaea</i>
	Felidae	<i>Homotherium</i>
		<i>Panthera leo spelaea</i>
	Ursidae	<i>Ursus spelaeus</i>
Perissodactyla	Rinocerotidae	<i>Coelodonta antiquitatis</i>
		<i>Elasmotherium</i> (2)
		<i>Stephanorhinus</i> (2)
	Hippopotamidae	<i>Hippopotamus</i> (4)
Artiodactyla	Cervidae	<i>Megaloceros</i>
		<i>Cervalces</i>
	Bovidae	<i>Spirocerus</i>
		<i>Ovibos</i>
		<i>Bison priscus</i>
Proboscidea	Elephantidae	<i>Palaeoloxodon</i> (6)
		<i>Mammuthus</i> (2)

ANEXO 3

Orden	Familia	Género/(Nº Especies)
Cingulata	Chlamyphoridae	<i>Glyptodon</i> <i>Glyptotherium</i> <i>Doedicurus</i> <i>Hoplophorus</i> <i>Panochthus</i> <i>Parapanochthus</i> (2)
Xenarthra (Pilosa)	Megatheriidae	<i>Megatherium</i>
	Mylodontidae	<i>Lestodon</i> <i>Glossotherium</i> <i>Mylodon</i>
Perissodactyla	Equidae	<i>Equus</i> <i>Hippidion</i> (3)
Artiodactyla	Camelidae	<i>Hemiauchenia</i> <i>Palaeolama</i> (2)
Meridiungulata	Macraucheniiidae	<i>Macrauchenia</i>
	Toxodontidae	<i>Mixotoxodon</i> <i>Toxodon</i>
Proboscidea	Gomphotheriidae	<i>Cuvieronius</i> <i>Notiomastodon</i>
Carnivora	Felidae	<i>Smilodon</i>
	Canidae	<i>Aecyon</i>
	Ursidae	<i>Arctotherium</i>

ANEXO 4

Orden	Familia	Género/(Nº Especies)
Diprotodontia	Diprotodontidae	<i>Diprotodon</i>
		<i>Nototherium</i>
		<i>Euowenia</i>
		<i>Zygomaturus</i>
		<i>Hulitherium</i>
		<i>Maokopia</i>
		<i>Euryzygoma</i>
		<i>Kolopsis</i>
		<i>Kukaodonta</i>
	Palorchestidae	<i>Palorchestes</i> (3)
	Potoroidae	<i>Borungaboodie</i>
	Macropodidae	<i>Procoptodon</i> (7)
		<i>Simothenurus</i> (8)
		<i>Metasthenurus</i>
		<i>Sthenurus</i> (4)
		<i>Protomnodon</i> (7)
		<i>Troposodon</i>
		<i>Dendrolagus</i>
		<i>Baringa</i> (4)
		<i>Congruus</i> (3)
		<i>Bohra</i> (3)
		<i>Wallabia</i>
		<i>Macropus</i> (5)
		<i>Kurrabi</i>
	Vombatidae	<i>Phascolonus</i>
		<i>Vombatus</i>
		<i>Lasiorhinus</i>
		<i>Ramsayia</i>

		<i>Warendja</i>
		<i>Phascolomys</i>
	Phascolarctidae	<i>Phascolarctos</i> (2)
	Petauridae	<i>Pseudokoala</i>
	Hypsiprymnodontidae	<i>Propleopus</i>
	Thylacoleonidae	<i>Thylacoleo</i> (2)
Dasyuromorphia	Dasyuridae	<i>Sarcophilus</i>
Monotremata	Tachyglossidae	<i>Megalibgwilia</i>
		<i>Zaglossus</i>

ANEXO 5

Orden	Familia	Género/(Nº Especies)
Carnivora	Felidae	<i>Megantereon</i>
		<i>Acinonyx pleistocaenicus</i>
	Hyaenidae	<i>Hyaena brevirostris</i>
	Canidae	<i>Cuon dubius</i>
	Ursidae	<i>Ailuropoda microta</i>
Artiodactyla	Suidae	<i>Sus</i> (3)
	Cervidae	<i>Axis</i>
		<i>Cervus</i>
		<i>Cervavitus</i>
	Bovidae	<i>Naemorhedus</i>
		<i>Megalovis</i>
		<i>Bubalus</i>
		<i>Bos</i>
	Tapiridae	<i>Tapirus peii</i>
		<i>Megatapirus</i>
	Hippopotamidae	<i>Hexaprotodon</i>
Perissodactyla	Rhinocerotidae	<i>Dicerorhinus</i>
		<i>Rhinoceros sinensis</i>
	Equidae	<i>Equus</i>

Proboscidea	Stegodontidae	Stegodon (2)
	Elephantinae	Palaeoloxodon
		Elephas
	Gomphotheriidae	Gomphotherium

ANEXO 6

Orden	Familia	Género/Especie
Artiodactyla	Bovidae	<i>Aepyceros sp.</i>
		<i>Antidorcas australis</i> <i>Antidorcas bondi</i>
		<i>Bos primigenius</i>
		<i>Damaliscus hypsodon</i> <i>Damaliscus niro</i>
		<i>Gazella atlantica</i> <i>Gazella tingitana</i>
		<i>Hippotragus leucophaeus</i>
		<i>Megalotragus priscus</i>
		<i>Rusingoryx atopoceranion</i>
		<i>Syncerus antiquus</i>
		<i>Antilope sin identificar</i>
	Camelidae	<i>Camelus sp.</i>
	Cervidae	<i>Megaceroides algericus</i>
	Suidae	<i>Metridiochoerus sp.</i>
		<i>Kolpochoerus sp.</i>
Perissodactyla	Equidae	<i>Equus algericus</i> <i>Equus capensis</i> <i>Equus mauritanicus</i> <i>Equus melkiensis</i>
		<i>Stephanorhinus</i>
Proboscidea	Elephantidae	<i>Elephas iolensis</i>
Tubulidentata	Orycteropodidae	<i>Orycteropus crassidens</i>

ANEXO 7



Huesos fósiles de oso cavernario con marcas de mordiscos (flechas).