

PALEONTOLOGIA

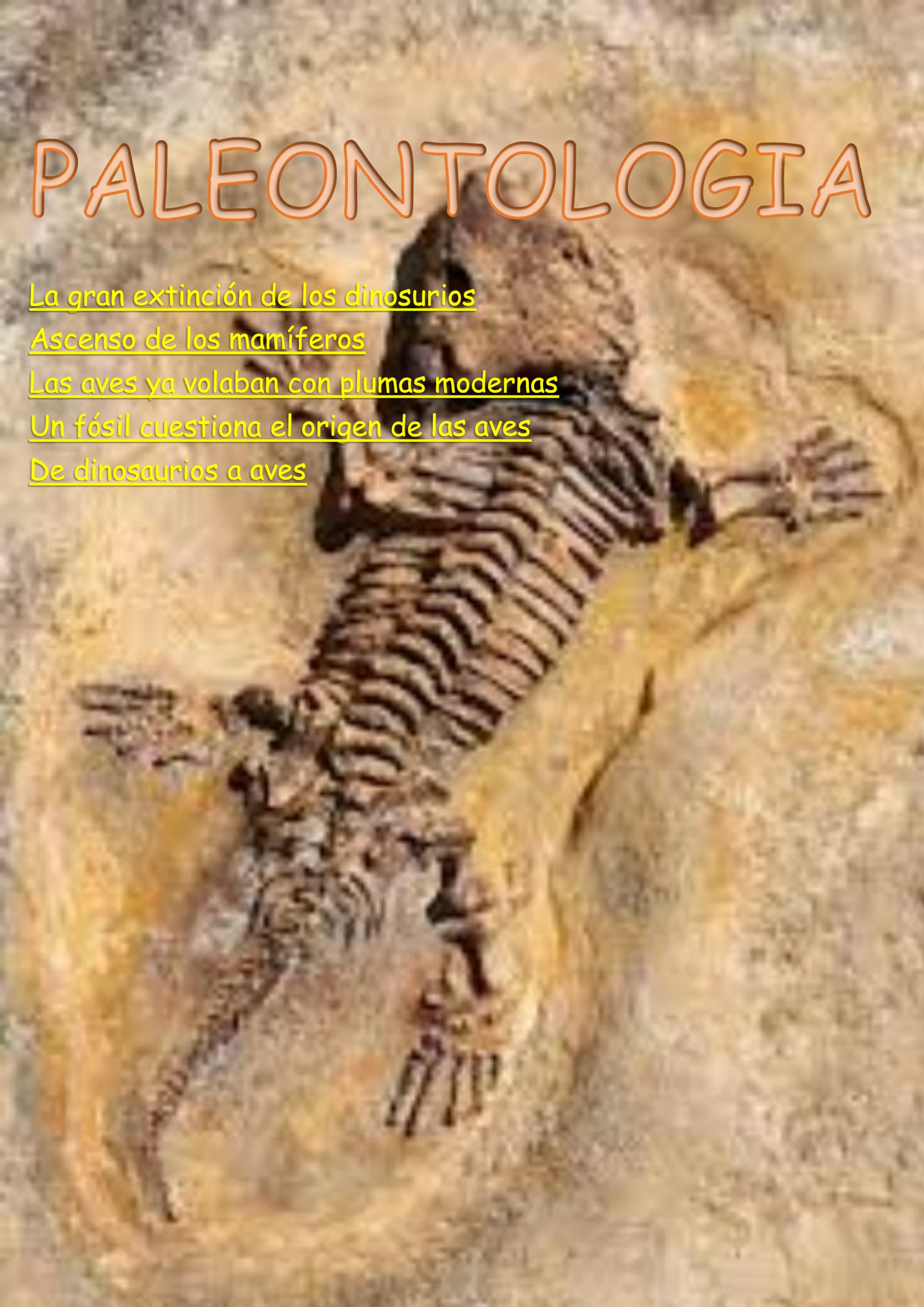
La gran extinción de los dinosaurios

Ascenso de los mamíferos

Las aves ya volaban con plumas modernas

Un fósil cuestiona el origen de las aves

De dinosaurios a aves



La gran extinción de la era de los dinosaurios llegó hasta los polos

Fósiles hallados en la Antártida confirman que la desaparición de especies fue repentina, masiva y alcanzó a todos los rincones del planeta



La gran extinción no quedó registrada en los fondos marinos de la isla Seymour (en la imagen) en la península antártica. **VANESSA BOWMAN**

Hace unos 66 millones de años se produjo una de las grandes extinciones que ha vivido el planeta, la de los dinosaurios. Hasta aquí todos de acuerdo. Pero los científicos difieren en la causa de la gran extinción, su velocidad y su alcance. Ahora, un estudio con miles de fósiles hallados en la Antártida muestra que la muerte fue repentina, masiva y generalizada.

Y esa gran extinción repentina, masiva y generalizada solo podría haber sido causada por un bólido caído del cielo. Esa es la teoría dominante entre los científicos y que ahora mismo está siendo comprobada experimentalmente con el estudio del cráter de Chicxulub (México). Además de los daños inmediatos, el enorme impacto debió cambiar el clima de la Tierra, alterando radicalmente las condiciones en las que se desarrollaba la vida.



Parte de los 6.000 fósiles recuperados de los mares antárticos para este estudio. **RICHARD CRUISE**

Muchas especies, como los dinosaurios terrestres no supieron adaptarse y desaparecieron en unos pocos miles de años. Fue la gran extinción que cerró el periodo Cretácico y dio paso al Paleógeno, que inicia la era de los mamíferos. Las pruebas de la gran extinción son innegables. Por todas partes, desde el golfo de México, hasta la actual Dinamarca, el registro fósil muestra que hace 66 millones de años algo muy grande pasó. Los estratos inmediatamente posteriores a esa época aparecen casi vacíos de fósiles. Unos cientos de miles de años más arriba, la vida fosilizada vuelve con fuerza, aunque ya no están los dinosaurios.

Pero hay una corriente nada despreciable de científicos que, coincidiendo en la existencia de la gran extinción, consideran improbable que un asteroide provocara tal cataclismo. Para ellos, fue un cambio climático progresivo y gradual el que creó las condiciones para el fin de los dinosaurios. Aunque no todos señalan qué pudo iniciar este cambio, muchos apuntan a una sucesión de grandes erupciones volcánicas en la meseta del Decán (India), sucedida también hace unos 66 millones de años. Tal vulcanismo pudo oscurecer el cielo e iniciar una era de enfriamiento global.

Ahora, un grupo de investigadores británicos ha estudiado qué pasó con la vida muy lejos tanto del golfo de México como de la meseta del Decán. En la British Antarctic Survey (BAS), han pasado casi una década excavando, recopilando y analizando el registro fósil en la isla de Seymour, ubicada en el extremo de la península antártica. Lo que han encontrado, como explican en Nature Communications, apoya la tesis del impacto y la consecuente extinción repentina, masiva y generalizada.

El 70% de la vida marina de la Antártida desapareció cuando se extinguieron los dinosaurios

"Nuestra investigación muestra básicamente que un día todo iba bien, la Antártida tenía una próspera y diversa comunidad marina y, al siguiente, ya no. Queda claro que un evento catastrófico y repentino ocurrió en la Tierra", dice en una nota el investigador de la Universidad de Leeds (Reino Unido) y principal autor de la investigación, James Witts.

Su trabajo muestra que hace unos 66 millones de años a unos estratos ricos en vida le sucedieron otros casi yermos. La investigación se centra en los animales bentónicos, los que viven en el fondo marino, como los moluscos. Al ser relativamente abundantes,

funcionan como un indicador de la salud del ecosistema. Lo que encontraron los científicos es que se produjo un marcada reducción, tanto en cantidad como en diversidad, de ambos grupos. Así, hasta el 67% de las especies de moluscos desaparecieron del registro fósil a finales del Cretácico.

Pero también se extinguieron los amonites dimonocera, primos lejanos del calamar, o reptiles marinos gigantes como el Mosasaurus y todos en un relativamente corto espacio de tiempo. Sin embargo, progresivamente, la vida marina de la Antártida se recuperó. Más, como pasó en otras latitudes, ya no era la misma vida, apareciendo nuevas especies de animales. 350.000 años después de lo que provocara la gran extinción, la densidad y diversidad de vida ya era la misma.

"Se trata de la prueba más consistente del registro fósil de que el principal causante de la extinción fueron las consecuencias del impacto de un gran asteroide y no un paulatino declive provocado por cambios naturales en el clima o por el estrés sufrido por los ecosistemas por un severo vulcanismo", sostiene Witts.

Este trabajo es uno de los primeros que muestra el verdadero alcance geográfico de la gran extinción. Hollywood y sus películas de catástrofes han hecho creer que tras el desastre siempre queda algún lugar en el planeta, una selva perdida, la montaña más alta o el eterno sur, donde la muerte no llegó. Pero, como dice la investigadora de la BAS y coautora de la investigación, Jane Francis, "incluso los animales que vivían en los confines de la Tierra, cerca del Polo Sur, no estuvieron a salvo de los efectos devastadores de la extinción masiva del fin del Cretácico".

Los mamíferos empezaron su ascenso antes de la caída de los dinosaurios

Un estudio de dientes de cientos de especies muestra que este tipo de animales se había empezado a diversificar antes del impacto que acabó con sus competidores los dinosaurios

Una de las historias más conocidas sobre la evolución de la vida terrestre habla de un cambio de régimen hace 65 millones de años. Entonces, un gigantesco meteorito cayó sobre lo que hoy es la península de Yucatán, en México, y arrasó el planeta. Aquel cataclismo fue un desastre para los dinosaurios, pero supuso una oportunidad para los mamíferos, asfixiados hasta entonces por la competición de [los enormes ancestros de las aves](#).

Este es el relato que los científicos habían construido a partir de los fósiles de mamíferos encontrados antes del impacto. Aquella clase de animales habían aparecido 100 millones de años antes, pero no habían pasado de ser pequeñas criaturas que se alimentaban de insectos, resistiendo a diversificarse. Sin embargo, el descubrimiento de nuevos fósiles está empezando a cambiar la historia.

La aparición de las plantas con flores pudo ayudar a prosperar a los mamíferos

Esta semana, un artículo que se publica en la revista Proceedings of the Royal Society B sugiere que el ascenso de los mamíferos había comenzado mucho antes de la caída de los dinosaurios. Analizando los dientes de cientos de aquellos animales, David Grossnickle, del Museo Field de Historia Natural de Chicago y Elis Newham, de la Universidad de Southampton, observaron que antes de la llegada del meteorito, ya

tenían una gran variedad de formas de diente diferentes, lo que indica una gran variedad de dietas.



un ejemplo de mamífero que vivió antes de la extinción de los dinosaurios **NOBU TAMURA**

Estudios anteriores habían mostrado indicios de esta diversificación hace unos 85 millones de años, una época en la que aparecieron nuevas especies y de mayor tamaño. La explicación de este crecimiento puede tener que ver con la aparición de plantas con flores, que también se expandieron durante la misma época. Por un lado, "las plantas con flores pudieron ofrecer nuevas semillas y frutas para los mamíferos", apunta Grossnickle en un comunicado de su institución. Y además, continúa, "si las plantas coevolucionaron con nuevos insectos que las polinizasen, los insectos podrían haberse convertido también en una fuente de comida para los mamíferos primigenios".

Estos resultados coinciden con otros trabajos que indican que el asteroide [solo fue un golpe de gracia](#) para los dinosaurios. Durante el millón de años previo a la hecatombe, se produjeron fuertes variaciones climáticas con largas olas de frío, algo letal para las especies adaptadas al caliente mundo del Cretácico. Además, durante esa misma época, una cadena de erupciones volcánicas en la región del Decán, en la India, ayudaron a bajar la temperatura planetaria.

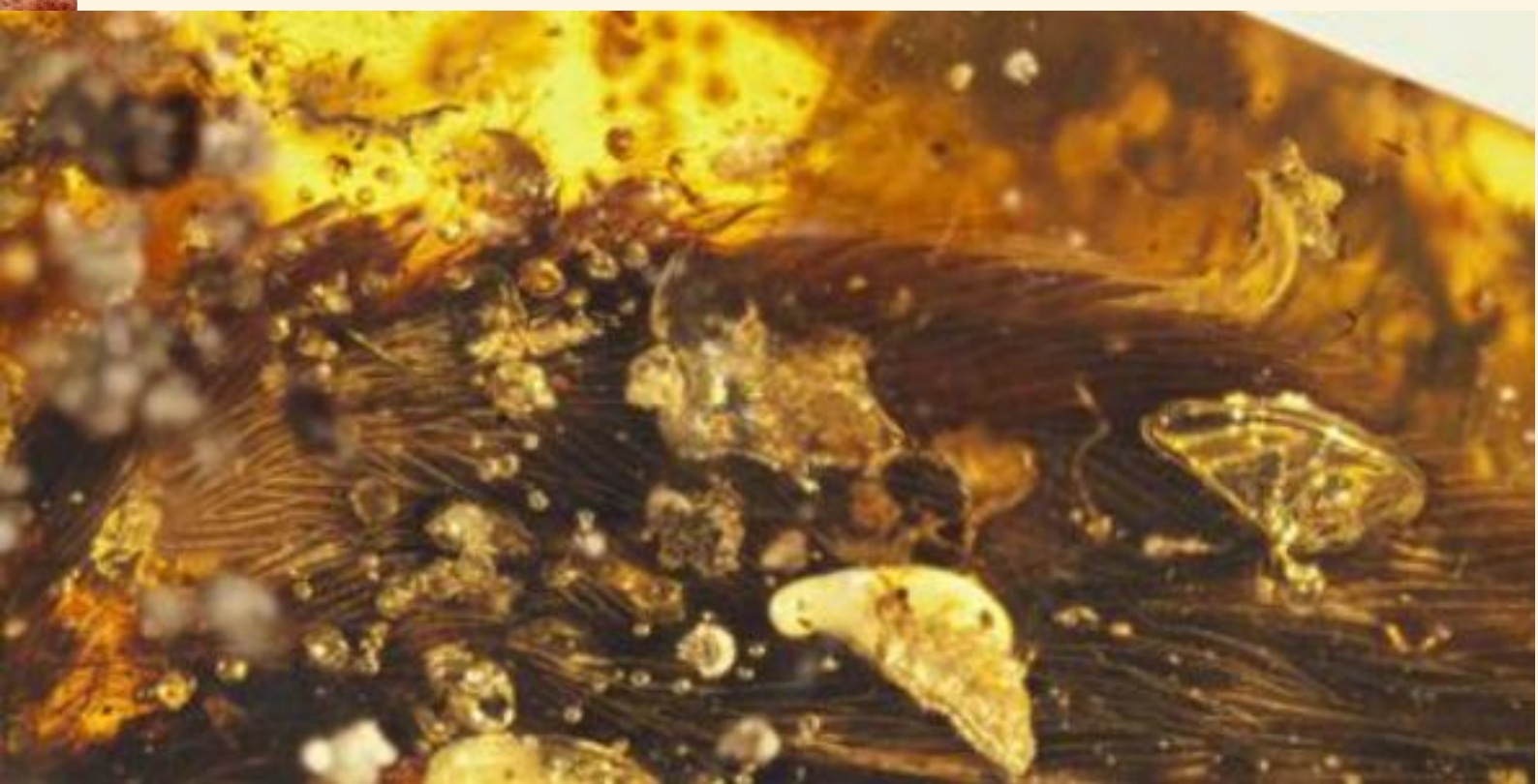
El enfriamiento fue letal para los animales de un mundo tan caliente como el del Cretácico

Aquella época de cambios, según han observado Grossnickle y Newham, no fue todo gloria para los mamíferos. Ellos también sufrieron y perdieron diversidad poco después de la caída del meteorito, pero después se recuperaron mejor que los dinosaurios, que solo sobrevivieron en sus versiones de menor tamaño. Después, continuaron las

visicitudes, y muchas especies de mamíferos desaparecieron al no poder competir con sus parientes mejor adaptados. Muchos millones de años después, la evolución de aquellos seres que sobrevivieron al asteroide dio lugar a [una especie de simio](#) que acabaría por transformar la vida casi tanto como aquel impacto que aniquiló a los dinosaurios.

Las aves ya volaban con plumas modernas antes de la extinción de los dinosaurios

Encuentran plumas atrapadas en ámbar que muestran que las estructuras básicas de los pájaros modernos ya se habían desarrollado antes de la desaparición de los dinosaurios



Detalle de un trozo de ala conservado en ámbar **RYAN MCKELLAR**

Las plumas son uno de los ejemplos más claros de los peculiares métodos con que opera la evolución. Hace más de 150 millones de años, ya había dinosaurios cubiertos por estructuras parecidas a las plumas que hoy son propias de los pájaros. Es probable que a aquellos animales les sirviese para regular su temperatura, pero la evolución y las circunstancias le dieron un uso mucho más espectacular. Aquellos apéndices comenzaron a servir para planear o para prolongar los saltos en busca de presas, y millones de años después, con unas plumas mucho más sofisticadas, los dinosaurios asaltaron el cielo.

Esta semana, un grupo internacional de científicos ha anunciado el descubrimiento de una cápsula del tiempo en un yacimiento de Myanmar en la que ha quedado guardado un capítulo de aquella adaptación fascinante. Hace 99 millones de años, los restos de dos jóvenes aves quedaron atrapados en ámbar. El ala de uno de los especímenes, posiblemente, fue arrancada de su cuerpo por un depredador que la desechó. Después, quedó cubierta por resina que se acabó fosilizando y preservó el miembro mutilado. El

segundo animal, probablemente, "quedó atrapado en el ámbar cuando aún estaba vivo" porque "hay marcas de garra en el ámbar que sugieren que se resistió contra la resina", explica Ryan McKellar, investigador del Museo Real de Saskatchewan y uno de los autores del hallazgo [publicado en la revista](#) Nature Communications.



Recreación de uno de los pájaros encontrados atrapados en ámbar **HENNA WANG**

Los autores del estudio han empleado técnicas de rayos X y tomografía computerizada para examinar los restos fósiles. Comparándolos con otros especímenes, han considerado que las alas corresponden a enantiornites, un grupo de aves voladoras que convivieron con los dinosaurios y se extinguieron con ellos al final del Cretácico, cuando [un gigantesco meteorito](#) remató una etapa de intensas transformaciones planetarias. El pequeño tamaño de las alas y el desarrollo incompleto de los huesos sugiere que los dos especímenes aún no eran adultos.

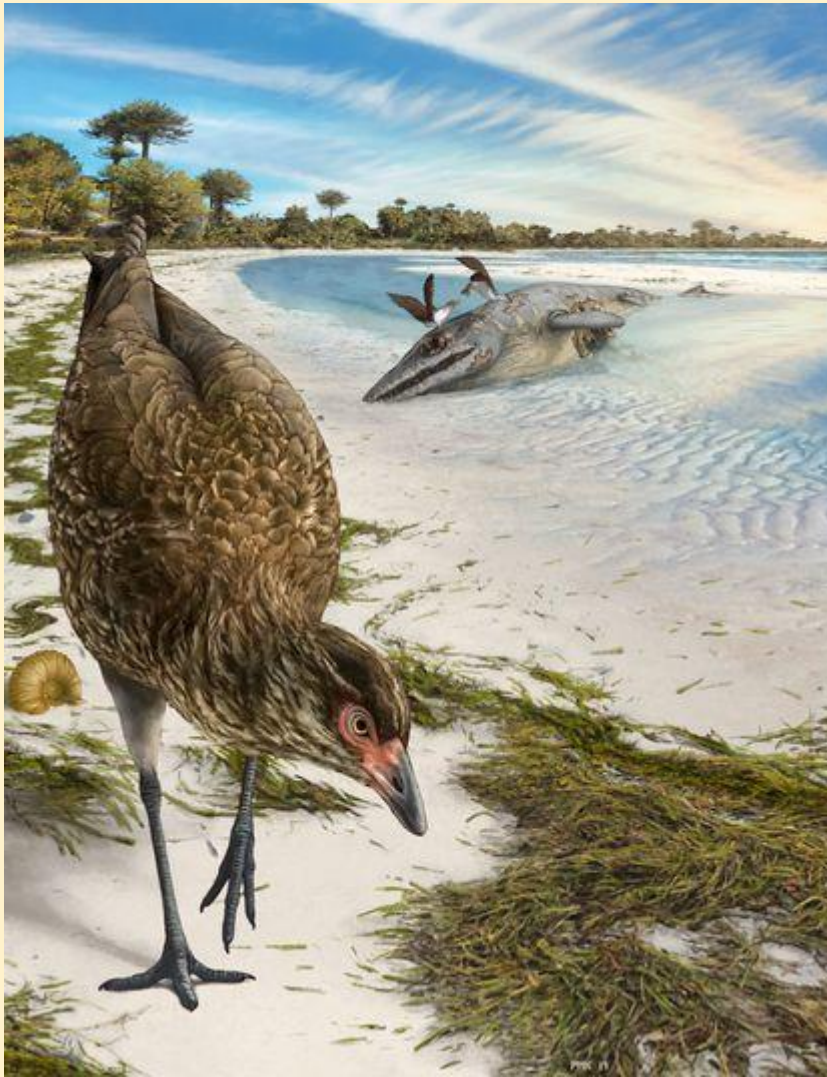
Aquellos animales desdichados están emparentados con las aves modernas, pero tienen algunas diferencias importantes. "Tenían dientes y alas con garras, y una colocación de los huesos diferente en la parte del pecho y los tobillos", apunta McKellar. Aparte de estas distinciones, los científicos afirman que hace 99 millones de años ya habían aparecido la mayor parte de los tipos de ala que visten a los pájaros modernos, y tenían incluso los mismos colores. Además, estos especímenes, pese a ser aún jóvenes, "tenían plumas similares a las de los adultos en aves modernas. Aquellos pájaros extintos salían del huevo con plumas que ya eran funcionales, a diferencia del plumón que vemos en los actuales",

añade el investigador.

El descubrimiento de los fósiles de Myanmar muestra un episodio más de ese proceso evolutivo que se conoce como exaptación: la utilización de un rasgo que cumplía una función con un objetivo nuevo. A solo 33 millones de años del cataclismo que acabó con los grandes dinosaurios, una parte de esa familia ya había desarrollado las herramientas que les definen. Los enantiornites como los que quedaron atrapados en el ámbar de esta historia desaparecieron, pero sus plumas sobrevivieron con los dinosaurios que [encogieron para salvarse de la extinción](#).

Un fósil de la era de los dinosaurios cuestiona el origen de las aves modernas

La especie que se encontró en Bélgica muestra grandes semejanzas con el gallo y el pato



Reconstrucción artística del ave moderno más antiguo del mundo. **PHILLIP KRZEMINSKI (PHILLIP KRZEMINSKI)**

En el interior de una piedra que no mide mucho más que la palma de una mano sigue intacto el cráneo de un ave de la era de los dinosaurios. Esta roca adornada por huesos rotos y diminutos, que a simple vista parecía poca cosa, fue descubierta hace 20 años en Bélgica y dejada en un cajón. Pero hace dos años el equipo de Daniel Field, investigador del Departamento de Ciencias de la Tierra de la [Universidad de Cambridge](#), decidió escanearla sin muchas expectativas. De repente, bajo los ojos asombrados de los científicos se dibujó el cráneo de unos cinco centímetros del ave moderna más antigua que se ha registrado hasta hoy que vivió hace unos 66,7 millones de años. "Nuestro trabajo refleja la importancia que puede tener una roca y la paleontología para la historia de la evolución biológica. Este descubrimiento completa un vacío que teníamos sobre la diversificación de las aves debido a la escasez de fósiles registrados de esta era mesozoica", explica Field.

La forma de los huesos de esta especie llamada *Asteriornis maastrichtensis* (fue descubierta en la formación Maastricht) muestra grandes semejanzas con los

del pato y del gallo, [según los resultados que se publican este miércoles en Nature](#). "Esta combinación nunca se había visto en otros fósiles y hace suponer que este ave forma parte del árbol genealógico de estos dos animales con los que vivimos a diario", cuenta el experto británico manejando la piedra en su mano. Para confirmar dichas características, los investigadores han reconstruido el cráneo en tres dimensiones y el pico del nuevo fósil se asemeja claramente al de un gallo, mientras que la zona de la frente y tras los ojos se parece más al de un pato. La parte posterior de la mandíbula comparte características con ambas aves.

Esta combinación nunca se había visto en otros fósiles y deja suponer que este pájaro forma parte del árbol genealógico de estos dos animales con los que vivimos a diario

Daniel Field

El ave, cuyo mote en inglés es *wonderchicken* (pollo maravilla en inglés, como si fuese un superhéroe), no debía pesar más de cuatrocientos gramos visto el grosor de sus patas. "En función de las patas podemos estimar el peso del animal gracias a una simple ecuación. Claramente estos huesos no podrían sostener un cuerpo más gordo", confirma Field señalando un hueso largo de unos cinco milímetros de grosor en un lado de la roca color arena.

Se sabe cuando emergieron, pero no de dónde vinieron. Las hipótesis previas que dejaron los estudios sobre los fósiles más recientes sugerían que la evolución de las aves modernas más antiguos venían del hemisferio sur, de la Antártida. Ahora, este descubrimiento plantea nuevas preguntas. "¿Cómo podría ser, ya que se ha encontrado uno más antiguo en el hemisferio norte? Lo más increíble es que este fósil cuadra con todo lo que pensábamos nosotros de esa época", asevera Juan Benito, autor del estudio e investigador especializado en la evolución de las aves.

Lo que pasó en esa era tan lejana donde todavía andaban los dinosaurios fue la caída de un meteorito que acabó con todas las especies de más de un kilo mientras los bosques ardían. "Esta ausencia acabó con muchas especies, con todas las aves ligadas a los bosques", relata Benito. Pero el *wonderchicken* se salvó mientras que todas las aves con las que competían desaparecieron de golpe. Estas conclusiones se presentan de nuevo gracias al aspecto de las patas y a su procedencia de sedimentos marinos. Field explica que las aves que tienen las patas cortas son las que viven en las alturas, en las ramas de un árbol y por lo tanto en los bosques, mientras que las que tienen las patas largas viven en el suelo, en la playa, en la zona costera.



Pájaros de la familia de los 'galliformes' como el gallo. **DANIEL FIELD**

Esto hace suponer que el tipo de morfología del *A. maastrichtensis*, cuyo nombre se deriva de Asteria, una diosa griega de las estrellas fugaces que se convierte en una codorniz, no desapareció. Pero quizás haya dado lugar a dos ramas de especies que evolucionaron, por una parte hacia el pato (*anseriformes*), por otra, hacia el gallo (*galliformes*). "No podemos confirmar que sea el ancestro más lejano de estos dos animales, pero está claro que comparten un ancestro común", concluye Field. "Los fósiles de

esa época no han sido bien preservados. Tenemos mucho que aprender de lo que hemos encontrado", añade guardando en una caja roja el descubrimiento más increíble de su carrera hasta ahora.

Toni Gabaldón, experto en la evolución de las aves del Instituto de Investigación Biomédica en Barcelona (IRB), asegura que siempre es muy útil que la gente encuentre evidencias físicas y aporte información suplementaria y más cuando se trata de una época de la cual no tenemos muchos datos debido a la extinción. "Han construido una matriz de 297 datos morfológicos de este fósil y de otras especies para construir el árbol evolutivo. Nosotros con el ADN podemos cubrir la evolución temprana,

de hace unos miles de años, pero el trabajo que han hecho permite ir mucho más allá", explica.

Para él, el resultado más llamativo del estudio es el lugar dónde ha sido encontrado el fósil que, como lo confirma el estudio y sus autores, pone en cuestión las teorías previas sobre el origen de estas aves modernas. Además, en ese mismo estrato también han encontrado un fósil de un dinosaurio volador de la misma época que vivía con esas aves. Gabaldón se suma a la idea de que estar en la costa les ayudó a sobrevivir y la dieta que seguían también. "Las aves vivían de lo que le dejaban los otros y por lo tanto se alimentaban de cosas más diversas", cuenta.

Este pequeño fósil da mucha información y permite a los expertos trazar nuevos caminos de investigación para entender de dónde vienen el pato y el gallo. La primera pista es que Gondwana, [el supercontinente que al partirse dio lugar a tierras del hemisferio sur como Sudamérica, África, Australia, Madagascar y la Antártida](#), ya no parece la única opción.

De los dinosaurios a las aves: los huesos cuentan cómo conquistaron su espacio tras el meteorito

Investigadores españoles y británicos han analizado la forma y proporciones óseas de centenares de especies aviarias para explicar cómo se convirtieron en el mayor grupo de vertebrados

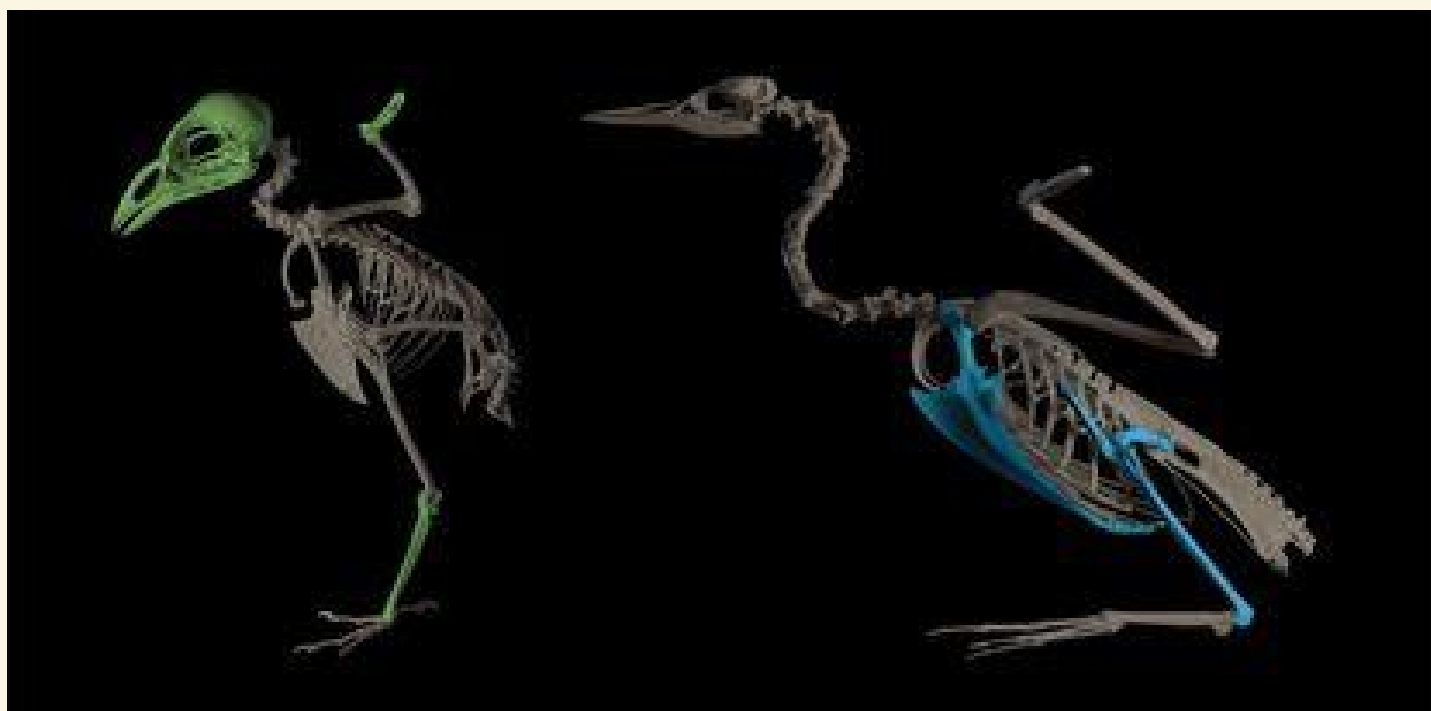


Aves en las marismas del Parque Nacional de Doñana, en Huelva. **DIEGO LOPEZ ALVAREZ**

El análisis de los huesos de centenares de especies muestra que el mismo asteroide que acabó con los dinosaurios precedió a la gran expansión de las aves. La mayoría de las actuales tienen antecesores directos ya entonces, hace 66 millones de años. Este estudio de formas y proporciones óseas ha permitido también a un grupo de investigadores españoles y británicos comprobar cómo el ambiente ha moldeado la evolución de las aves, encontrando, por ejemplo, grandes diferencias entre las acuáticas y las terrestres. Publicada hoy en la [revista científica *Nature*](#), la investigación, que se ha apoyado en el análisis masivo de datos, ha permitido confirmar teorías planteadas hace casi un siglo.

Entre los años 30 y 40 del siglo pasado, se sentaron las bases de la [teoría de la síntesis moderna](#), que explica cómo evoluciona la vida. Sus defensores combinaron las ideas de [Charles Darwin](#) sobre la evolución de las especies y las leyes de la genética descubiertas por [Gregor Mendel](#) con el papel de las mutaciones aleatorias como combustible de los cambios. Uno de los postulantes de la síntesis evolutiva moderna fue George Gaylord Simpson, un científico estadounidense que fue a la vez paleontólogo, geólogo y biólogo. Simpson mantuvo que las grandes explosiones de especies estaban caracterizadas por dos rasgos: una primera y temprana expansión y diversidad de formas y, por otro lado, la rápida división en compartimentos de estos espacios ecológicos y morfológicos. Según este nuevo trabajo, las aves evolucionaron siguiendo estos pasos.

El investigador de la Universidad de Cambridge Guillermo Navalón, primer autor de la investigación publicada en *Nature*, detalla las posiciones de Simpson: "Propone que después de una extinción masiva, todos los nichos están vacíos. Entonces se produce una primera fase de explosión, digamos, de formas. Hay como un estallido de formas biológicas. Es lo que se conoce como la expansión temprana del morfo espacio. Simpson decía que después hay una segunda fase en la que cada linaje se queda en una parte de ese espacio. En el caso de las aves, se produce una explosión en la que un linaje se convierte en pingüinos, otro linaje se convierte en loros, otro linaje se convierte en águilas... y entonces cada uno desde entonces ya se queda ahí". El análisis de formas y proporciones óseas realizado por Navalón confirmaría las ideas de Simpson.



Representación de aves terrestres (a la izquierda) y acuáticas. Los huesos de las primeras con más variaciones son los relacionados con la conexión con el entorno. En las segundas, son los que tienen que ver con la locomoción. **GUILLERMO NAVALÓN ET AL.**

Antes del asteroide (o meteorito), en el cielo volaban los pterosaurios, primos muy lejanos de los dinosaurios, y las aves propiamente dichas, que eran tan dinosaurios como un *velociraptor* o un *T. rex*. El impacto se llevó por delante a casi todos ellos. "Hoy creemos que se extinguieron todas las aves, menos un único linaje que experimentó una explosión evolutiva que desemboca en toda la diversidad moderna que tenemos en la actualidad", dice Navalón, que añade: "Fue algo que sucedió muy rápido, en 10 millones de años tienes prácticamente todos los linajes de aves modernas". En la actualidad, son el segundo grupo de vertebrados más numeroso tras los peces, doblando (con más de 9.000) al de los mamíferos y superando a los reptiles. "En esos primeros 10 millones de años después de la extinción masiva, ya tienes fósiles que reconocemos como pingüinos, que reconocemos como loros... Que reconocemos como otros grupos de aves que tenemos en la actualidad", completa el paleobiólogo español.

Pero al estudiar las variaciones de formas y proporciones óseas ven que las cosas no son tan simples. Poco después del cataclismo del asteroide, "se produjo una separación de dos linajes, uno que se queda en el mar y otro que se queda en tierra, en los árboles", comenta Navalón. Y la evolución de los dos grandes grupos es diferente. Los passeriformes, los que se conocen como pájaros, suponen la mitad de las especies aviarias. Son al mismo tiempo las más diversas y las que menos cambios habrían tenido. "Estas aves sí que, tras una expansión inicial, se queda cada una en su, digamos, tipo de esqueleto. Lo que hacen después es variar en cosas más pequeñas, como la forma del pico, forma del dedo..."

"Hoy creemos que se extinguieron todas las aves, menos un único linaje que experimentó una explosión evolutiva que desemboca en toda la diversidad moderna que tenemos en la actualidad"

Guillermo Navalón, paleobiólogo de la universidades de Cambridge y Oxford

Con las aves marinas sucede lo contrario. Se expanden también de forma explosiva, pero saltan de un linaje a otro a lo largo del tiempo. Navalón pone algunos ejemplos: "Los pingüinos y los albatros son parientes, pero para pasar de un pingüino a un albatros tienes que tener unas modificaciones brutales. Pues muchos grupos de aves marinas se han convertido en un pingüino, en un albatros o se han convertido en un ave zancuda o casi pingüinos". Entre los casi pingüinos están las alcas, aves acuáticas de las zonas gélidas del norte que podrían confundirse con los pingüinos. De hecho, los primeros exploradores europeos confundían a unos y otras. Se sumergen y nadan como ellos, pero estas sí que vuelan.

Al adentrarse en las variaciones esqueléticas, los autores de la investigación observan que hay una conexión entre el entorno y las formas óseas. En las terrestres varían mucho la forma del pico y los huesos que están en contacto con el sustrato. Cambian en la forma del pie, porque varían cómo se disponen los dígitos del pie si es un pájaro terrestre u otro que viven sobre todo en los árboles. Mientras, entre las marinas, las variaciones se producen sobre todo en la parte central del esqueleto, lo que sería el pecho. Y esto tiene mucho que ver con su locomoción, la forma de volar, cómo planea o como se sumergen en el agua. Para los autores esto al entorno como modificador de la forma de estos animales: "El ambiente en el que han evolucionan las aves determina esa evolución y esto es algo que no se estaba teniendo demasiado en cuenta en los modelos evolutivos", concluye Navalón.