



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Grao en Bioloxía

Memoria del Trabajo de Fin de Grado

Revisión bibliográfica: La sexta extinción masiva

Revisión bibliográfica: A sexta extinción masiva

Literature review: The sixth mass extinction

Nerea Casal Saavedra

Junio, 2021

Director Académico: Marcelino Fuentes López

ÍNDICE

Resumen/Resumo/Summary	1
Palabras clave/Palabras clave/Keywords	1
1. Introducción	2
2. Objetivos	3
3. Material y métodos	3
4. Resultados y discusión	3
4.1 Extinción de fondo	3
4.2 Extinciones masivas	4
Las Cinco Grandes	4
Otras extinciones	5
Tasas de extinción	6
4.3 Situación actual	6
4.4 Formas de medir la extinción	7
Hipótesis más probable	10
4.5 Futura extinción masiva	10
4.6 Predicciones futuras	12
5. Conclusiones/Conclusións/Conclusions	14
6. Bibliografía	15

0. Resumen

A lo largo de la historia de la Tierra sucedieron cinco eventos de extinción masiva caracterizados por la pérdida de al menos el 75% de las especies. En la actualidad, las actividades humanas afectan a la biodiversidad hasta tal punto que muchos autores sugieren que estamos ante una nueva extinción en masa. En este trabajo reviso la bibliografía publicada para comprobar si el término de “Sexta Extinción Masiva” es adecuado para definir la situación actual.

Proporciono, como resultado del estudio, pruebas de la falta de rigor de la teoría de un sexto episodio de extinción a día de hoy. Afirmino que no se puede comparar la pérdida de especies de los últimos 500 años con la magnitud de las Cinco Grandes. Para determinar si sucederá la Sexta Extinción Masiva en un tiempo geológico corto y actuar en consecuencia, es necesario mejorar las técnicas y ampliar nuestro conocimiento sobre el registro fósil.

Palabras clave: sexta extinción masiva, tasas de extinción, pérdida de especies, paleoecología

0. Resumo

Ao longo da historia da Terra aconteceron cinco eventos de extinción masiva caracterizados pola perda de polo menos o 75% das especies. Na actualidade, as actividades humanas afectan á biodiversidade ata tal punto que moitos autores suxiren que estamos ante unha nova extinción en masa. Neste traballo reviso a bibliografía publicada para comprobar se o término de “Sexta Extinción Masiva” é adecuado para definir a situación actual.

Proporciono, como resultado do estudo, probas da falta de rigor da teoría dun sexto episodio de extinción a día de hoxe. Afirmino que non se pode comparar a perda de especies dos últimos 500 anos coa magnitude das Cinco Grandes. Para determinar se sucederá a Sexta Extinción Masiva nun tempo xeolóxico curto e actuar en consecuencia, é necesario mellorar as técnicas e ampliar o noso coñecemento sobre o rexistro fósil.

Palabras clave: sexta extinción masiva, taxas de extinción, pérdida de especies, paleoecoloxía

0. Summary

Throughout Earth history five mass extinction events characterized by the loss of the 75% of the species occurred. Currently, human activities affect biodiversity until the point that many authors suggest that we are passing through a new mass extinction. In this work I review the published bibliography to see if the term “Sixth Mass Extinction” is adequate to define the current situation.

I provide, as a result of the study, evidence of the lack of rigor in the theory of a sixth extinction episode nowadays. I declare that the species loss of the past 500 years can not be compared to the magnitude of the Big Five. To determine if the Sixth Mass Extinction will

occur in a short geological time and to act accordingly, it is necessary to improve techniques and expand our knowledge of the fossil record.

Keywords: sixth mass extinction, extinction rates, species loss, paleoecology

1. Introducción

En los últimos 500 años la pérdida de especies se acentuó superando las extinciones normales en el registro fósil. Leakey & Lewin (1995) denominaron este suceso como la “Sexta Extinción Masiva”. Para saber si estamos ante una extinción en masa, he revisado la bibliografía publicada ya que diversos artículos propusieron teorías dispares al respecto. También necesitamos hacer un repaso por los principales episodios de extinción y comprender cuáles son las características que llevaron a equiparar nuestra situación con la de estos (Brannen, 2017).

Otros autores predijeron una gran pérdida de especies antes que Leakey & Lewin (1995) pero esto no supuso ningún descontento social ya que la extinción es algo habitual. Prueba de ello es que de las 4.000 millones de especies que existieron, el 99% desaparecieron (Barnosky et al., 2011). La extinción se mantiene en cierto equilibrio con la especiación salvo en lo que conocemos como extinciones masivas, extinciones universales o choques de biodiversidad, como observamos en la Figura 1 (Sengor et al., 2008). En ellas, se extinguen más del 75% de las especies en un tiempo geológico corto (Saltré & Bradshaw, 2019). Algo que sucedió solo cinco veces a lo largo de la historia en las llamadas Cinco Grandes (Barnosky, 2015; Benton & Harper, 2009).

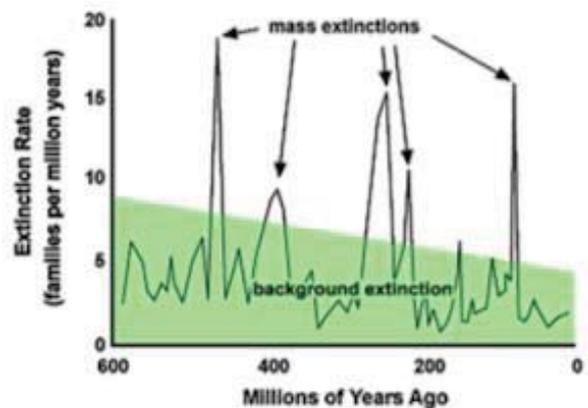


Figura 1. Representa la tasa de extinción (medida como familias perdidas por millón de años) frente al tiempo (millones de años). Los picos representan los cinco momentos de extinción en masa donde la tasa de extinción de ese momento superan las tasas de fondo. Imagen tomada de Pievani (2013).

Fue la comparación con las Cinco Grandes lo que presionó a la comunidad científica a debatir y ofrecer pruebas de sus puntos de vista (Briggs, 2017). Y es que el símil de la humanidad con el meteorito que acabó, por ejemplo, con los dinosaurios, es sensacionalista pero no sabemos si es verídico.

La importancia recae en que los servicios que nos aporta a nosotros la biodiversidad son numerosos e irremplazables o con una alternativa muy costosa (Dirzo et al., 2014). A esto le sumamos los valores emocionales y la responsabilidad que sentimos de nuestros actos (Barnosky, 2015). La forma de actuación, en la que intervienen campos interdisciplinarios (paleoecológicos, sociales, arqueológicos...) depende de si esta disminución del número de especies es masiva o no (Ellis, 2015).

El término de “Sexta Extinción Masiva” debe tener un rigor científico ya que si no conocemos nuestra situación actual no podemos tomar importantes decisiones de las que depende nuestro futuro (O’Key, 2020). Hay que evitar la especulación y comprobar cuál es la realidad.

2. Objetivos

Mi objetivo en esta revisión bibliográfica es entender si el término de “sexta extinción masiva” es adecuado para denominar la situación actual o no está sucediendo una extinción masiva como las otras cinco que ocurrieron en la historia de nuestro planeta.

3. Material y métodos

Para la realización de este trabajo he buscado artículos en diferentes bases de datos: National Center for Biotechnology Information (NCBI) de donde pude obtener libros, PubMed Central, Google Scholar y Web of Science (WOS).

Dividiendo la búsqueda en artículos especializados en la sexta extinción masiva y otros relacionados con el resto de extinciones en masa de la historia, usé las siguientes palabras clave: *extinction rate*, *sixth mass extinction*. Además, tras una primera búsqueda inicial, acoté la cronología para que la información obtenida no fuera antigua, poniendo como límite el año 1995 cuando surgió por primera vez el término de “Sexta Extinción Masiva”. Tras escoger los artículos, dándole prioridad a los más citados, comprobé mediante el resumen que contuvieran información de interés.

También consulté la web oficial de International Union for Conservation of Nature (IUCN) para mantenerme al día sobre el estado de la biodiversidad y el catálogo de la biblioteca de la Universidad de A Coruña (UDC) para acceder a diferentes libros que tuvieran, como requisito, extinciones masivas en alguno de sus apartados.

4. Resultados y discusión

En cada extinción masiva se extinguió más del 75% de las especies. La Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, <https://www.iucnredlist.org>) registra 1000 especies extintas en los últimos 500 años. Si en el mundo hay diez millones de especies, harían falta 375.000 años para que se extinguiese el 75%. En esta sección explicaré los problemas que hay con estos cálculos.

4.1 Extinción de fondo

Es necesario saber cuáles son las tasas de extinción normales, es decir, cuántas especies se extinguirían en un intervalo de tiempo donde no estuviera sucediendo una extinción masiva. Estas nos sirven para evaluar si hay efectos significativos en la biodiversidad por la acción del hombre (Saltré & Bradshaw, 2019).

Esta tasa es muy incierta, pudiendo oscilar entre 0,1 y 2 E / MSY. Muchos autores cogen como punto de referencia 1 E / MSY pero es importante estimar bien el valor ya que con una pequeña fluctuación en el mismo las deducciones varían mucho. Por ejemplo, un trabajo realizado con filogenias moleculares deducía que este valor era de solo 0,16 E / MSY, unas tasas fáciles de superar (De Vos et al., 2014).

Al tratarse de individuos que habitaron la Tierra hace tiempo, muchos de los organismos que existieron no dejaron rastro y de los que conocemos no tenemos toda la información que resultaría útil. Hay que resaltar que estas extinciones sucedieron a una escala de tiempo geológica mucho mayor que la usada para medir las tasas actuales, con los recursos que tenemos tomar únicamente 500 años de un registro con historia de millones de años es complicado. Las tasas de extinción varían mucho dependiendo el periodo de tiempo en el que se midan por lo que extrapolar unas tasas calculadas así puede subestimar o sobreestimar los resultados (Barnosky et al., 2011).

Resulta más sencillo clasificar los organismos fósiles encontrados a nivel de género que de especie ya que a veces es complicado diferenciarlos si no disponemos de los datos suficientes. Esto supone un problema a la hora de compararlo con los estudios de extinciones actuales porque estos últimos son a nivel de especie (Barnosky et al., 2011).

Otra cuestión es que no todas las especies fosilizan de la misma manera. Los animales con partes duras se preservan mejor y, por tanto, las tasas de extinción de fondo se basan en gran medida en datos obtenidos sobre invertebrados marinos con caparazón. Por la contra, los organismos más conocidos y utilizados para las estimaciones actuales son vertebrados terrestres (Plotnick et al., 2016).

También hay que tener en cuenta que muchas especies se han originado y extinguido sin dejar un rastro. Un ejemplo es el caso de las palomas migratorias (Brannen, 2017), unos animales que fueron muy abundantes hace relativamente poco tiempo y de los que apenas hay fósiles. De hecho, solo conocemos el 0,01% de las especies que han existido. El registro fósil es muy incompleto.

La unidad de medida también es cuestionada: el E / MSY (extinciones por millón de especies por año) es un promedio que se basa en la primera y última aparición de los taxones fósiles, algo mejorable porque el momento real de extinción suele ser posterior a la última aparición fósil (Barnosky et al., 2011). Es un procedimiento estadístico cuestionable que dispara las tasas de extinción (Briggs, 2017).

4.2 Extinciones masivas

Para entender si estamos ante una nueva extinción en masa, hay que comprender las características de las anteriores con las que vamos a compararla.

Las Cinco Grandes

Como ya comenté, en los 4.600 m.a que tiene nuestro planeta sucedieron cinco extinciones

en masa. Todas ellas, como vemos en la Tabla 1, son diversas en intensidad, selectividad y causa (Erlynkin et al., 2017).

Extinción y duración	Causas	Consecuencias
Extinción del Ordovícico-Silúrico (hace 445 m.a). Duró 1 m.a. Cuando la vida era solo marina.	El movimiento de Gondwana al Polo Sur provocó la “Edad de hielo”. Seguida por un rápido calentamiento por la actividad volcánica.	El 85% de especies extintas. Afectó a braquiópodos, trilobites, ostrácodos y equinodermos, entre otros.
Extinción del Devónico-Carbonífero (hace 365 m.a). Duró 3 m.a.	Combinación de factores: incendios, erupciones, fluctuaciones climáticas...	El 75% de especies extintas. Afectó a peces, corales, braquiópodos, trilobites...
Extinción del Pérmico-Triásico o “La Gran Muerte” (hace 251 m.a). Duró 1 m.a.	Actividad volcánica de las Traps Siberianas a causa del impacto de un bólido.	95% de especies marinas extintas y un 75% de terrestres. Provocó la “brecha de arrecife”.
Extinción del Triásico-Jurásico (hace 210 m.a). Duró 1 m.a.	Actividad volcánica en el centro de Pangea.	75% de especies extintas. Afectó a ammonoides, conodontos...
Extinción del Cretácico-Terciario (hace 66 m.a). Duró 0,5 m.a	Vulcanismo de Deccan. Impacto de asteroide en Chicxulub.	75% de especies extintas. Afectó sobre todo a dinosaurios.

Tabla 1. Las Cinco Grandes extinciones masivas. Información obtenida de Benton & Harper (2009), Khlebodarova & Likhoshvai (2020), Wake & Vredenburg (2008), Meissner & Alexander (2016) y Chiarenza et al. (2020).

Para que una extinción sea considerada masiva, necesitan cumplir diversos aspectos. El impacto en los taxones no es aleatorio. Los supervivientes no son clados dominantes. Hay una pérdida de especies muy rápida, de entre 0,5 y 3 m.a. Influyen en variedad de ecologías y son a nivel global (Brook & Alroy, 2017; Saltré & Bradshaw, 2019; Benton & Harper, 2009). Además, se baraja la posibilidad de que sean cíclicas porque hasta el momento sucedieron en intervalos de 100 m.a (Khlebodarova & Likhoshvai, 2020).

Otras extinciones

Hubo también otros eventos de extinción que se propusieron como masivos. Esto es una evidencia de la dificultad de medir la magnitud de las extinciones por la falta de recursos. De confirmarse como masivas algunas extinciones siguientes y de ser real la actual, debería etiquetarse como la séptima extinción masiva (Rampino & Shen, 2019).

Ni siquiera están claras las Cinco Grandes (Briggs & Crowther, 2003). Es posible que sucedieran otras extinciones masivas en eones anteriores de las que no somos conscientes por las pocas evidencias que tenemos de ese tiempo. En el Hádico y Arcaico las condiciones ambientales solo permitían la vida de individuos muy pequeños cuya

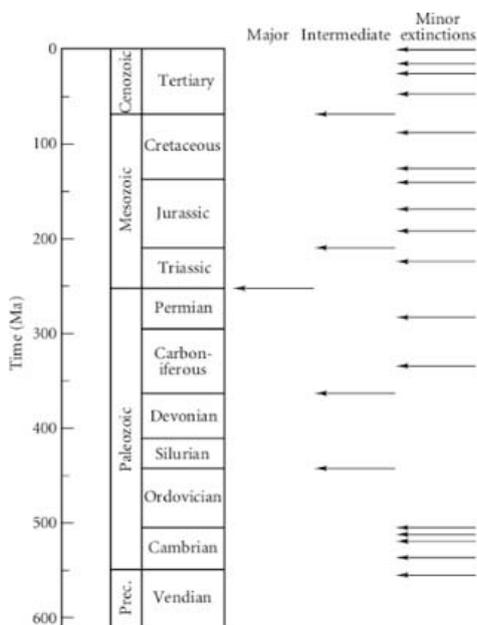


Figura 2. Extinciones con diferentes magnitudes representadas en la escala cronestratigráfica desde hace 600 m.a. Las cinco flechas situadas en “intermediate” y “mayor” son las correspondientes con las Cinco Grandes. Imagen tomada de Benton & Harper (2009).

preservación es complicada (Cowen, 2007). A día de hoy hay dudas respecto al caso del periodo ediacárico (Wagler, 2011; Briggs & Crowther, 1995).

Una de las más problemáticas es la del final del Pleistoceno (época que se extiende desde los 2,5 m.a a los 11.700 años). En ella se produjo la pérdida de especies de grandes mamíferos debido a la inestabilidad climática por los ciclos glaciares e interglaciares y a la aparición del hombre (Benton & Harper, 2009; Anguita, 1988; Turvey & Crees, 2019).

En la Figura 2 podemos ver otros eventos de menos pérdidas que fueron descartados como masivos pero que algunos investigadores los consideran como tal. La extinción del Capitán, en el Guadalupio (Erlykin et al., 2017). Las extinciones del Triásico Temprano y Tardío, del Cenomaniano-Turoniano y los del Eoceno-Oligoceno, entre otras (Benton & Harper, 2009).

Tasas de extinción

Para estimar estas tasas, surgen los mismos problemas que a la hora de estimar las tasas de extinción de fondo porque se basan en información paleontológica similar. Todas las Cinco Grandes sucedieron en diferentes intervalos de tiempo por lo que las tasas de extinción también son diversas.

Por ejemplo, la tasa de extinción del Cretácico se estima de hasta 100.000 E / MSY, mientras que el resto no superan los 10 E / MSY (Barnosky et al., 2011).

Lo más fiable es tomar como medida de comparación la magnitud ya que todas tienen en común una pérdida del 75% de las especies o más. Para comparar las tasas de extinción, lo adecuado es tomar como referencia 1.000 E / MSY, una tasa que concuerda para todas las extinciones masivas si estas sucedieran en 500 años (Barnosky et al., 2011).

4.3 Situación actual

Antes de comparar las citadas tasas de extinción de las Cinco Grandes y las de fondo con las actuales, tenemos que comprender el estado de la Tierra en este momento. La causa de que se sopesa la Sexta Extinción son las consecuencias que genera la acción del hombre en nuestros ecosistemas. Como cualquier otro animal, usamos lo que nos brinda el planeta. En nuestro caso, lo hacemos de manera excesiva (Ceballos & Ehrlich, 2018). Ningún otro ser vivo transformó el planeta tanto y tan rápido como lo hicimos nosotros (Ellis, 2015; Cafaro, 2015). El proceso de acción se puede dividir en tres etapas: cuando los humanos modernos se dispersaron, cuando se inició con la agricultura y con el desarrollo

industrial (Mitchel, 2018). Debido a la aparición del ser humano y su impacto en la Tierra, comenzó una nueva época geológica denominada Antropoceno, de la que somos incapaces de identificar su inicio exacto (Jablonski, 2004; Wagler, 2011).

La modificación, fragmentación y destrucción del hábitat son devastadores (Wagler, 2011). A día de hoy más del 75% de la superficie terrestre está modificada por los impactos humanos y en 2030 será el 90% (O'Key, 2020). El 40% de superficie se utiliza para la agricultura y su intensificación provocó, por ejemplo, una disminución de las poblaciones de insectos (Raven & Wagner, 2021).

Otra de las causas es la introducción de especies invasoras que los humanos promueven (van Uhm, 2016). También introducimos patógenos (Dirzo et al., 2014). Un ejemplo es la enfermedad de la quitridiomycosis, agravada por el comercio internacional, que provoca la pérdida de numerosas poblaciones de anfibios (Jablonski, 2004). La deforestación y el uso de combustibles fósiles para nuestras actividades aumentaron los niveles de CO₂, incrementando con ello el calentamiento global y el nivel del mar (Shivanna, 2020). Con todo esto, un clima parecido al presente en el Cretácico se alcanzaría en muy poco tiempo (Keller et al., 2018).

Los efectos mencionados antes cada vez serán mayores por el crecimiento de la población humana. Hace 11.000 años con la llegada de la agricultura éramos 1 millón de personas mientras hoy en día hay más de 7 mil millones, las cuales consumen cada vez más bienes y servicios (Ceballos et al., 2020; Barnosky, 2015). Las estimaciones indican que para el año 2050 se alcanzarán las 10.000 millones de personas (Raven & Wagner, 2021).

Aunque muchos investigadores aportan el lado negativo, las consecuencias del Antropoceno también sirven para impulsar la biodiversidad. El desarrollo de hábitats antropogénicos como los ya mencionados cultivos nutren a la diversidad ecológica. Las altas temperaturas y precipitaciones por el cambio climático aumentan la diversidad regional y promueven la hibridación (Thomas, 2013; Thomas, 2020).

En conclusión, la causa no es comparable con las de las Cinco Grandes, pero los efectos que provoca en el ambiente son similares. El cambio climático acelerado, el cambio en la composición de la atmósfera y el estrés ecológico definen lo que llamamos la "tormenta perfecta" para la extinción (Saltré & Bradshaw, 2019; Menegazin et al., 2020), una serie de factores interactuantes que se recogen en el modelo causal "HIPPO" (Pievani, 2013). Ahora hay que determinar si el impacto en la biodiversidad también es semejante. Estamos transformando el planeta pero necesitamos saber de que manera.

4.4 Formas de medir la extinción

Para medir la tasa de extinción actual y compararla con las de las Cinco grandes hay diversas formas, todas ellas con algún inconveniente. Un problema común es el desconocimiento del número exacto de especies que habitan en la Tierra (Ceballos et al., 2019). Según estimaciones, existen al menos 10 millones de especies. De estas, solo conocemos 2 millones (Raven & Wagner, 2021). No conocemos el 86% de las especies de

la superficie ni el 91% de las oceánicas y las descubrimos a una tasa de 18.000 especies anuales (van Uhm, 2016). Los investigadores usan, sobre todo, cuatro métodos:

-Lista de especies extintas de la IUCN:

La biología de la conservación ayuda a saber el riesgo de extinción de cada taxón (Brook & Alroy, 2017). Destacando la acción de la IUCN que clasifica las especies en distintas categorías en su Lista Roja de especies amenazadas: extintas, extintas en la naturaleza, en peligro crítico, en peligro, vulnerables, casi amenazadas, de preocupación menor o con datos deficientes.

Además de que conocemos pocas especies existentes, pocas se tienen en cuenta a la hora de evaluar la situación de la biodiversidad ya que el nivel de conocimiento sobre ellas es bajo. La IUCN ha muestreado menos del 3% de especies conocidas y algunos clados fueron mejor evaluados que otros, siendo los más estudiados los sencillos o con amenazas ya evidentes (Barnosky et al., 2011; McCallum, 2015). Por ejemplo, solo una especie de parásito está incluida en la Lista Roja de la IUCN (el piojo chupador del cerdo pigmeo) y solo está por la rareza de su hospedador (Dunn et al., 2009). Los insectos y microorganismos, a pesar de su abundancia, son muy poco conocidos (Pievani, 2013).

De las 97.000 especies evaluadas por la IUCN, 26.500 están consideradas como en peligro de extinción (Shivanna, 2020). Solo unas 1.000 especies han sido catalogadas como extintas en la Lista Roja de la IUCN. Pueden ser más pero para ser consideradas extintas deben pasar 50 años desde la última vez que se vio a un individuo vivo (Dirzo et al., 2014).

Algunos resultados obtenidos con esta medida fueron los de Ceballos et al. (2015) y Saltré & Bradshaw (2019) que llegaron a la conclusión de que sin influencia humana las extinciones hubieran tardado 10.000 años en suceder.

El uso de las categorías proporcionadas por la IUCN sin ningún criterio puede llevar a sobreestimaciones o subestimaciones. Por ejemplo, si tomamos solo las especies en peligro crítico, nos llevaría hasta 11.330 años llegar a la altura de las Cinco Grandes mientras que si tomamos todas las especies amenazadas como extinciones se llegaría en 540 años o incluso menos (Briggs, 2017).

-Filogenias moleculares:

Las filogenias moleculares tienen información sobre la diversificación y extinción de las especies a lo largo del tiempo. Las tasas se miden a partir de taxones únicamente existentes a día de hoy (Rabosky, 2009).

Hay controversia de si las estimaciones realizadas con este método son fiables o no (Lamkin & Miller, 2016). No hay constancia con los clados y es necesaria una integración de datos paleontológicos porque así siempre sobreestimaremos los resultados (Rabosky, 2009).

-Relaciones de especies-área (SAR):

Estima el número de especies extintas en función de la pérdida del espacio geográfico. Son estimaciones indirectas y predicciones que evitan el desigual muestreo entre clados pero no la desigualdad de áreas (Barnosky et al., 2011). Barnosky (2015) estimó a través del SAR de un 20% a un 96% de pérdida para el 2100.

El uso de este método es limitado y esto se demostró en estimaciones anteriores que resultaron erróneas (Lamkin & Miller, 2016; Ceballos et al, 2017). Está basada en la pérdida de hábitat sobre todo por deforestación pero debemos centrarnos en consecuencias a niveles globales y no locales (Benton & Harper, 2009).

Un problema es que el área requerida para que un individuo se extinga es mayor que el área muestreada para encontrar el primer individuo de una especie. Las discrepancias se relacionan con el concepto de “deuda de extinción” ya que muchas especies con un tamaño poblacional pequeño tenderán a extinguirse pero aún no lo hicieron (He & Hubbel, 2011).

Con ello, también hay que tener en cuenta que algunos lugares son más vulnerables a la extinción que otros por lo que dependiendo el área estudiada los resultados pueden variar (De Vos et al., 2014; Torres-Romero et al., 2020). Apenas hubo extinciones en los océanos ni continentes a excepción del terreno aislado que corresponde a Oceanía (Brand, 2015; Saltré & Bradshaw, 2019).

Las islas son el lugar donde más especies se han extinguido, son sitios aislados donde sus habitantes apenas tienen competidores y es por eso que cuando aparece una amenaza son vulnerables. Desde 1600 se extinguieron en ellas el 95% de las especies de aves extintas en todo el planeta, por lo que las extinciones son muy locales teniendo en cuenta que las islas solo ocupan el 3% de la superficie terrestre (Saltré & Bradshaw, 2019). Esto no concuerda con el resto de extinciones en masa, todas ellas a nivel global.

-Coextinciones:

Algunos autores miden la tasa de extinción mediante predicciones teniendo en cuenta las relaciones entre especies. No todas las especies son igual de relevantes. La pérdida de una especie clave (con importantes funciones ecológicas) provocaría una cascada trófica (Newman, 1997). Por la dinámica de las redes tróficas, muchas de las pérdidas de especies no provienen de un efecto directo en ellas, sino de una serie de reacciones en cadena (Brannen, 2017; Barnosky, 2004). Es decir, el cambio de una especie puede provocar el cambio en otra relacionada y esta, en otra distinta (Youngsteadt et al., 2019). A esta forma de extinción la denominaron como coextinción (Dunn et al., 2009).

A pesar de no ser datos precisos, el 40% de las especies dependen de otras y la coextinción sucederá en gran medida dentro de un siglo (Stork, 2010). La extinción genera extinciones (Ceballos et al., 2020). Por ejemplo, la pérdida de arrecifes de coral, provocaría la extinción del 25% de las especies marinas que dependen de ellos (Barnosky, 2015).

Hipótesis más probable

Muchos de los anteriores problemas son comunes en varias metodologías y hay autores que no los tienen en cuenta. Aquí, discutiré cuál de las hipótesis sobre la existencia actual de la Sexta Extinción es la menos cuestionable pero no por ello verídica.

Las coextinciones no son una forma adecuada de medir la tasa de extinción actual ya que se basan en suposiciones y no en datos concluyentes. El método de las filogenias moleculares genera controversia, aunque a medida que tenemos más datos esta mejora y podría servirnos en un futuro. La SAR se basa en predicciones y actúa a nivel local por lo que sería la menos útil para estimar las tasas actuales. De momento, la información más fiable es la obtenida de la IUCN aunque también genera debate.

Dentro de las investigaciones realizadas por este método que afirmen estar ante un evento de extinción en masa, destaca la de Ceballos et al. (2015). Tuvieron en cuenta muchas dificultades anteriores para realizar su trabajo como la extrapolación de los intervalos de tiempo. Sin embargo, asumieron que las tasas eran iguales para mamíferos que para vertebrados sin ninguna evidencia de esto (Briggs, 2017).

Al igual que los lugares, hay que tener en cuenta que no todas las especies son igual de vulnerables. Las especies con hábitats más restringidos, con poblaciones poco abundantes, con mayor tamaño corporal y con menor capacidad de desplazamiento y de adaptación eran las más propensas para desaparecer (Pievani, 2013).

Incluso ciertos linajes son más susceptibles que otros: siendo los más amenazados los anfibios (41% de especies en peligro) y los que menos las aves entre los vertebrados (Dirzo et al., 2014). Hay tanta evidencia de que las amenazas de extinción y, por tanto, de que las tasas de extinción varían para los diferentes organismos que ninguna de las conclusiones sacadas a partir de unos pocos organismos pueden ser válidas para la estimación global de pérdidas (Stork, 2010).

Teniendo en cuenta esto, la hipótesis de Ceballos et al. (2015) no es la más probable. No hay ningún artículo que demuestre de forma contundente que suceda ahora una extinción masiva. Con ello, la teoría que expresa mayor conformidad entre los autores es que no está sucediendo la Sexta Extinción Masiva pero puede suceder en un futuro más o menos próximo. Las pruebas de ello se explican en el siguiente apartado.

4.5 Futura extinción masiva

Una de las principales diferencias frente a los científicos catastrofistas es que se tiene en cuenta un factor importante como es la tasa de especiación. Como podemos ver en la Figura 3, a pesar de las cinco grandes extinciones y otras extinciones más pequeñas, el número de géneros se recupera e incluso supera a los que había previamente. La tendencia de la biodiversidad es ir en aumento desde hace 200 m.a llegando en la actualidad a una cantidad de géneros muy elevada, nunca vista en la historia de la Tierra (Brand, 2015).

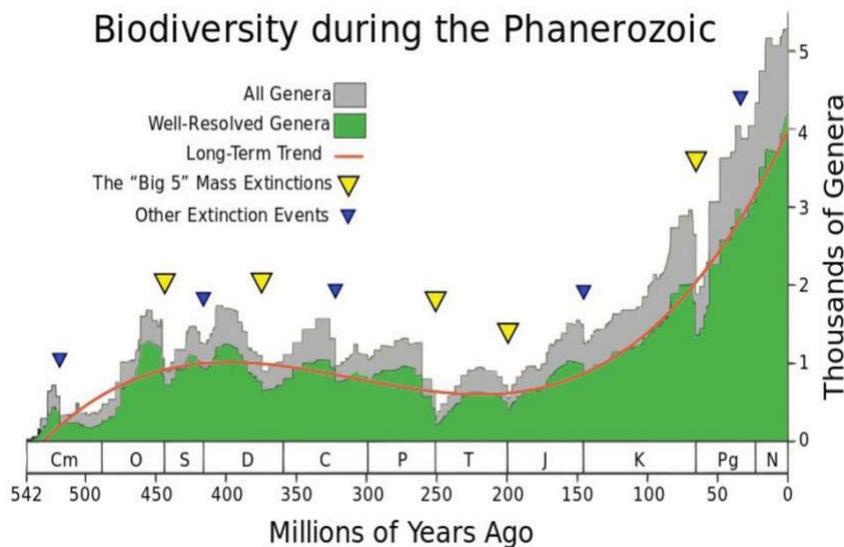


Figura 3. Se representa la biodiversidad mediante la variación de miles de géneros (eje de las Y) a lo largo del tiempo (representado en el eje de las X en millones de años). Como se observa en la leyenda, las flechas representan extinciones. Estas extinciones se ven como una bajada en el número de géneros, siendo unas son más pronunciadas que otras. La línea de tendencia muestra un aumento de la biodiversidad a lo largo del tiempo. Imagen tomada de Brand (2015).

Para evaluar de una forma objetiva la biodiversidad actual hay que tener en cuenta tanto las pérdidas como las ganancias de especies. De manera normal, las tasas de extinción de fondo son menores que las de diversificación según un examen de filogenias (De Vos et al., 2014). No hay evidencias de pérdidas netas de diversidad, la especiación las pudo igualar o incluso superar (Briggs, 2017).

Los organismos pueden ser sensibles al cambio pero la sensibilidad no implica extinción. Los individuos pueden moverse, adaptarse o morir. Además, hay que tener en cuenta que la muerte de los organismos no siempre implica algo negativo ya que, por ejemplo, el nicho que dejan puede ser utilizado por otros individuos.

El cambio climático promueve la diversificación evolutiva en algunos casos, como sucedió en el evento del KPB (Keller et al., 2018; Brand, 2015). Hasta hace poco no había evidencias de que el cambio climático provocara extinciones, la única muestra ha sido la extinción de un roedor australiano debido al aumento del nivel del mar.

El caso del declive actual de los anfibios es una muestra de que la especiación es relevante ya que, a pesar de tener el 33% de las especies amenazadas (Allcock, 2017), están describiéndose numerosas especies nuevas que prosperan en diversos hábitats modificados por el hombre (Wake & Vredenburg, 2008).

El estudio más relevante que confirma una inminente extinción en masa es el realizado por Barnosky et al. (2011). Exponen los problemas debatidos anteriormente confirmando la falta de veracidad de muchos resultados propuestos por otros autores. Podemos observar en la Figura 4 la muestra de las posibles sobreestimaciones hechas. Hay una disparidad clara entre datos de diferentes taxones debido a que los que tienen signos de amenaza previos

son más evaluados. También vemos la diferencia entre las especies extintas y las que todavía no se han extinguido, así como que ningún taxón se acerca todavía a la magnitud del resto de las grandes extinciones (75% de pérdidas).

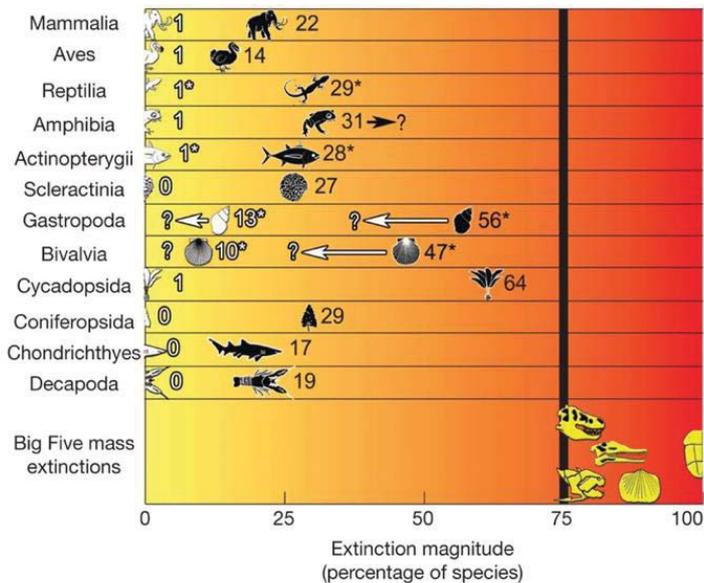


Figura 4. Representa la magnitud de extinción. En amarillo tenemos las que hacen referencia a las cinco grandes extinciones anteriores (de izquierda a derecha: Cretácico, Devónico, Triásico, Ordovícico y Pérmico). Los iconos blancos indican especies extintas y los iconos negros las especies amenazadas, el número junto a ellos indica el porcentaje de especies y los asteriscos indican taxones poco evaluados. Las flechas indican las posibles sobreestimaciones de extinción. Imagen tomada de Barnosky et al. (2011)

Además de la magnitud, comprobaron que las tasas de extinción de los últimos 500 años eran superiores a las de fondo pero aún así son más lentas que las de las Cinco Grandes si ocurriesen en el mismo periodo de tiempo. El actor principal de este artículo, dedujo más tarde que tardaríamos unos 250 años en llegar a la Sexta Extinción Masiva si se extinguen todas las especies amenazadas, continuando con las tasas de extinción que superan por 1.000 veces las de fondo, una tasa similar a la del Pérmico-Triásico si durara solo 500 años (Barnosky, 2015).

A pesar de que esta última teoría es la que más se sostiene de todas, sigue sin aclararnos el aspecto que expongo al principio de esta sección. Con el ritmo de extinción actual de 1.000 especies extintas cada 500 años, tardaríamos 375.000 años en estar a la altura de las Cinco Grandes. Esto teniendo en cuenta que este ritmo se mantenga, algo poco probable teniendo en cuenta que los humanos podemos actuar para modificarlo.

4.6 Predicciones futuras

En definitiva, ninguna de las teorías está exenta de errores pero aseguramos que no está sucediendo una extinción masiva y que esta tampoco es inminente. Pero puede suceder.

Si estuviéramos ante un evento de extinción en masa lo más probable es que no pudiéramos hacer nada por evitar la catástrofe, pero aún estamos a tiempo ya que todavía no llegamos a unos niveles sin retorno (Brannen, 2017). La IUCN predice que, en ausencia de medidas de mitigación, el 99,9% de las especies en peligro crítico y el 67% de las especies en peligro se perderán en los próximos 100 años (Shivanna, 2020).

Algunos de los autores que confirmaban la Sexta Extinción, contaban a las especies amenazadas como extintas, pero esto no tiene que ser así. Los enormes esfuerzos de

conservación para proteger especies han sido clave para evitar extinciones que estaban casi aseguradas y esto tiene que continuar (Brand, 2015). Podemos modificar las tasas de extinción mitigando los factores que amenazan a las especies y que llevan a la Tierra a una extinción de magnitudes no vistas desde hace 66 m.a.

Con la mejora de las herramientas científicas aprenderemos más de la naturaleza y podremos actuar mejor en beneficio de todos (Brand, 2015). Por los errores observados de los diversos estudios realizados, se pueden seguir una serie de recomendaciones para poder determinar con mayor exactitud el futuro de nuestra biodiversidad:

-Necesitamos mantener las poblaciones y no centrarnos en las especies, ya que son el punto clave para la preservación. Si llegan a bajar a un cierto nivel, se produce el Efecto Alle, los individuos apenas pueden reproducirse y tienden a la endogamia (Briggs, 2017; van Uhm, 2016). La reducción de las extinciones es un preludio para la extinción y con ellas se perderían redes ecológicas e información genética clave para la evolución, por lo que adquieren mayor importancia (Ceballos et al., 2017).

-Es necesario ajustar las tasas medidas a escalas de tiempo muy dispares, al igual que sucede con los rangos taxonómicos. Utilizar rangos geográficos y taxonómicos que tengan tanto fósiles antiguos y modernos. Si no, trabajar formas de extrapolar los datos de una forma más fiable (Barnosky et al., 2011).

-Evaluar si se extinguirán o no las especies de diferentes categorías de la IUCN (Barnosky et al., 2011).

-Es probable que estén en peligro más especies de las consideradas. Por eso, hay que realizar un seguimiento de otros grupos de organismos como los insectos o las especies marinas ya que están poco evaluadas (Briggs, 2017).

-Si usamos una nueva metodología propuesta por Plotnick et al. (2016) que analiza mediante el registro fósil tanto las extinciones pasadas como las actuales, actualizaciones como la de extrapolar mejor los datos se podrían evitar. Puede ser la forma más adecuada de comparación de la tasa de extinción actual con la de extinciones pasadas. Aún así, no está exenta de problemas. Para usarla es necesario actualizar la información que tenemos sobre el registro fósil actual (a mayores del ya problemático registro fósil antiguo) y tener en cuenta que las especies amenazadas están subrepresentadas por lo que para producir el mismo registro fósil que se observa en los Cinco Grandes será necesaria una pérdida de más del 75% de especies.

Estas recomendaciones ayudarán a las investigaciones futuras para que sean más precisas y poder ser rotundos a la hora de confirmar las tasas de extinción. Además, son necesarias para rendir al máximo en la labor de la biología de la conservación y no dar noticias alarmistas a la población sin una base clara.

5. Conclusiones

Según como hagamos los cálculos salen tasas de extinción distintas pero todas son menores que las Cinco Grandes (no alcanzan el 75% de pérdida). Afirmino que todavía no está sucediendo un episodio de extinción en masa.

El registro fósil actual y del pasado geológico están incompletos. De la mayoría de los grupos y hábitats no sabemos cuántas especies se extinguieron ni cuántas están en peligro. Del mismo modo, la tasa de especiación no está clara. Tampoco conocemos si las amenazas se mantendrán el tiempo suficiente como para acabar con el 75% de la biodiversidad. Estos, junto otros inconvenientes, nos impiden descubrir cómo nuestros actos afectan al planeta.

Una metodología propuesta para un futuro es medir de igual forma las tasas de extinción contemporáneas y antiguas mediante el registro fósil de ambas. El desarrollo de la tecnología también permitirá reducir los aspectos problemáticos. Con ello, podremos determinar con precisión si nos estamos acercando a la Sexta Extinción Masiva.

5. Conclusión

Dependendo de como fagamos os cálculos, saen taxas de extinción distintas, pero todas son inferiores aos Cinco Grandes (non alcanzan unha perda do 75%). Afirmino que aínda non está a suceder un episodio de extinción en masa.

O rexistro fósil actual e do pasado xeolóxico están incompletos. Da maioría dos grupos e hábitats non sabemos cantas especies se extinguiron nin cantas están en perigo. Do mesmo xeito, a taxa de especiación non está clara. Tampouco sabemos se as ameazas persistirán o tempo suficiente para acabar co 75% da biodiversidade. Estes, xunto con outros inconvenientes, impiden descubrir como as nosas accións afectan ao planeta.

Unha metodoloxía proposta para o futuro consiste en medir as taxas de extinción contemporánea e antiga do mesmo xeito a través do rexistro fósil de ambas. O desenvolvemento da tecnoloxía tamén permitirá reducir aspectos problemáticos. Ao facelo, podemos determinar con precisión se nos achegamos á Sexta Extinción Masiva.

5. Conclusions

Depending on how we do the calculations, we will have different extinction rates, but all of them are lower than the Big Five (they do not reach a 75% loss). I affirm that a mass extinction episode is not happening yet.

The current fossil record and the geological past are incomplete. We do not know how many species have become extinct or how many are in danger in most groups and habitats. In the same way, the rate of speciation is unclear. We also do not know if the threats will persist long enough to lose 75% of biodiversity. These, in conjunction with other inconveniences, prevent us from discovering how our actions affect the planet.

A proposed methodology for the future is to measure contemporary and ancient extinction rates in the same way through the fossil record of both. The development of technology will also make it possible to reduce problematic aspects. With this, we can accurately determine if we are approaching the Sixth Mass Extinction.

6. Bibliografía

- Allcock, A. (2017, 10 de octubre). Is The Earth's Sixth Mass Extinction Upon Us? *Science Trends*. Recuperado de <https://sciencetrends.com/earths-sixth-mass-extinction-upon-us/>
- Anguita, F. (1988). Origen e historia de la tierra (pp. 334-354). *Rueda*.
- Barnosky, A. (2004). Assessing the causes of late pleistocene extinctions on the continents. *Science*, 306(5693), 70-75. doi: 10.1126/science.1101476
- Barnosky, A. (2015). Transforming the global energy system is required to avoid the sixth mass extinction. *MRS Energy & Sustainability*, 2(1), e10. doi: 10.1557/mre.2015.11
- Barnosky, A., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G., Swartz, B., & Quental, T. et al. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471(7336), 51-57. doi: 10.1038/nature09678
- Benton, M., & Harper, D. (2009). *Introduction to Paleobiology and the Fossil Record* (pp. 162-181). Wiley-Blackwell.
- Brand, S. (2015, 21 de abril). Rethinking extinction: the idea that we are edging up to a mass extinction is not just wrong – it's a recipe for panic and paralysis. *Aeon*. Recuperado de <https://aeon.co/essays/we-are-not-edging-up-to-a-mass-extinction>
- Brannen, P. (2017, 13 de junio). Earth Is Not in the Midst of a Sixth Mass Extinction. *The Atlantic*. Recuperado de <https://www.theatlantic.com/science/archive/2017/06/the-ends-of-the-world/529545/>
- Briggs, D., & Crowther, P. (1995). *Palaeobiology: a synthesis* (pp. 160-209). Blackwell Scientific.
- Briggs, D., & Crowther, P. (2003). *Palaeobiology II* (pp. 198-234). Blackwell Publishing.
- Briggs, J. (2017). Emergence of a sixth mass extinction? *Biological Journal of the Linnean Society*, 122(2), 243-248.
- Brook, B., & Alroy, J. (2017). Pattern, process, inference and prediction in extinction biology. *Biology Letters*, 13(1), 20160828. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2016.0828>

- Cafaro, P. (2015). Three ways to think about the sixth mass extinction. *Biological conservation*, 192, 387-393. doi: 10.1016/j.biocon.2015.10.017
- Ceballos, G., & Ehrlich, P. (2018). The misunderstood sixth mass extinction. *Science*, 360(6393), 1080-1081. doi: 10.1126/science.aau0191
- Ceballos, G., Ehrlich, P., Barnosky, A., García, A., Pringle, R., & Palmer, T. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5), e1400253. doi: 10.1126/sciadv.1400253.
- Ceballos, G., Ehrlich, P., & Dirzo, R. (2017). Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 114(30), e6089-e6096. doi: 10.1073/pnas.1704949114
- Ceballos, G., Ehrlich, P., & Raven, P. (2020). Vertebrates on the brink as indicators of biological annihilation and the sixth mass extinction. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 117(24), 13596-13602. doi: 10.1073/pnas.1922686117
- Chiarenza, A., Farnsworth, A., Mannion, P., Lunt, D., Valdes, P., Morgan, J., & Allison, P. (2020). Asteroid impact, not volcanism, caused the end-Cretaceous dinosaur extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(29), 17084-17093. doi: 10.1073/pnas.2006087117
- Cowen, R. (2007). *History of life* (4th ed., pp. 3-23). Blackwell Publishing.
- De Vos, J., Joppa, L., Gittleman, J., Stephens, P., & Pimm, S. (2014). Estimating the normal background rate of species extinction. *Conservation Biology*, 29(2), 452-462. doi: 10.1111/cobi.12380
- Dirzo, R., Young, H., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401-406. doi: 10.1126/science.1251817
- Dunn, R., Harris, N., Colwell, R., Koh, L., & Sodhi, N. (2009). The sixth mass coextinction: are most endangered species parasites and mutualists? *Proceedings Of The Royal Society B: Biological Sciences*, 276(1670), 3037-3045. doi: 10.1098/rspb.2009.0413
- Ellis, E. (2015). Ecology in an anthropogenic biosphere. *Ecological Monographs*, 85(3), 287-331. doi: 10.1890/14-2274.1
- Erlykin, A., Harper, D., Sloan, T., & Wolfendale, A. (2017). Periodicity in extinction rates. *Palaeontology*, 61(1), 149-158. doi: 10.1111/pala.12334
- He, F., & Hubbell, S. (2011). Species–area relationships always overestimate extinction rates from habitat loss. *Nature*, 473(7347), 368-371. doi: 10.1038/nature09985

- IUCN (2021). The IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado el 10 de junio del 2021, de <https://www.iucnredlist.org/>
- Keller, G., Mateo, P., Punekar, J., Khozyem, H., Gertsch, B., & Spangenberg, J. et al. (2018). Environmental changes during the Cretaceous-Paleogene mass extinction and Paleocene-Eocene Thermal Maximum: Implications for the Anthropocene. *Gondwana Research*, 56, 69-89. doi: 10.1016/j.gr.2017.12.002
- Khlebodarova, T., & Likhoshvai, V. (2020). Causes of global extinctions in the history of life: facts and hypotheses. *Vavilov Journal Of Genetics And Breeding*, 24(4), 407-419. doi: 10.18699/vj20.633
- Lamkin, M., & Miller, A. (2016). On the challenge of comparing contemporary and deep-time biological-extinction rates. *Bioscience*, 66(9), 785-789. doi: 10.1093/biosci/biw088
- Leakey, R., & Lewin, R. (1995). *The sixth extinction: patterns of life and the future of humankind*. Doubleday.
- McCallum, M. (2015). Vertebrate biodiversity losses point to a sixth mass extinction. *Biodiversity And Conservation*, 24(10), 2497-2519. doi: 10.1007/s10531-015-0940-6
- Meissner, K., & Alexander, K. (2016). Mass extinctions and climate change: why the speed of rising greenhouse gases matters. *The conversation*. Recuperado de [https://theconversation.com/mass-extinctions-and-climate-change-why-the-speed-of-rising-greenhouse-gases-matters-56675\(8\)](https://theconversation.com/mass-extinctions-and-climate-change-why-the-speed-of-rising-greenhouse-gases-matters-56675(8))
- Meneganzin, A., Pievani, T., & Caserini, S. (2020). Anthropogenic climate change as a monumental niche construction process: background and philosophical aspects. *Biology & Philosophy*, 35(4), 37-38. doi: 10.1007/s10539-020-09754-2
- Mitchell, A. (2018). Revitalizing laws, (re)-making treaties, dismantling violence: indigenous resurgence against 'the sixth mass extinction'. *Social & Cultural Geography*, 21(7), 909-924. doi: 10.1080/14649365.2018.1528628
- Newman, M. (1997). A Model of Mass Extinction. *Journal Of Theoretical Biology*, 189(3), 235-252. doi: 10.1006/jtbi.1997.0508
- O'Key, D. (2020). Why look at taxidermy animals? Exhibiting, curating and mourning the Sixth Mass Extinction Event. *International Journal Of Heritage Studies*, 1-19. doi: 10.1080/13527258.2020.1844276
- Pievani, T. (2013). The sixth mass extinction: Anthropocene and the human impact on biodiversity. *Rendiconti Lincei*, 25, 85-93. doi: 10.1007/s12210-013-0258-9

- Plotnick, R., Smith, F., & Lyons, S. (2016). The fossil record of the sixth extinction. *Ecology Letters*, 19(5), 546-553. doi: 10.1111/ele.12589
- Rabosky, D. (2009). Extinction rates should not be estimated from molecular phylogenies. *Evolution*, 64(6), 1816-1824. doi: 10.1111/j.1558-5646.2009.00926.x
- Rampino, M., & Shen, S. (2019). The end-Guadalupian (259.8 m.a) biodiversity crisis: the sixth major mass extinction? *Historical Biology*, 33(5), 716-722. doi: 10.1080/08912963.2019.1658096
- Raven, P., & Wagner, D. (2021). Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 118(2), e2002548117. doi: 10.1073/pnas.2002548117
- Saltré, F., & Bradshaw, C. (2019). What is a “mass extinction” and are we in one now? *The conversation*. Recuperado de <https://theconversation.com/what-is-a-mass-extinction-and-are-we-in-one-now-122535>
- Sengor, A., Atayman, S., & Ozeren, S. (2008). A scale of greatness and causal classification of mass extinctions: Implications for mechanisms. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 105(37), 13736-13740. doi: 10.1073/pnas.0805482105
- Shivanna, K. (2020). The Sixth Mass Extinction crisis and its Impact on biodiversity and human welfare. *Resonance*, 25(1), 93-109. doi: 10.1007/s12045-019-0924-z
- Stork, N. (2009). Re-assessing current extinction rates. *Biodiversity And Conservation*, 19(2), 357-371. doi: 10.1007/s10531-009-9761-9
- Thomas, C. (2013). The Anthropocene could raise biological diversity. *Nature*, 502(7469), 1-7. doi: 10.1038/502007^a
- Thomas, C. (2020). The development of Anthropocene biotas. *Philosophical transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794), 20190113. doi: 10.1098/rstb.2019.0113
- Torres-Romero, E., Giordano, A., Ceballos, G., & López-Bao, J. (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, 108706. doi: 10.1016/j.biocon.2020.108706
- Turvey, S., & Crees, J. (2019). Extinction in the Anthropocene. *Current Biology*, 29(19), 982-986. doi: 10.1016/j.cub.2019.07.04
- van Uhm, D. (2016). The Sixth Mass Extinction. *The Illegal Wildlife Trade*, 15, 17-32. doi: 10.1007/978-3-319-42129-2_2

- Wagler, R. (2011). The Anthropocene mass extinction: an emerging curriculum theme for science educators. *The American Biology Teacher*, 73(2), 78-83. doi: 10.1525/abt.2011.73.2.5
- Wake, D., & Vredenburg, V. (2008). Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences*, 105(1), 11466-11473. doi: 10.1073/pnas.0801921105
- Youngsteadt, E., López-Urbe, M., & Sorenson, C. (2019). Ecology in the Sixth Mass Extinction: Detecting and Understanding Rare Biotic Interactions. *Annals Of The Entomological Society Of America*, 112(3), 119-121. doi: 10.1093/aesa/saz007