



Vigilada Mineducación

**¿ES LA SEXTA EXTINCIÓN EN MASA UNA REALIDAD?  
¿IS A REALITY THE SIXTH MASS EXTINCTION?**

YERSON ALEXANDER QUINTERO SOTO

MONOGRAFÍA INVESTIGATIVA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE GEÓLOGO

**ASESOR:**

**PhD. ANDRÉS LEONARDO CÁRDENAS ROZO**

UNIVERSIDAD EAFIT  
CIENCIAS DE LA TIERRA  
GEOLOGÍA  
MEDELLÍN

2024

## Tabla de contenido

1.	Resumen .....	4
2.	Abstract .....	5
3.	Introducción .....	6
4.	Objetivos .....	7
4.1	Objetivo general .....	7
4.2	Objetivos específicos.....	7
5.	Marco teórico .....	8
5.1.	¿Qué es una extinción en masa?.....	8
5.2.	Las cinco grandes extinciones en masa.....	8
5.2.1.	Ordovícico tardío: .....	8
5.2.2.	Devónico Tardío:.....	9
5.2.3.	Pérmico Tardío:.....	9
5.2.4.	Triásico Tardío: .....	11
5.2.5.	Extinción del Cretácico Tardío o límite Cretácico - Paleógeno.....	13
6.	Tasas de extinciones actuales en comparación con datos fósiles.....	16
6.1.	La lista roja como herramienta para medir extinciones .....	16
6.2.	Métrica E/MSY (número de extinciones por millón de especies – año).....	21
6.3.	La extinción moderna afecta directamente a las especies de mayor tamaño. ....	22
6.4.	Selectividad de extinción: .....	27
7.	Otras comparaciones .....	27
7.1.	Extinciones de aves en las islas del pacífico: .....	27
7.2.	Inversiones extranjeras en el carbón .....	28
8.	Discusión.....	28

9.	Conclusiones .....	30
10.	Referencias .....	31

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Número de géneros de animales marinos en etapas desde el Viséan (Mississippian) hasta el Ladinian (Triásico Medio).....	10
Figura 2. Correlación de extinciones y eventos durante el Triásico – Jurásico que muestra una crisis de dos fases al final del triásico.....	12
Figura 3. Recuperación de los Bivalvos posterior a la extinción a final del Pérmico y la disminución de la diversidad en la extinción del Triásico Tardío .....	13
Figura 4. Variación de diversidad en el número de familias de invertebrados marinos señaladas en las cinco grandes extinciones masivas en la historia geológica .....	15
Figura 5. Efectos en 4 diferentes paisajes de ecosistemas terrestres debido a las cascadas tróficas .....	23
Figura 6. Ilustración de la defaunación por diferencia de tamaño desde el Pleistoceno hasta la actualidad. ....	24

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Las cinco grandes extinciones masivas con tasas de extinción y causas.</i> .....	14
Tabla 2. <i>Clasificación de especies y número de especies según la lista roja de la UICN</i> .....	17
Tabla 3. <i>Criterios de clasificación de la lista roja de la UICN.</i> .....	19
Tabla 4. <i>Comparación de hipótesis de autores con respecto a la medición de extinciones.</i> .....	25

## 1. Resumen

Determinar si estamos en medio de la sexta extinción masiva es crucial para reconocer la crisis actual de pérdida de biodiversidad y tomar medidas urgentes en cuanto a la conservación de especies. Esta investigación aborda las características y evidencias de las extinciones en masa pasadas y revisa hipótesis propuestas para medir las tasas de extinciones modernas, seleccionadas por su relevancia y controversia científica. Estas hipótesis utilizan metodologías como fórmulas numéricas basadas en registros fósiles de extinciones antiguas y recientes, y análisis de características de especies vulnerables. Destacan el uso de datos de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) sobre especies amenazadas. Los resultados destacan cuatro principales hipótesis que definen una crisis de extirpación moderna de especies, aunque con discrepancias en los datos debido a sesgos paleontológicos y datos limitados sobre especies actuales descritas por la UICN. Cada hipótesis sugiere resultados diferentes en cuanto a tasas de extinción, en general ilustran una crisis de extirpación de especies ocasionada por la intervención humana y en relación con extinciones anteriores. A pesar de las discrepancias en los datos, se logró ilustrar y evidenciar que existe una pérdida significativa de biodiversidad con respecto a las anteriores y está caracterizada principalmente por causa humana.

**Palabras clave:** Extinción en masa – Sexta extinción – Registros fósiles – UICN – Sesgo paleontológico

## **2. Abstract**

Determining whether we are in the midst of the sixth mass extinction is crucial to recognize the current biodiversity crisis and take urgent measures for species conservation. This research examines the characteristics and evidence of past mass extinctions and reviews proposed hypotheses for measuring modern extinction rates, selected for their relevance and scientific controversy. These hypotheses employ methodologies such as numerical formulas based on fossil records of ancient and recent extinctions, and analyses of the traits of vulnerable species. They notably utilize data from the International Union for Conservation of Nature (IUCN) on threatened species. The results highlight four main hypotheses defining a modern crisis of species extirpation, although with discrepancies in the data due to paleontological biases and limited data on currently described species by the IUCN. While each hypothesis suggests different extinction rate results, they generally illustrate a crisis of species extirpation caused by human intervention and in relation to previous extinctions. Despite the data discrepancies, it was possible to illustrate and provide evidence of a significant loss of biodiversity compared to previous levels, primarily characterized by human causation.

**Keywords:** Mass extinction – Sixth extinction – Fossil records – IUCN – Paleontological bias

### 3. Introducción

En la historia evolutiva de la tierra ha habido diferentes pulsos de extinciones, pero sólo 5 se consideran como extinciones en masa o grandes extinciones (Cowie et al., 2022; Racki, 2020). Las extinciones en masa son eventos geológicos que se caracterizan por la pérdida acelerada de especies en un período relativamente corto de tiempo. Se estima que han ocurrido cinco extinciones en masa a lo largo de la historia de la Tierra, cada una ha provocado la extinción aproximada del 70% al 96% de las especies existentes en ese momento y dándose en intervalos de 2 – 30 millones de años. (Barnosky et al., 2011).

Actualmente se discute una posible sexta extinción en masa que está en marcha, según (Ceballos, Ehrlich & Raven 2020; Ceballos, Ehrlich, Dirzo 2017) afirman que la sexta extinción es una realidad dada la recolección de datos de pérdida de biodiversidad en especies, estos indican que estas pérdidas son producto de la intervención humana, “siendo esta también el primer evento de este tipo causado enteramente por humanos” (Cowie et al., 2022).

Para definir una posible sexta extinción masiva diversos autores han propuesto diferentes hipótesis, como es la de (Pimm et al., 1995) que sugiere la implementación de la métrica E/MSY con una tasa de extinción de fondo de 0,1 – 1 extinciones de un millón de especies por año, otros auctores como (Ceballos et al., 2015) respaldan esta métrica, pero cambiando la tasa de extinción de fondo, siendo en esta hipótesis de 2 E/MSY. Otros intentan desmentir estas hipótesis argumentando en su contra la falta de datos por parte de (UICN; <http://www.iucn.org> ) y el sesgo paleontológico en el registro fósil y al mismo tiempo sugiriendo una tasa real de extinción de 1,47 especies por año, sin embargo, sin importar la cantidad de estudios respaldando la métrica por (Pimm et al., 1995), investigadores como (Dirzo et al., 2014) aborda la problemática como la defaunación del Antropoceno sugiriendo que la sexta extinción masiva afecta principalmente a especies de gran tamaño.

Es muy importante para la ciencia comprender las extinciones de especies tanto del pasado como del futuro para adquirir una visión más amplia de los riesgos y amenazas que conllevan a la desaparición de las especies y con esto adquirir mejores avances en cuanto a la conservación de la

biodiversidad (Lee & Jetz, 2011), por eso la importancia de definir si ¿es la sexta extinción en masa una realidad?

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Analizar hipótesis acerca de una posible sexta extinción masiva en marcha mediante la revisión bibliográfica de anteriores evidencias científicas de extinciones en masa y comparar con las evidencias actuales.

### **4.2 Objetivos específicos**

Para abordar y da respuesta al objetivo general del trabajo, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Definir los conceptos de extinción en masa y sus características principales, incluyendo duración, magnitud y patrones de extinción.
- Identificar y analizar las principales causas propuestas para la Sexta Extinción en Masa, como el cambio climático, la pérdida de hábitat, la contaminación etc.
- Revisar estudios científicos que hayan comparado datos actuales de extinción y pérdida de biodiversidad con registros fósiles, evaluando la consistencia y fiabilidad de dichas comparaciones.
- Analizar las metodologías utilizadas para comparar datos actuales con registros fósiles, identificando posibles sesgos o limitaciones en la interpretación de los resultados.
- Examinar las discrepancias y similitudes entre los datos actuales y los registros fósiles en términos de tasas de extinción, diversidad taxonómica y cambios en los ecosistemas, buscando identificar tendencias consistentes o contradicciones.

## **5. Marco teórico**

### **5.1. ¿Qué es una extinción en masa?**

Las extinciones en masa son eventos geológicos que se caracterizan por la pérdida acelerada de especies en un período relativamente corto de tiempo. Se estima que han ocurrido cinco extinciones en masa a lo largo de la historia de la Tierra, cada una ha provocado la extinción entre el 70% y el 96% de las especies existentes en ese momento (Barnosky et al., 2011). La definición de una extinción en masa puede definirse desde varios puntos de vista, pero muy objetivos como dice (Raup, 1992), las extinciones en masa tienen una definición sencilla, pero, hablando geográficamente por lo menos más de la mitad de la superficie terrestre de forma directa tiene que estar afectada ambientalmente.

### **5.2. Las cinco grandes extinciones en masa.**

#### **5.2.1. Ordovícico tardío:**

El evento de extinción masiva del Ordovícico tardío según (Sepkoski, 1996) fue el primero de las cinco grandes extinciones masivas registradas en la historia de la tierra. La causa fue un breve intervalo glacial que produjo dos pulsos de extinción (Brenchley et al., 1994). El primer pulso fue por glaciación que provocó la caída del nivel del mar drenando las vías marítimas epicontinentales, cambios bruscos en el clima global, mientras que el segundo pulso se produjo al final de la glaciación cuando el nivel del mar aumentó, el clima volvió a las condiciones pre-glacial y la circulación oceánica disminuyó (Sheehan, 2001).

La crisis de extinción de especies empezó aproximadamente desde el Katian medio (c. 448,7 Ma) hasta el Hirnantian tardío (c. 443,4 Ma) lo que da un aproximado en el intervalo de 5,3 Myr (Deng et al., 2021). Los resultados de las categorías taxonómicas de (Jablonski, 1991) sugieren que, aproximadamente el 85% de todas las especies existentes se extinguieron, esta extrapolación se hizo de acuerdo con las estimaciones taxonómicas según (Sepkoski, 1996).



### 5.2.2. Devónico Tardío:

La crisis del Devónico tardío o bioevento Hangerberg según (Racki, 2019) sugiere que, la crisis comprende en tiempos geológicos desde el Frasniano-Famenniano (FF) en el límite Devónico – Carbonífero. Esta extinción ocurrió hace aproximadamente 371,9 Ma con un 70% de extinción de especies (McGhee & Racki, 2021). Este evento representó la extinción del 13 al 38% de todas las familias marinas, el 55 a 60% de los géneros marinos y entre el 43% y el 53% de los taxones de plantas terrestres, la mayoría de estas pérdidas bióticas están relacionadas a la crisis del Frasnian-Famennian (FF) (Barash, 2017) .

Se le han asignado varias causales a la crisis biótica del Devónico Tardío, pero sólo dos son las más aceptadas. La primera por grandes cataclismos volcánicos, pero no solo erupciones ígneas, abarca la proporción de plumas del manto, extrusiones que se generaron en grandes provincias ígneas, magmatismo explosivo en arco (LIP), levantamientos de bloques continentales (Racki, 2020). Esta causa al igual que la de posibles impactos de meteoritos sugieren que podrían ser los principales desencadenantes en promover los cambios climáticos y del nivel del mar en el Devónico Tardío (D'Antonio et al., 2020; McGhee & Racki, 2021), provocando directamente que las especies en el océano mueran por asfixia y/o anoxia oceánica (McGhee & Racki, 2021b; Racki, 2019).

### 5.2.3. Pérmico Tardío:

El evento del Pérmico Tardío puso fin a la era Paleozoica en el registro geológico y fue el evento más catastrófico de todas las extinciones masivas registradas (Metcalf, 2008; Racki, 2019), Según (Sepkoski, 2002) en su libro de compendio de géneros de fósiles de animales marinos sugiere por medio de todas sus compilaciones que, aproximadamente el 54% de las familias del pérmico, el 98% de los géneros de especies y hasta el 92% de las especies no sobrevivieron hasta el final del Pérmico con límite del Triásico, **la figura 1** ilustra la diversidad de animales marinos durante el paleozoico tardío y la primera mitad del periodo triásico con datos compilados de (Sepkoski, 2002).



**Figura 1.** Número de géneros de animales marinos en etapas desde el Visean (Mississippian) hasta el Ladinian (Triásico Medio). *Nota.* Tomado de (Knoll et al., 2007).

En las causas de este acontecimiento se le atribuyen cataclísmicas erupciones volcánicas de tipo trampas de LIP siberianas que fueron los dominios volcánicos más grandes conocidos en la historia geológica, se atribuyen un pulso climático de efecto invernadero, deficiencia de oxígenos, acidificación de los océanos combinado con la radiación UV y la lluvia ácida (Racki, 2019). El evento volcánico de las trampas Siberia duró muy poco en tiempo geológico, inició hace aproximadamente  $\sim 251,7 \pm 0,4$  Ma, su evento máximo de vulcanismo empezó  $\sim 251,1 \pm 0,3$  Ma y terminó  $\sim 250,2 \pm 0,3$  Ma (Kamo et al., 2003).

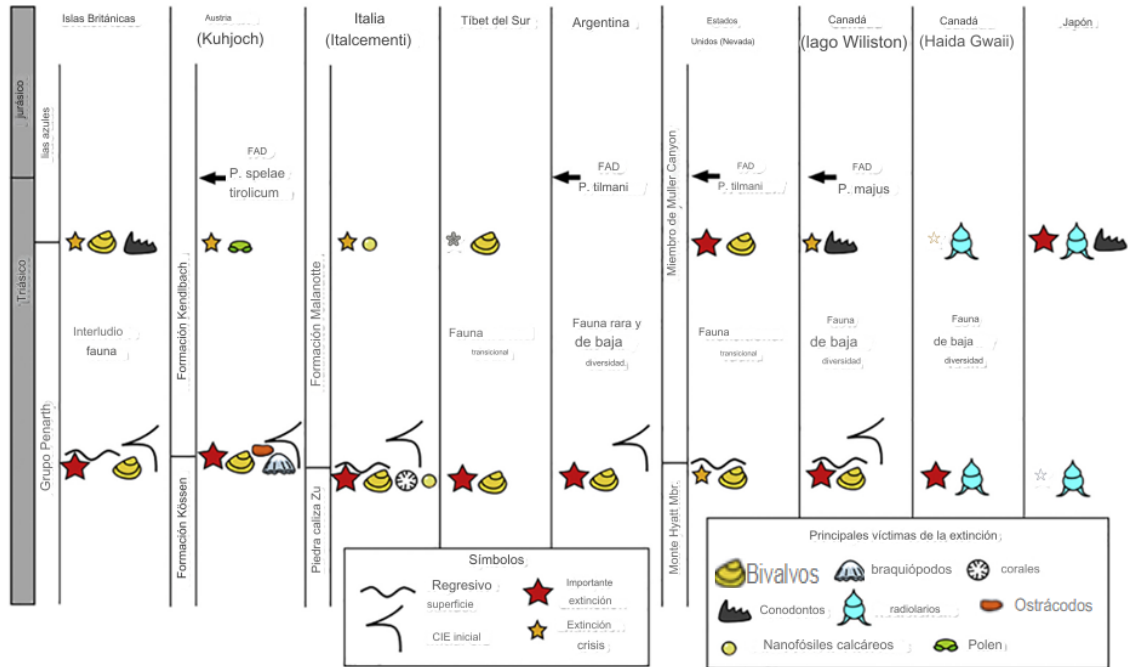
En cuanto a la anoxia oceánica (Knoll et al., 2007) sugiere que, “el desencadenante de la expansión de la anoxia en aguas poco profundas fue el aumento global de la temperatura de la superficie del mar inducido por la entrada de CO<sub>2</sub> en el sistema océano/atmósfera” (P.4), la primera persona en plantear la posibilidad de que la anoxia oceánica hubiese sido una de las causas del evento de extinción marina en el Pérmico Tardío en límite del principio del Triásico fue (Hallam & Cohen, 1989). Más tarde investigaciones de las amplias sucesiones de lutitas negras en las plataformas

continentales del Triásico inferior despertaron el interés en la anoxia oceánica como posible causa de la extinción masiva del Pérmico Tardío (Wignall & Twitchett, 2002).

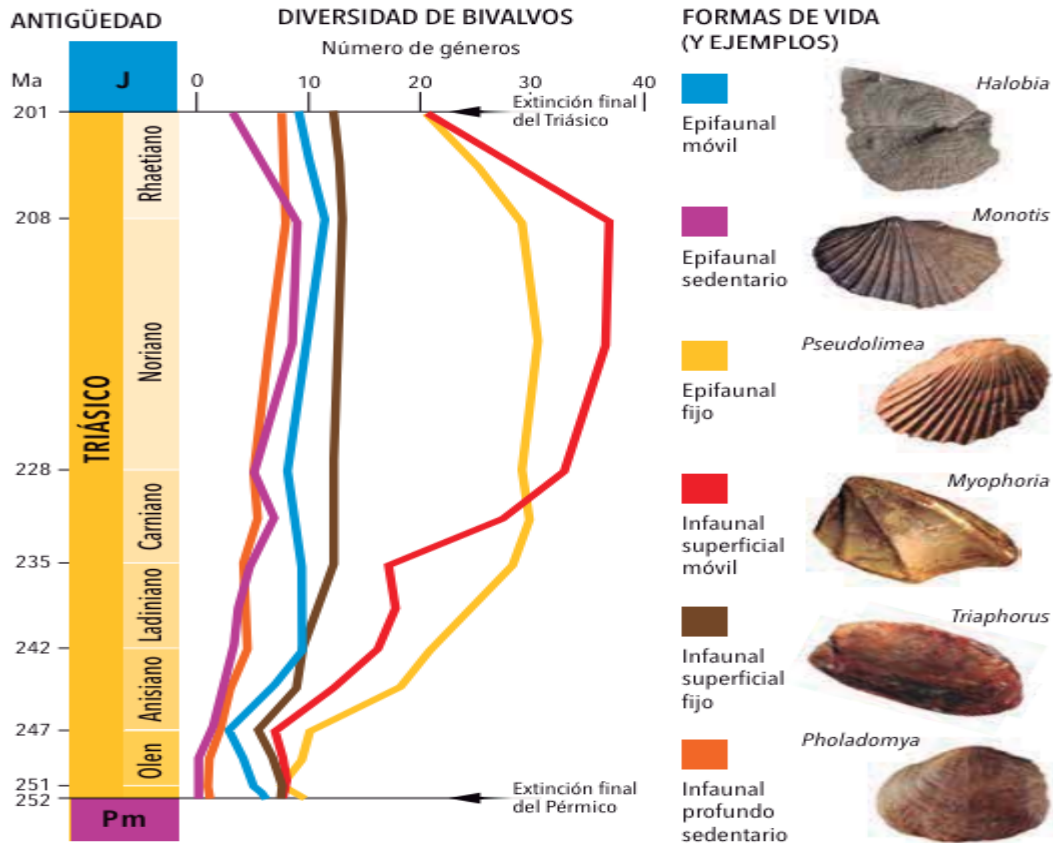
#### **5.2.4. Triásico Tardío:**

La extinción masiva al final del Triásico – Jurásico (TJ) fue una de las cinco grandes extinciones masivas registradas en el Fanerozoico (Toljagic & Butler, 2013) comprendiendo en tiempo geológico desde el Noriano hasta a inicios del jurásico (Hettangiano) (Wignall & Atkinson, 2020). El primero en hacer mención y demostrar la gravedad de esta extinción masiva en el registro fósil del Triásico Tardío fue (Hallam, 1981). Más adelante (Wignall & Atkinson, 2020) mediante estudios de correlación **figura 2** sugiere que la extinción masiva del Triásico Tardío se puede explicar mediante dos pulsos de extinción, siendo estas coincidentes con las causas planteadas a este evento. Estudios demuestran que la causa principal de la extinción del Triásico Tardío con límite en el Jurásico se debe al emplazamiento ígneo de la provincia magmática del circumatlántica (CAMP) (Hautmann, 2012; Whiteside et al., 2010; Racki, 2019).

Se planteaba la hipótesis de una anoxia oceánica como principal causal de extinción (Wignall & Atkinson, 2020) por la extensión de lutitas negras continental, pero, están por encima del primer nivel de extinción del triásico dando poca credibilidad al papel de la anoxia como principal causa de extinción en el Triásico (Hallam, 1995). Sin embargo, este escenario no se descarta como causas secundarias de este evento de extinción, se piensa que este causal dio una retroalimentación positiva al emplazamiento ígneo debido al calentamiento global (Wignall & Atkinson, 2020) y la falta de calcificación en los océanos (Ros Franch et al., 2020) que afectó principalmente a la diversidad de corales y Bivalvos tal como se ilustra en la **figura 3**.



**Figura 2.** Correlación de extinciones y eventos durante el Triásico – Jurásico que muestra una crisis de dos fases al final del triásico. *Nota.* Tomado y adaptado de (Wignall & Atkinson, 2020)



**Figura 3.** Recuperación de los Bivalvos posterior a la extinción a final del Pérmico y la disminución de la diversidad en la extinción del Triásico Tardío. *Nota.* Tomado de (Ros Franch et al., 2020)

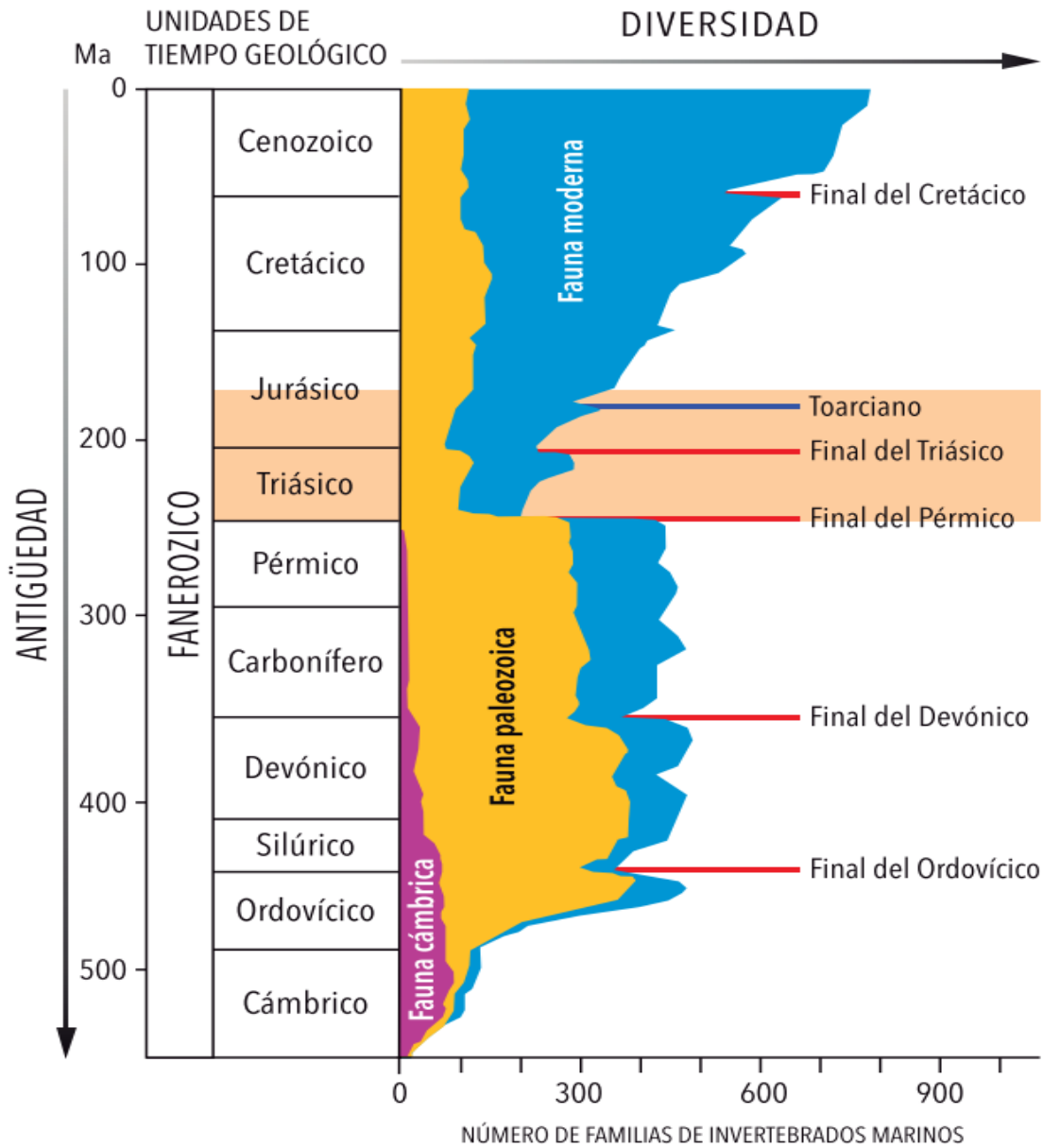
### 5.2.5. Extinción del Cretácico Tardío o límite Cretácico - Paleógeno

La extinción del límite del cretácico – Paleógeno ocurrió ~ 65.5 – 66 Ma y es una de las tres grandes extinciones masivas de los últimos 500 Ma (Schulte et al., 2010), conocida también como la extinción masiva Kreide – Terciario (KT) que la caracterizan por la desaparición de los dinosaurios no aviarios, grandes reptiles marinos y pterosaurio (Racki, 2019) con una tasa de extinción de aproximadamente el 76% de todas las especies (Neubauer et al., 2021) y una duración aproximada de 2,5 – 2,8 Ma (Briggs, 1991). En la historia evolutiva de la tierra, han existido grandes extinciones, pero sólo cinco se consideran como extinciones en masa **Tabla 1**, la siguiente tabla por medio de recopilación bibliográfica resume las cinco grandes extinciones en masa, sus causas y el % de extinción en especies, mientras que la **figura 4** resume en general las extinciones masivas.

**Tabla 1.** Las cinco grandes extinciones masivas con tasas de extinción y causas.

<b>Grandes extinciones en masa</b>	<b>Posibles Causas</b>	<b>Tasa % en extinción de especies</b>
<b>Ordovícico (~ 444 Ma)</b>	Enfriamiento por la posición del supercontinente Gondwana, caída del nivel del mar y Anoxia transgresiva.	86%
<b>Devónico (~ 371,9 Ma)</b>	Enfriamiento del clima, calentamiento global a causa de erupciones volcánicas, eventos de anoxia en el océano.	75%
<b>Pérmico (~ 251,9 Ma)</b>	Vulcanismo Siberiano, calentamiento global, altas concentraciones de Co <sub>2</sub> , acidificación y eventos de anoxia en el océano.	96%
<b>Triásico (~ 201,3 Ma)</b>	Emplazamiento ígneo de la provincia magmática circumatlántica (CAMP) por ende, elevó los niveles de Co <sub>2</sub> en la atmósfera y aumentó las temperaturas globales provocando la falta de calcificación en el océano, caída del nivel del mar.	80%
<b>Cretácico (~66 Ma)</b>	Impacto de un meteorito.	76%

*Nota.* Elaboración propia. Información adaptada de: (Racki, 2020; Caplan & Bustin, 1999)



**Figura 4.** Variación de diversidad en el número de familias de invertebrados marinos señaladas en las cinco grandes extinciones masivas en la historia geológica. *Nota.* Tomado de (Ros Franch et al., 2020)

Hasta la fecha, “casi todas las estimaciones de pérdida de biodiversidad se han registrado sin considerar las ganancias (especiación) de biodiversidad durante el mismo periodo de tiempo. Esto es equivalente a calcular el estado financiero mirando sólo los gastos sin tomar en cuenta los ingresos” (Briggs, 2017) Por esta razón los estudios de esta ciencia deben demostrar que, las tasas

actuales de extinción están igual o por encima de las tasas de extinción de fondo de las anterior cinco grandes extinciones masivas (Ceballos et al., 2015).

## **6. Tasas de extinciones actuales en comparación con datos fósiles**

### **6.1. La lista roja como herramienta para medir extinciones**

Todas las actividades que han realizado los seres humanos desde su existencia han causado grandes alteraciones al ecosistema natural hasta el presente, por ello la obligación de crear la UICN (Rodríguez et al., 2015). La lista roja de especies pertenece a la Unión Internacional para la conservación de la naturaleza (UICN). El comienzo de esta lista roja se empleaba más con fines políticos y de planeación que como herramienta para medir las extinciones de especies y su conservación (Mace et al., 2008). Actualmente esta lista roja de la UICN ayuda a evaluar “los riesgos para los ecosistemas por medio de una estricta evaluación de las características principales de la biota de las especies y sus procesos ecológicos (Rodríguez et al., 2015).

La lista roja tienes criterios para la clasificación de especies, información de su página principal para la clasificación de especies (UICN; <http://www.iucn.org> ) sugiere que **Tabla 2** estas son las clasificación de las especies según su grado de vulnerabilidad y amenaza. Las especies según la UICN se clasifican en base de unos criterios establecidos para la evaluación (Rodrigues et al., 2006; Rodríguez et al., 2015) tal como se muestra en la **Tabla 3**.



**Tabla 2.** Clasificación de especies y número de especies según la lista roja de la UICN

<b>Categorías</b>	<b>Siglas</b>	<b>Descripciones</b>	<b>N° especies</b>
<b>No evaluado</b>	NE	Taxones que no han sido evaluados según criterio y no están publicados en la UICN.	
<b>Datos deficientes</b>	DD	Taxon con datos deficientes por falta de información para realizar la evaluación de forma directa o indirecta.	21290
<b>Preocupación menor</b>	LC	Taxon que ha sido evaluado según criterios y no cumple con la evaluación para entrar en las categorías de CR, VU, NT y ES.	144
<b>Casi amenazado</b>	NT	Taxón evaluado según criterios y no califica para estar en CR, ES y VU, pero es posible que califique en estas en un futuro.	9170
<b>Vulnerable</b>	VU	Taxón es vulnerable cuando la evaluación de los criterios de A al E indica que está en alto riesgo de extinción en estado silvestre.	16912
<b>El peligro de extinción</b>	ES	Taxón está en peligro cuando la información indica que cumple con los criterios A al E, por ende, se considera que tiene un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre.	17344

<b>En peligro crítico</b>	CR	Taxón se considera en peligro crítico cuando cumple cualquiera de los criterios de A al E, por consiguiente, se enfrenta en un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre.	9760
<b>Extinto en la naturaleza</b>	EW	Un taxón se encuentra extinto en la naturaleza cuando según estudios en un periodo determinado de tiempo no logran registrar a un individuo.	84
<b>Extinto</b>	EX	El taxón se considera extinto cuando no hay duda de que el último individuo de la especie ha muerto y no se encuentra en ningún otro escenario.	909

*Nota.* Elaboración propia. Adaptado según información y datos de: (Rodrigues et al., 2006; Rodríguez et al., 2015)

**Tabla 3.** *Criterios de clasificación de la lista roja de la UICN.*

			Resultados según la aplicación de los criterios		
<b>Criterios</b>	<b>Aplicación</b>		<b>Críticamente en peligro (CR)</b>	<b>En peligro (ES)</b>	<b>Vulnerable (VU)</b>
<b>A1</b>	Distribución decreciente	Calcular la extensión del tiempo pasados 50 años, futuros 50 años y desde 1750.	Reducción 90%	Reducción 70%	Reducción 50%
<b>A2</b>			Reducción 80%	Reducción 50%	Reducción 30%
<b>B1</b>	Distribución restringida	Calcular la corriente AOO, EOO y el número de ocurrencias.	100 km <sup>2</sup>	5000 km <sup>2</sup>	20.000 km <sup>2</sup>
<b>B2</b>			10 km <sup>2</sup>	500 km <sup>2</sup>	2.000 km <sup>2</sup>

<b>C</b>	Degradación abiótica	Estimaciones relativas y el alcance de los datos según el criterio "A"	250	2500	10.000
<b>D1</b>	Biótica ruptura		50	250	1.000
<b>D2</b>			N/A	N/A	N/A
<b>E</b>	Probabilidad de colapso	Probabilidad de colapso del modelo en 50 años para CR y EN, en 100 años para VU.	50% en 10 años/tres generaciones	20% en veinte años/cinco generaciones	10% en cien años. Riesgo de extinción estimado con modelos cuantitativos

*Nota.* Elaboración propia. AOO, área de ocupación, EOO, extensión de ocurrencia. Adaptado de (Rodrigues et al., 2006; Rodríguez et al., 2015)

## **6.2. Métrica E/MSY (número de extinciones por millón de especies – año).**

Para crear metodologías y evaluar las tasas de extinciones con respecto al registro fósil primero se debe conocer el número de especies existentes. (Pimm et al., 1995) sugiere el uso de la métrica E/MSY para medir extinciones. Esta métrica consiste en relacionar el número de extinciones (E) y el número de especies por millón de años – especies. El número de extinciones (E) se mide de acuerdo con estudios sobre invertebrados marinos en donde sugieren que las especies fósiles de estas duran entre 106 – 107 años (May & Lawton, 1995). Esta sugerencia da como resultado en este modelo una tasa de extinción del 0,1 – 1 E/MSY, el principal enfoque se centra en las especies más propensas a las extinciones actuales, especies raras o locales (Pimm et al., 1995).

Se ha demostrado que esta tasa puede variar en función de que tipos de especies se están recolectando los datos, el ecosistema de las especies, teniendo en cuenta que la tasa de extinción es totalmente independiente al número total de especies (Cowie et al., 2022).

Utilizando la métrica E/MSY se han estimado datos en base a la información de especies de la UICN para aves, anfibios y mamíferos antes del 1900 hasta el 1500 resultado de 49, 66 y 72 E/MSY y datos posteriores al 1900 de 132, 107, 243 E/MSY respectivamente para cada grupo (Pimm et al., 2014). Otro autor como (Ceballos et al., 2015) estima la tasa de fondo a partir de 2 extinciones de mamíferos por cada 10.000 especies cada 100 años, sugiriendo directamente que esta tasa de extinción de fondo se puede utilizar para toda la biota global y sus resultados arrojan que en el último siglo la extinción de especies sin intervención humana hubiese tardado en desaparecer entre 800 – 10000 años. Esta tasa es traducida a 2 E/MSY dejando a un lado la estimación de tasa de fondo estimada por (Pimm et al., 1995).

Otros autores como (Briggs, 2016) afirma que las publicaciones sobre una sexta extinción en marcha son muy exageradas, en donde estiman a partir de fósiles que tuvieron lugar en intervalos de tiempo de millones de años o más (Ceballos et al., 2015; Pimm et al., 1995). En contra de esto se sugiere que las tasas de extinciones deberían ser aproximadamente de 0,5 especies por año,

argumentando que se debe comparar con la tasa de los últimos 2,5 Ma tomando como referencia la tasa de fondo del pleistoceno (Briggs, 2016).

Según (Briggs, 2016) sugiere que la tasa de extinción real es de 1,47 especies por año. Estos datos están basados en la pérdida de fondo durante los últimos 500 años de vertebrados e insectos (estos últimos representando más del 90% de especies en la tierra) (Briggs, 2016).

### **6.3. La extinción moderna afecta directamente a las especies de mayor tamaño.**

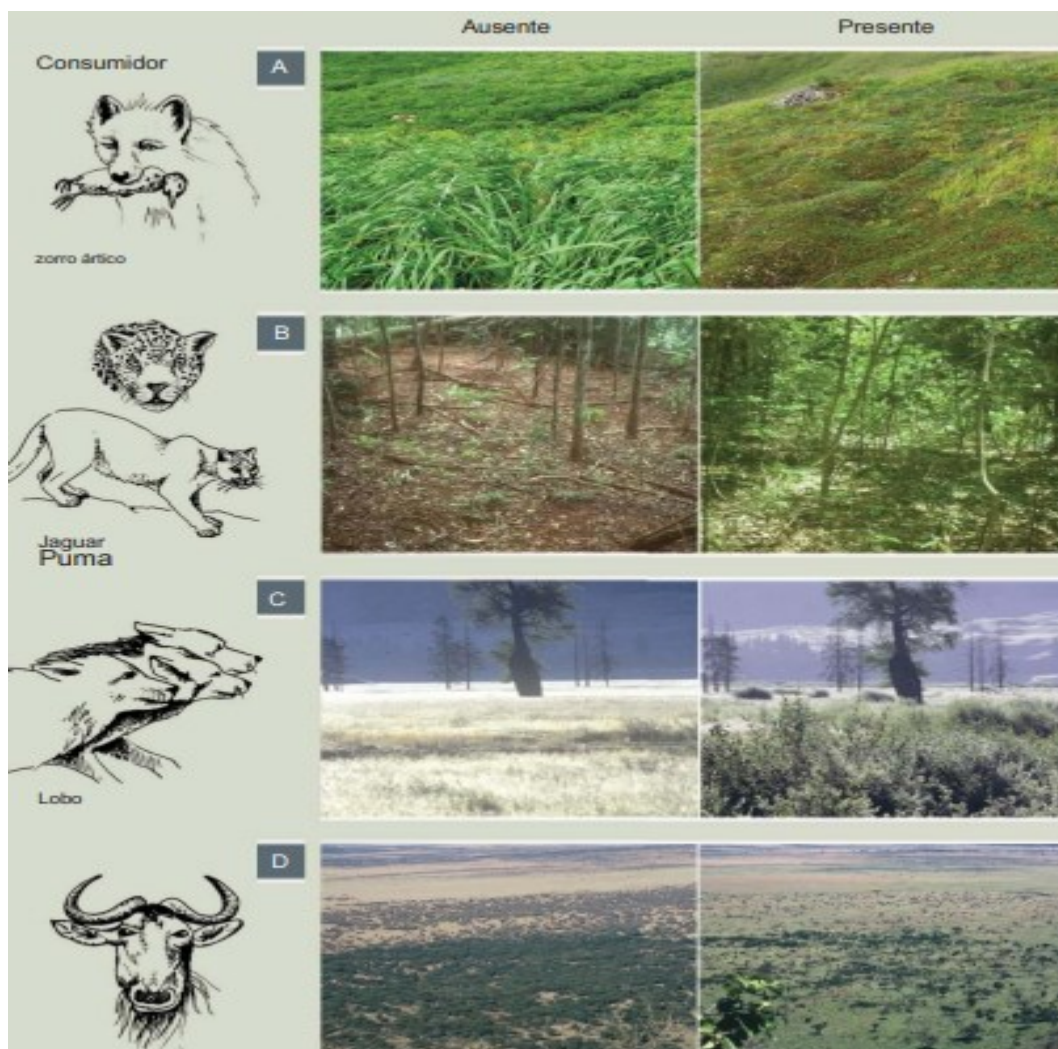
Otros estudios se desbordan en otra línea para poder explicar una posible degradación faunística o sugerir una sexta extinción en marcha, entre esos autores está (Smith et al., 2018), sugiere que, la sexta extinción masiva o la actual extirpación de especies está afectando a especies de mayor tamaño, principalmente mamíferos. Aunque no se considere una problemática tan influyente, se han realizado múltiples investigaciones que revelan que la extinción de estas grandes especies incurre a efectos negativos hacia los otros ecosistemas de la tierra (Estes et al., 2011; Smith et al., 2019).

De hecho, (Smith et al., 2018.) ilustra en base de datos cuantificados que, la pérdida y extinción de especies con contextura grande viene aproximadamente desde final del cuaternario cuando los homínidos empezaban a expandirse por el mundo, este autor sugirió un estudio de los últimos 125.000 años con una proyección de hoy a 200 años al futuro cuantificando la extinción de especies con gran tamaño corporal.

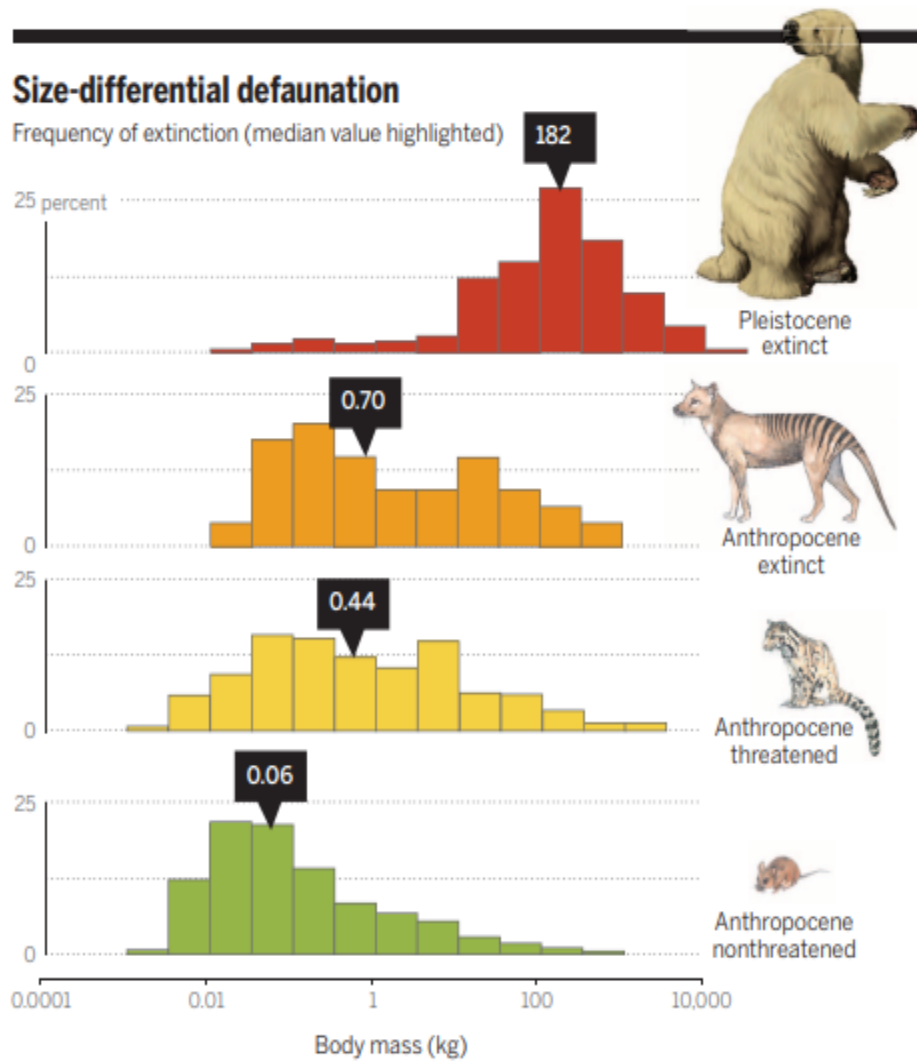
Otra investigación reciente decide llamarle a esta crisis como “Defaunación En El Antropoceno” (Dirzo et al., 2014) sugiriendo que actual crisis en pérdida de biodiversidad está siendo impulsada por el hombre y que está afectando principalmente a especies de mayor tamaño corporal (Dirzo et al., 2014.; Smith et al., 2018). Cuando se habla de especies con gran tamaño corporal, por lo general se refieren a los animales cazadores o los que están en la parte más alta de la cadena trófica (Estes et al., 2011).

Cuando hay una crisis extirpadora o extinción de especies que están en el primer nivel de la cadena trófica, estos generan una cascada de desaparición de especies que están niveles más debajo de la

cadena trófica (Estes et al., 2011.; Smith et al., 2018) tal como se ilustra en la **figura 5** donde se aprecian efectos en los paisajes por las crisis de extirpación de especies del primer nivel de la cadena trófica provocando extirpaciones de especies más abajo del primer nivel (Cascadas tróficas). La **figura 6** pone en evidencia y sugiere que la extinción y el peligro a extinguirse van de la mano dependiendo del tamaño corporal de las especies, esta figura toma en cuenta los animales que se extinguieron a partir del pleistoceno (Dirzo et al., 2014)



**Figura 5.** Efectos en 4 diferentes paisajes de ecosistemas terrestres debido a las cascadas tróficas. *Nota.* Tomado de (Estes et al., 2011)



**Figura 6.** Ilustración de la defaunación por diferencia de tamaño desde el Pleistoceno hasta la actualidad.  
*Nota.* Tomado de (Dirzo et al., 2014).

Para tener una mejor visión de las hipótesis y metodologías usadas por los autores, en la **tabla 4** se resumen las ideas principales de cada dividiendo la tabla en hipótesis, metodología, resultados y limitaciones



**Tabla 4.** Comparación de hipótesis de autores con respecto a la medición de extinciones.

	<b>(Pimm et al., 1995)</b>	<b>(Briggs, 2016)</b>	<b>(Ceballos et al., 2015)</b>	<b>(Dirzo et al., 2014)</b>
<b>Hipótesis</b>	Implementar la métrica E/MSY con un modelo en tasa de extinción de fondo da como resultado 0,1 – 1 extinciones de un millón de especies/año	Basándose en la tasa de extinción de fondo de los últimos 2,5 MA da como resultado una tasa de extinción de fondo de 0,5 especies por año.	La tasa de extinción de fondo propuesta para mamíferos de 2 E/MSY puede aplicarse en otras biotas.	La defaunación en el Antropoceno afecta principalmente a especies con cuerpos grandes.
<b>Metodología</b>	Análisis de estudios anteriores de invertebrados marinos y especies descritas en la UICN	Revisión de datos en la literatura de la tasa de extinción de fondo en el pleistoceno.	Revisión de datos en la literatura de las tasas de extinción actuales y pasadas de animales vertebrados.	Análisis de datos y revisión en la literatura científica.
<b>Resultados</b>	Porcentaje total de especies extintas a partir del año 1500	Sugiere una tasa real de extinciones de 1,47 especies por	Datos conservadores, la extinción del último siglo en vertebrados	La defaunación afecta directamente

	y predecir futuro en cuanto a la extinción de especies.	año durante los últimos 500 años.	hubiese tomado en una tasa normal de fondo entre 800 a 10.000 años.	a grandes especies de animales.
<b>Limitaciones</b>	Datos limitados en cuanto a las especies conocidas y descritas por la UICN y dependencia de datos anteriores de extinciones pasadas.	Datos limitados, sólo aborda insectos, vertebrados terrestres y especies marinas y se centra en grupos que pueden no representar la pérdida global de biodiversidad.	Incertidumbres de datos debido a la limitación de especies descritas en la UICN	Falta de replicación en otros sitios y sólo se enfoca en grandes especies.

**Fuente:** Elaboración propia. Adaptado de (Briggs, 2016; Ceballos et al., 2015; Dirzo et al., 2014; Pimm et al., 1995)

#### **6.4. Selectividad de extinción:**

En tiempo de extinciones normales sin la intervención del ser humano, los taxones que con mayor frecuencia son afectados por la extinción son los que en sus características geográficas presentan pequeños rangos y muy poco índice poblacional. Esta selectividad en las extinciones en masa puede cambiar de manera que también mayoritariamente se vean afectadas las especies o taxones con mayor proporción en tamaño (Jablonski, 2008).

Diversos estudios como el de (Lee & Jetz, 2011) sugieren que, los predictores claves de las extinciones de los taxones dependen de la pequeña área de distribución geográfica, las bajas tasas de reproducción, el gran tamaño del área de distribución y el gran tamaño corporal de las especies. Esto es traducido a que la extinción de una especie depende tanto de si tiene gran tamaño corporal en un área de distribución pequeña o grande como de poco tamaño corporal y si su área de distribución es grande o pequeña.

### **7. Otras comparaciones**

#### **7.1. Extinciones de aves en las islas del pacífico:**

La llegada de los Polinesios a las islas del pacífico cuando estas eran las últimas zonas habitables del pacífico impactó directamente a las especies de aves terrestres y marinas que habitaban allí. Se estima que esta “crisis de biodiversidad” comenzó por el hombre aproximadamente hace 4 mil años y en poco tiempo llegará a su fin. Antes de la llegada de los humanos a estas islas, ninguna especie desapareció en intervalos mucho más grandes de tiempo (Steadman, 1995).

La mayoría de las aves eran especies de rálidos (Rallidae) no voladores, esta exterminación por parte de los humanos corresponde una reducción del 20% en el número de aves con una pérdida de más de 2000 especies de aves. Estos datos sugieren que la crisis de extinción tiene precedentes históricos con los humanos (Steadman, 1995). 500 años antes de que los occidentales descubrieran las islas Hawaianas estas fueron pobladas por nativos del pacífico. Se estima que en ese lapso se extinguieron más del 50% de las aves producto de la expansión, destrucción de los hábitats y depredación por parte de los nativos (Cowie et al., 2022; James & Olson, 1991).

## **7.2. Inversiones extranjeras en el carbón**

En 2017 el porcentaje de gases de efecto invernadero alcanzó su pico más alto en la historia de la humanidad. Este problema se les atribuyó especialmente a los países más desarrollados quienes realizan inversiones en el carbón extranjeros. A partir de estas declaraciones los países como Japón, China, Alemania y Corea Del Sur se comprometieron en reducir sus huellas de carbono, pero, solo intentaban disminuirla dentro de sus fronteras y las seguían aumentando en otros proyectos de carbón alrededor del mundo (Bashir et al., 2018).

## **8. Discusión**

El cuestionamiento de que si la crisis de biodiversidad constituye una sexta extinción en masa es un tema de intenso debate y controversia científica. De acuerdo con los datos y metodologías presentados en este trabajo, ilustramos las complejidades y desafíos involucrados en determinar si nos encontramos en medio de un evento de extinción masiva en comparación con las cinco anteriores registradas en el registro fósil (Ceballos et al., 2015).

En el desarrollo del trabajo identificamos que una de las principales dificultades en este estudio puede radicar en la limitación y falta de datos completos y precisos sobre el estado actual de la biodiversidad global. Así como señalan (Cowie et al., 2022), la UICN ha evaluado menos del 4% de las especies estimadas en el planeta. Esta limitación implica que las comparaciones con los registros fósiles de extinciones pasadas deben realizarse con cautela y mayor precisión, ya que los datos actuales pueden estar sesgados hacia ciertos grupos taxonómicos o regiones geográficas mejor estudiadas.

Además, el registro fósil en sí mismo está sujeto a sesgos paleontológicos, como la preservación diferencial de ciertos organismos y ambientes (Briggs, 2016; Cowie et al., 2022). Esto puede llevar a subestimar o sobrestimar las tasas de extinción pasadas, con ello dificultando aún más las comparaciones con las tasas de extinciones actuales.

A pesar de estas limitaciones, las hipótesis y metodologías presentadas por diversos autores ofrecen perspectivas valiosas sobre la magnitud y patrones de la crisis actual de biodiversidad. La métrica

E/MSY propuesta por (Pimm et al., 1995) y respaldada por (Ceballos et al., 2015), aunque con diferencias en las tasas de extinción de fondo, sugieren una aceleración significativa de las extinciones en comparación con los niveles históricos que tenemos como base.

Por otro lado, la estimación que nos sugiere (Briggs, 2016) de una tasa de extinción real de 1,47 especies por año, basada en la pérdida de vertebrados e insectos en los últimos 500 años, aunque se considere menor a otras estimaciones, sigue siendo alarmante y respalda la idea de una crisis de biodiversidad moderna. Además, la hipótesis de la "defaunación en el Antropoceno" presentada por (Dirzo et al., 2014) y respaldada por (Smith et al., 2018) destacan un patrón particular de la crisis actual: la extinción selectiva de especies de gran tamaño corporal, principalmente mamíferos y otros depredadores que están en el nivel más alto de la cadena trófica. Este fenómeno que está impulsado por la actividad humana tiene el potencial de desencadenar cascadas tróficas y efectos en cascada en los ecosistemas (Estes et al., 2011), lo que sugiere que se podría agravar aún más la pérdida de biodiversidad.

Considero que es importante destacar que, además de las extinciones que afectan directamente a las especies, la degradación y fragmentación de hábitats, el cambio climático y otros impactos humanos están provocando cambios profundos en la composición y función de los ecosistemas (Ceballos et al., 2015). Analizando a fondo los datos podemos inferir que estos cambios pueden tener consecuencias a largo plazo para la resiliencia de los ecosistemas y los servicios vitales que los humanos dan uso constantemente.

La evidencia presentada en este trabajo de recopilación bibliográfica sugiere que, independientemente de si se cumple o no con la definición o características estrictas de una extinción en masa, la crisis actual de pérdida de biodiversidad es indiscutible y requiere acciones urgentes para su mitigación y un plan accionado para su posible reversión. Aunque existen incertidumbres y discrepancias en los datos, el consenso científico apunta a que la actividad humana es el principal motor de esta crisis, lo que la convierte en un desafío sin precedentes para la conservación y la sostenibilidad de los sistemas naturales.

## 9. Conclusiones

Las cuatro hipótesis propuestas por autores para definir si estamos en una extinción en masa, son muy limitados porque principalmente dependen del número total de especies que existen actualmente el cual se estima que son aproximadamente de 5 a 8 millones de especies. Hasta el día de hoy la UICN ha evaluado menos de 160.000 especies, es decir menos del 4% de la población total.

Muchas de las metodologías usadas por los autores para medir las tasas de extinción de fondo de las especies, eran basadas en estudios anteriores de diferentes tipos de animales los cuales estaban sustentados en la información suministrada por la UICN. Suponiendo que la UICN proporcionara más información y el porcentaje de especies evaluadas fuese mucho más alto con respecto a las estimadas, no podemos inferir las tasas de extinción a partir de los modelos propuestos porque todos los organismos son diferentes y lo que puede ser mortal para una especie, puede ser beneficiosa para otra.

Es importante destacar que actualmente no podemos definir una metodología para medir exactamente la tasa de extinción moderna. Suponiendo que pudiésemos tomar el 4% de las especies evaluadas por la UICN, sólo un pequeño porcentaje está catalogado como extinto y más aún que muchas las especies evaluadas son las que mayoritariamente conocemos y están propensas a la extinción, dejando a un lado a especies que están ubicadas en zonas muy poco accesibles por los humanos y se conoce muy poco de ellas.

La UICN al no tomar evaluaciones a años anteriores del 1500, infiero que los datos están muy limitados y tenemos un sesgo muy grande al no saber cuántas especies se extinguieron y menos si estas quedaron en el registro fósil. Esto se convierte en un gran problema a la hora de extrapolar los datos a partir del año 1500 porque no tenemos información que respalde si había una crisis de extirpación con respecto a la expansión y el avance tecnológico de los humanos antes de esos años. Sin embargo, Si bien hay discrepancias en los datos y metodologías utilizados, varias evidencias respaldan la idea de que las tasas actuales de extinción se encuentran significativamente por encima de los niveles históricos de tasa de extinción de "fondo".

A pesar de la poca fiabilidad de las hipótesis más relevantes propuestas, se logra ilustrar que la intervención de los humanos ha afectado drásticamente el ciclo natural de las especies. Sugiriendo que desde su aparición al final del pleistoceno probablemente exista una crisis de pérdida de biodiversidad sin precedentes en curso, impulsada principalmente por sus actividades como la destrucción de hábitats, la contaminación, la sobreexplotación de recursos y el cambio climático. Por consecuencia de esto, se ha desatado una cascada de extinción desde especies del primer nivel de la cadena trófica hasta el último.

A diferencia de las anteriores extinciones en masa, esta crisis actual de extirpación de especies sugiere patrones distintivos como la extinción selectiva de animales del primer nivel de la cadena trófica, es decir a animales con cuerpos muy grandes o cazadores provocando en si un efecto de cascada de extirpación de las especies. Por otro lado, a diferencia de esta con las anteriores extinciones, las anteriores afectaban principalmente a las especies marinas.

Es importante aceptar la crisis actual de biodiversidad para tomar conciencia e incentivar a la inversión de la humanidad a nivel global para ejecutar acciones en cuanto a la conservación y mitigar los impactos que ejercemos hacia la biodiversidad. Esto es necesario para garantizar y proteger la riqueza biológica y asegurar la sostenibilidad de los sistemas biodiversos que son vitales en la tierra.

## 10. Referencias

- Barash, M. S. (2017). Environmental conditions as the cause of the great mass extinction of marine organisms in the Late Devonian. *Doklady Earth Sciences*, 475(2), 845-848. <https://doi.org/10.1134/S1028334X17080013>
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., Marshall, C., McGuire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B., & Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *En Nature* (Vol. 471, Número 7336, pp. 51-57). <https://doi.org/10.1038/nature09678>
- Briggs, J. C. (1991). A Cretaceous-Tertiary Mass Extinction? (Vol. 41, Número 9).

- Briggs, J. C. (2016). Global biodiversity loss: Exaggerated versus realistic estimates. En *Environmental Skeptics and Critics* (Vol. 5, Número 2). [www.iaees.org](http://www.iaees.org)
- Briggs, J. C. (2017). Emergence of a sixth mass extinction? En *Biological Journal of the Linnean Society* (Vol. 122). <https://academic.oup.com/biolinnean/article/122/2/243/3869095>
- Caplan, M. L., & Bustin, R. M. (1999). Devonian-Carboniferous Hangenberg mass extinction event, widespread organic-rich mudrock and anoxia: causes and consequences. En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (Vol. 148).
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>
- Ros-franch, S., Echevarria, J., Damborenea, S., Manceñido, M. (2020). De extinción en extinción la vida se reinventa una y otra vez. *Museo de la plata* (Vol. 29) p39-44
- Cowie, R. H., Bouchet, P., & Fontaine, B. (2022). The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*, 97(2), 640-663. <https://doi.org/10.1111/brv.12816>
- D'Antonio, M. P., Ibarra, D. E., & Boyce, C. K. (2020). Land plant evolution decreased, rather than increased, weathering rates. *Geology*, 48(1), 29-33. <https://doi.org/10.1130/G46776.1>
- Deng, Y., Fan, J., Zhang, S., Fang, X., Chen, Z., Shi, Y., Wang, H., Wang, X., Yang, J., Hou, X., Wang, Y., Zhang, Y., Chen, Q., Yang, A., Fan, R., Dong, S., Xu, H., & Shen, S. (2021). Timing and patterns of the Great Ordovician Biodiversification Event and Late Ordovician mass extinction: Perspectives from South China. En *Earth-Science Reviews* (Vol. 220). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103743>
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J. B., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. <http://science.sciencemag.org/>
- Estes, J. A., Terborgh, J., Brashares, J. S., Power, M. E., Berger, J., Bond, W. J., Carpenter, S. R., Essington, T. E., Holt, R. D., Jackson, J. B. C., Marquis, R. J., Oksanen, L., Oksanen, T., Paine, R. T., Pickett, E. K., Ripple, W. J., Sandin, S. A., Scheffer, M., Schoener, T. W., ... Wardle, D. A. (2011). Trophic Downgrading of Planet Earth. <http://science.sciencemag.org/>
- Hallam, A. (1981). THE END-TRIASSIC BIVALVE EXTINCTION EVENT. En *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (Vol. 35).
- Hallam, A. (1995). Oxygen-restricted facies of the basal jurassic of north west europe. *Historical Biology*, 10(3), 247-257. <https://doi.org/10.1080/10292389509380523>



- Hautmann, M. (2012). Extinction: End-Triassic Mass Extinction. En Encyclopedia of Life Sciences. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0001655.pub3>
- Jablonski, D. (2008). Extinction and the spatial dynamics of biodiversity. [www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0801919105](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0801919105)
- JABLONSKI, D. (1991). *Extinctions: A Paleontological Perspective*. *Science*, 253(5021), 754–757. <https://doi:10.1126/science.253.5021.754>
- James, H. F., & Olson, S. L. (1991). Descriptions of Thirty-Two New Species of Birds from the Hawaiian Islands: Part II. Passeriformes. *Ornithological Monographs*, 46, 1-88. <https://doi.org/10.2307/40166713>
- Kamo, S. L., Czamanske, G. K., Amelin, Y., Fedorenko, V. A., Davis, D. W., & Trofimov, V. R. (2003). Rapid eruption of Siberian flood-volcanic rocks and evidence for coincidence with the Permian-Triassic boundary and mass extinction at 251 Ma. *Earth and Planetary Science Letters*, 214(1-2), 75-91. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(03\)00347-9](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(03)00347-9)
- Knoll, A. H., Bambach, R. K., Payne, J. L., Pruss, S., & Fischer, W. W. (2007). Paleophysiology and end-Permian mass extinction. *Earth and Planetary Science Letters*, 256(3-4), 295-313. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.02.018>
- Lee, T. M., & Jetz, W. (2011). Unravelling the structure of species extinction risk for predictive conservation science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278(1710), 1329-1338. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1877>
- Mace, G. M., Collar, N. J., Gaston, K. J., Hilton-Taylor, C., Akçakaya, H. R., Leader-Williams, N., Milner-Gulland, E. J., & Stuart, S. N. (2008). Quantification of extinction risk: IUCN's system for classifying threatened species. En *Conservation Biology* (Vol. 22, Número 6, pp. 1424-1442). <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2008.01044.x>
- McGhee, G. R., & Racki, G. (2021). Extinction: Late Devonian Mass Extinction. En *Encyclopedia of Life Sciences* (pp. 1-8). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0029301>
- Metcalf, I. (2008). D. H. Erwin 2006. *Extinction. How Life on Earth Nearly Ended 250 Million Years Ago*. ix + 296 pp. Princeton, Oxford: Princeton University Press. Price US \$24.95 (hard covers). ISBN 0 691 00524 9. *Geological Magazine*, 145(1), 151-152. <https://doi.org/10.1017/s0016756807003676>
- Neubauer, T. A., Hauffe, T., Silvestro, D., Schauer, J., Kadolsky, D., Wesselingh, F. P., Harzhauser, M., & Wilke, T. (2021). Current extinction rate in European freshwater

- gastropods greatly exceeds that of the late Cretaceous mass extinction. *Communications Earth and Environment*, 2(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00167-x>
- Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Abell, R., Brooks, T. M., Gittleman, J. L., Joppa, L. N., Raven, P. H., Roberts, C. M., & Sexton, J. O. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection *Background Rates of Species Extinction*.
- Pimm, S. L., Russell, G. J., Gittleman, J. L., & Brooks, T. M. (1995). The Future of Biodiversity. *Number of species* (Vol. 269). [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org)
- Racki, G. (2020). A volcanic scenario for the Frasnian–Famennian major biotic crisis and other Late Devonian global changes: More answers than questions? *Global and Planetary Change*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103174>
- Racki, G. (2020). Big 5 Mass Extinctions. En *Encyclopedia of Geology: Volume 1-6, Second Edition* (Vol. 3, pp. 603-616). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12028-7>
- Rodrigues, A. S. L., Pilgrim, J. D., Lamoreux, J. F., Hoffmann, M., & Brooks, T. M. (2006). The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(2), 71-76. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.10.010>
- Rodríguez, J. P., Keith, D. A., Rodríguez-Clark, K. M., Murray, N. J., Nicholson, E., Regan, T. J., Miller, R. M., Barrow, E. G., Bland, L. M., Boe, K., Brooks, T. M., Oliveira-Miranda, M. A., Spalding, M., & Wit, P. (2015). A practical guide to the application of the IUCN Red List of Ecosystems criteria. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1662), 1-9. <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0003>
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Bown, P. R., Bralower, T. J., Christeson, G. L., Claeys, P., Cockell, C. S., Collins, G. S., Deutsch, A., Goldin, T. J., Goto, K., Grajales-Nishimura, J. M., Grieve, R. A. F., Gulick, S. P. S., Johnson, K. R., Kiessling, W., ... Willumsen, P. S. (2010). The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary. *Science*, 327(5970), 1214–1218. <https://doi:10.1126/science.1177265>
- Sheehan, P. M. (2001). The Late Ordovician Mass Extinction. [www.annualreviews.org](http://www.annualreviews.org)
- Smith, F. A., Smith, R. E. E., Lyons, S. K., & Payne, J. L. (2018). Body size downgrading of mammals over the late Quaternary. <https://doi:10.1126/science.aao5987>

- Sonne, C., Langebæk, R., Dietz, R., Andersen-Ranberg, E., Houser, G., Hansen, A. J., Sinding, M. H. S., Olsen, M. T., Egevang, C., Gilbert, M. T. P., & Meldgaard, M. (2018). Greenland sled dogs at risk of extinction. *En Science* (Vol. 360, Número 6393, p. 1080). American Association for the Advancement of Science. <https://doi.org/10.1126/science.aat9578>
- The case for sea-level change as a dominant causal factor in mass extinction of marine invertebrates. (1989). *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 325(1228), 437-455. <https://doi.org/10.1098/rstb.1989.0098>
- Toljagic, O., & Butler, R. J. (2013). Triassic-Jurassic mass extinction as trigger for the Mesozoic radiation of crocodylomorphs. *En Biology Letters* (Vol. 9, Número 3). Royal Society. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2013.0095>
- Whiteside, J. H., Olsen, P. E., Eglinton, T., Brookfield, M. E., & Sambrotto, R. N. (2010). Compound-specific carbon isotopes from Earth's largest flood basalt eruptions directly linked to the end-Triassic mass extinction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(15), 6721-6725. <https://doi.org/10.1073/pnas.1001706107>
- Wignall, P. B., & Atkinson, J. W. (2020). A two-phase end-Triassic mass extinction. *En Earth-Science Reviews* (Vol. 208). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103282>
- Wignall, P. B., & Twitchett, R. J. (2002). Extent, duration, and nature of the Permian-Triassic superanoxic event. *Special Paper of the Geological Society of America*, 356, 395-413. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2356-6.395>