

MUY INTERESANTE

25 años



ANTIGUO EGIPTO **Los primeros faraones**



DINOSAURIOS

Nuevas (y asombrosas) claves sobre su extinción



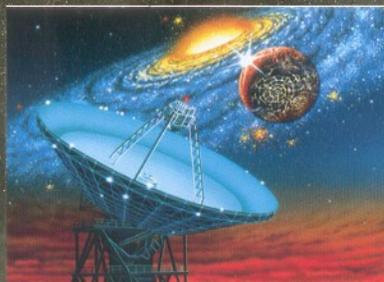
RESISTENCIA HUMANA

Dónde está el límite: al calor, a la presión, al frío...



WIKIPEDIA

La enciclopedia que hacen los internautas



EXOBIOLOGÍA

Así se busca vida en otros mundos

GRAN CONCURSO

¡Con más de **100** Regalos de Cumpleaños Superinteresantes!

Y ADEMÁS

- **RAZAS HUMANAS**
La ciencia descarta su existencia
- **DOSSIER**
Especial automóvil

Nuevos hallazgos descartan que fuera un meteorito

¿Qué mató a los dinosaurios?

Hasta hoy se pensaba que la causa única de la extinción de los dinosaurios había sido el impacto de un meteorito gigante. Ahora, los paleontólogos Gerta Keller y Alfonso Pardo descubren –en exclusiva para MUY– lo que realmente acabó con aquellos reptiles gigantes: una brutal actividad volcánica y el consiguiente calentamiento global de la Tierra. La pedrada celestial sólo jugó un papel secundario.





El inicio del principio del fin

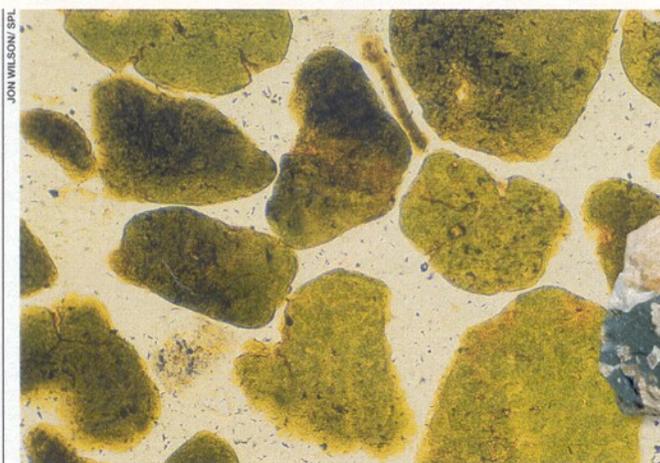
Mucho antes de que un meteorito descomunal cayera en la península mexicana de Yucatán, hace 65 millones de años, la Tierra fue azotada por una intensa actividad volcánica con foco en el subcontinente indio. Esto causó un calentamiento global insoportable para muchas especies. En la ilustración, un tarbosaurio asiático huye de los humos volcánicos.

Hace 26 años, el Nobel de Física Luis Álvarez y su hijo Walter, profesor de geología en la Universidad de California en Berkeley (EE UU), publicaron junto a Frank Asaro y Helen Michel un artículo en la revista científica *Science* que marcó el inicio de la última gran controversia de la Paleontología. En el escrito proponían que la causa de la extinción en masa del límite cretácico/terciario -K/T en la jerga geológica- había sido el impacto de un gigantesco meteorito contra la superficie terrestre. La hipótesis quizá no habría trascendido el ámbito estrictamente científico si no fuese porque aquella extinción masiva, que marcó el final de la era secundaria o mesozoica, aniquiló a todos los dinosaurios, salvo a sus descendientes, las aves. Tras 150 millones de reinado, los lagartos gigantes dejaron paso a unas criaturas que prácticamente habían vivido en la clandestinidad. Nos referimos a los mamíferos.

● **Unos fósiles microscópicos permiten datar las rocas**

Así, en este último cuarto de siglo toda una generación ha crecido con la certeza de que hace 65 millones de años un enorme pedrusco espacial impactó en la península de Yucatán, en México, y produjo la extinción de los dinosaurios y otras muchas criaturas en medio de un cataclismo de devastadores tsunamis e incendios que sumieron el planeta en la oscuridad, el frío y el caos ecológico. La impactante hipótesis de los Álvarez no era realmente original, pues ya había sido propuesta por M. W. De Laubenfels, biólogo y taxonomista de la Universidad de Oregón, en EE UU, en un artículo titulado *Dinosaur*

¡Mira papá! Luis Álvarez y su hijo Walter contemplan una muestra de roca con iridio del límite K/T. Su hipótesis del impacto se basa en la concentración de este metal.



La hipótesis del meteorito se basa en una alta acumulación de iridio en los sedimentos

extinction: one more hypothesis, que publicó en 1956 en el *Journal of Paleontology*. Sin embargo, ésta era la primera vez que estaba sustentada por datos observables en el registro geológico.

La tesis de los Álvarez se basa en la presencia de una fina lámina de arcilla entre los estratos de roca que afloran en el desfiladero de Bottaccione, cerca de Gubbio (Italia), que se caracteriza por un espectacular enriquecimiento en iridio, fenómeno que fue detectado posteriormente en otros lugares del planeta, como EE UU, Nueva Zelanda, Dinamarca y España. El iridio es un metal denso y muy escaso en la corteza que se concentró preferentemente en el núcleo terrestre durante la formación de nuestro planeta. Únicamente el vulcanismo profundo procedente del manto puede devolver el iridio en cantidades significativas hasta la superficie. Sin embargo, los denominados

meteoritos condriticos suelen presentar los diferentes elementos constituyentes del sistema solar con sus proporciones originales, por lo que su contenido en iridio es mucho mayor que el que existe en las rocas de la corteza terrestre. La mencionada lámina arcillosa con iridio se depositó hace 65 millones de años en el fondo del océano profundo y marca el nivel de extinción en masa del límite K/T, o sea, el contacto entre las últimas rocas con asociaciones de microfósiles marinos cretácicos (K) con las que contienen las primeras especies de la era terciaria (T). Estos fósiles microscópicos -los foraminíferos planctónicos- permiten a los expertos conocer la edad relativa de las rocas en las que aparecen, así como muchos otros datos acerca de las características geoquímicas

Al grano. Microfotografía de granos de glauconita, mineral extraído en la brecha del cráter de Chicxulub. Su estudio indica que el bólido celeste cayó mucho antes de la gran extinción.



Testigo rocoso

Fragmento de roca y cubo metálico de 1 cm³ procedentes del cráter de Chicxulub (México). Las zonas claras son evaporitas producidas durante el impacto del meteorito que cayó hace 65 millones de años.

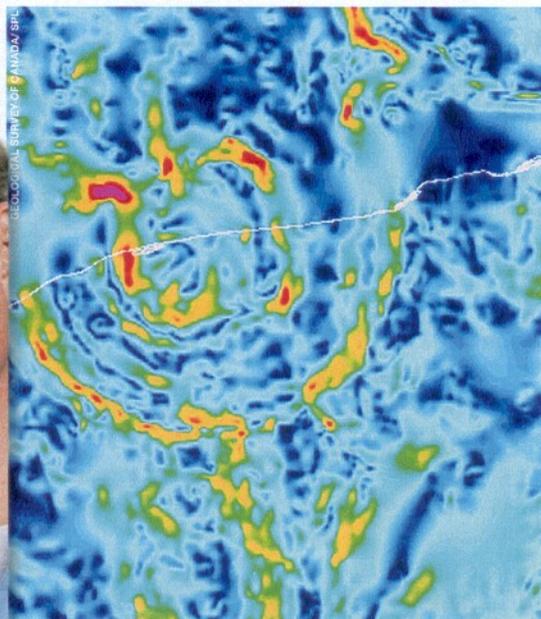
y ecológicas de los mares del pasado. Todas estas observaciones indujeron a los Álvarez a sugerir que un asteroide condritico de unos 10 kilómetros de diámetro que hubiese impactado contra la superficie terrestre contendría suficiente iridio como para producir el enriquecimiento observado en todo el mundo en la lámina de arcilla del límite K/T.

● **El pedrusco espacial hizo un enorme cráter en México**

En 1991, el descubrimiento de un cráter de impacto de 175 km de diámetro en la Península del Yucatán, cuyo centro se sitúa cerca de la aldea de Chicxulub, proporcionó un soporte fundamental a la ya popular hipótesis. Aquella colosal cicatriz circular oculta bajo la selva yucateca y el Golfo de México se dató inicialmente en 65 millones de

Gravedad perturbada

Mapa coloreado de la anomalía gravimétrica registrada en el anillo de cenotes -depresiones en el terreno casi circulares- del cráter mexicano. Esta perturbación -colores rojo, verde y amarillo- es el sello de la caída de un enorme meteorito, según los geólogos.

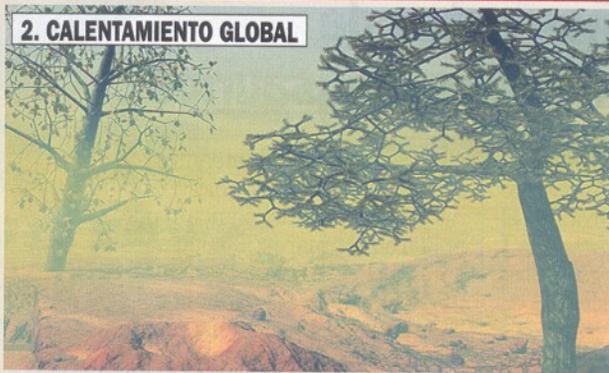


Esta es la secuencia de acontecimientos que condujo a la catástrofe

1. VULCANISMO DEL DECCAN



2. CALENTAMIENTO GLOBAL



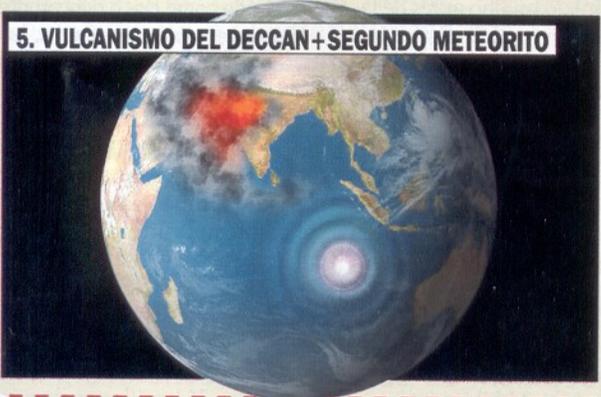
3. METEORITO DE CHICXULUB



4. AUMENTO DEL ESTRÉS



5. VULCANISMO DEL DECCAN+SEGUNDO METEORITO



6. EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS



Unos **500.000 años** antes de la extinción del límite K/T, que acabó con los dinosaurios, ocurre el vulcanismo masivo del Deccan (1), en la India. El CO_2 liberado en la atmósfera produce un brutal efecto invernadero (2): la tierra firme se calienta alrededor de 7°C u 8°C , y los océanos unos 4°C . Suceden las primeras extinciones. **300.000 años** antes del K/T, cae un enorme meteorito en Chicxulub (México). El impacto (3) libera más CO_2 en la atmósfera; no desencadena extinciones, pero sí estrés en los ecosistemas (4). Entre **150.000 y 200.000 años** antes del K/T, el clima se enfría y el nivel del mar baja más de 60 m. Finalmente, en el **límite K/T**, hace 65 millones de años, se reactiva el vulcanismo del Deccan y un segundo asteroide (5) colisiona contra nuestro planeta. Los dinosaurios desaparecen (6).

años de antigüedad, la misma edad de la anomalía de iridio. Así, científicos, medios de comunicación y público no tardaron en convencerse de que el impacto de Chicxulub era el causante de la última gran hecatombe biológica.

Sin embargo, persiste en la actualidad un acalorado debate científico acerca de si este impacto fue realmente el desencadenante de la desaparición de los dinosaurios. En el centro de esta controversia está la edad del cráter de Chicxulub, puesto que si fue causado por el impacto exterminador entonces tuvo que producirse precisamente en el momento de la extinción en masa. Pero un reciente sondeo de 1.500 metros de profundidad realizado junto al centro del cráter, en la hacienda de Yaxcopoil, ha proporcionado pruebas de que este cataclismo cósmico se produjo

antes de la extinción masiva. La antigüedad de este cráter es fundamental para evaluar el efecto destructor de un bólido de 10 kilómetros de diámetro.

● Lo que nos dice un mineral llamado glauconita

Las pruebas de su edad provienen de la brecha producida por el impacto, que se encuentra dentro del cráter. Éste es un conglomerado rocoso con fragmentos de roca fundida y vidrio de unos 100 metros de espesor que se halla a 794 metros de la superficie. Sobre esta brecha descansa un estrato de 50 centímetros de caliza finamente laminada con cinco niveles de un mineral denominado glauconita junto con microfósiles que no se extinguieron hasta el límite K/T. Cada una de esas laminillas de glauconita se formó lentamente a lo

largo de decenas de miles de años en aguas marinas muy tranquilas a unos 100 metros de profundidad. Este mineral indica, por tanto, que transcurrió bastante tiempo entre el impacto y la brutal extinción, mientras que los microfósiles precisan que el encontronazo ocurrió aproximadamente 300.000 años antes de la catástrofe ecológica.

Los minerales magnéticos contenidos en los sedimentos, que se orientan según el campo magnético terrestre existente en el instante de su sedimentación, aportan más datos. En la roca extraída en la perforación, el testigo de sondeo –la señal magnética preservada en la roca– muestra que estos materiales se depositaron durante el denominado intervalo magnético inverso 29R, lo cual confirma una edad de entre 300.000 y 500.000 años antes del

límite K/T y la anomalía de iridio. Pero la hipótesis del meteorito tiene otros puntos débiles. Por ejemplo, cuando un gran asteroide se estrella contra la Tierra, el material del propio bólido y la roca del lugar del impacto se vaporizan y se elevan en una gigantesca nube de polvo hasta la estratosfera. Allí el intenso frío del aire solidifica el vapor en esférulas de vidrio de entre 1 y 4 mm de diámetro.

● Unas canicas marinas son clave en la extinción

Denominadas también microtectitas, estas bolitas aparecen distribuidas por todo Centroamérica, México y el sur de EE UU formando un estrato de entre 1 cm y 2 m de espesor. Las microtectitas, que se preservan mejor en los fondos marinos debido a que quedan rápidamente cubier-

El bólide mortal cayó 300.000 años antes de la extinción de los dinosaurios

tas por otros sedimentos de grano muy fino, marcan el momento preciso en el que se produjo el impacto de Chicxulub.

Los primeros estudios geológicos localizaron el nivel de esférulas en la base de unos gruesos estratos de arenisca. En un principio se pensó que éstos fueron producidos por el gigantesco tsunami que desató el impacto. Sin embargo, recientemente el nivel de microtectitas original ha sido localizado 4 metros más abajo, lo que rompe la relación causa-efecto entre el impacto y el paquete de areniscas.

● Se busca la huella de un segundo cráter

Así pues, las esférulas que se encuentran en la base de la arenisca fueron erosionadas desde los lugares donde se depositaron originalmente y transportadas hasta las profundidades durante un periodo de bajada del nivel del mar que no presenta relación alguna con el impacto. En el noreste de México se depositó un estrato de esférulas de cerca de 2 metros de espesor unos 300.000 años antes de la extinción en masa y del nivel de iridio. Esta fecha se puede deducir a partir de un estrato de 4 metros situado por encima del paquete de microtecti-

tas que contienen abundantes fósiles de foraminíferos, unas criaturas unicelulares del plancton que poblaron los mares 300.000 años antes de la extinción. Esto mismo se ha visto en Texas, donde las esférulas se encuentran a 2 metros por debajo del límite K/T. Así, tanto la brecha de impacto del cráter como las microtectitas distribuidas por toda el área circundante al impacto indican que la colisión de Chicxulub es 300.000 años anterior a la desaparición de los *dínos*.

El impacto de Chicxulub es fácilmente identificable por su cráter, la brecha de impacto y el depósito de esférulas. Sin embargo, no hay un nivel de iridio o de extinciones asociado a esta estructura. La anomalía de iridio observable en todo el planeta está siempre ligada a un fino nivel de arcilla que marca el límite K/T y la extinción en masa, pero carente de las esférulas del tipo de las de Chicxulub. Todas estas observaciones, junto con el desfase de 300.000 años de separación, revelan una posibilidad fascinante: a finales del cretácico, no uno, sino dos grandes bólidos colisionaron contra el planeta. ¿Pero dónde está el cráter del segundo? No se sabe. Algunos científicos han sugerido que el segundo meteorito impactó en el océano Índico, originando el vulcanismo masivo que dio lugar

a los traps del Deccan en la India, una inmensa sucesión de estratos de lava que llegan a alcanzar casi dos kilómetros de espesor en algunas áreas. Pero de momento no existen pruebas convincentes de ello. Además, el vulcanismo del Deccan se inició mucho antes de la extinción del límite K/T, por lo que no parece lógico relacionarlo con un impacto de esta edad.

● Un fenómeno que se repite en la historia de la vida

Se conocen, al menos, dos cráteres de impacto de menor envergadura que se produjeron en torno al límite K/T. Uno es el cráter de Boltysh, en Ucrania, y el otro el de Silverpit, en el Mar del Norte. Ambos tienen un diámetro similar, de unos 24 kilómetros.

No hay que olvidar que episo-

Esferas deladoras

Roca con esférulas o microtectitas producto del impacto de Chicxulub. Se creó 300.000 años antes de la extinción de los dinosaurios.



¡Vaya, el iridio aparece en la playa!

La anomalía de iridio asociada a la caída del meteorito que acabó con los dinosaurios, según los Alvarez, aparece en diferentes puntos del planeta, como en la playa de Zumaya (Guipúzcoa) -izquierda-. Arriba, detalle de la capa de 3 cm de espesor que marca el límite entre el cretácico y el terciario: consiste en venas de calcita entre capas de pizarra gris oscuro en las que se mezclan niveles altos de iridio.



Adiós al tricornio

Esqueleto de un triceratops, un dinosaurio con tres cuernos tan pesado como cinco rinocerontes. Vivió en el cretácico superior, justo durante el ocaso de su estirpe.

dios de impactos múltiples concentrados a lo largo de unos pocos cientos de miles de años no son raros en la historia de la Tierra, así como que curiosamente parecen estar relacionados con lluvias de cometas. Periodos de una alta intensidad de bombardeo cósmico de origen cometario están bien documentados a finales del devónico, hace 361 millones de años, y durante el eoceno superior, hace

CORTESÍA G. KELLER Y A. PARDO



JONATHAN BLAIR

JONATHAN BLAIR

LOUIE PESHOVOS

Los volcanes y el cambio climático también jugaron un papel trascendental

35 millones de años. No obstante, ninguno de estos eventos provocó una merma de formas de vida. ¿Es posible, por tanto, que un episodio de impactos múltiples a finales del cretácico produjese la última de las grandes extinciones en masa que ha sufrido nuestro planeta? No parece que ésta sea la opción más razonable. Un escenario más realista sugiere que se produjese una combinación de vulcanismo masivo, cambio climático e impactos extraterrestres.

Una actividad volcánica excepcionalmente intensa a lo largo de cientos de miles de años ocasionó una sucesión de capas de roca basáltica que alcanzan espesores de 2.400 metros con una extensión similar a Francia. Son los ya mencionados traps del Deccan. Este magnífico episodio volcáni-

co comenzó más de medio millón de años antes de la extinción en masa, se fue acelerando conforme el subcontinente indio avanzaba rumbo norte en su trayectoria de colisión contra Asia, y concluyó en el paleoceno, poco después de la gran extinción, tal y como demostró Vincent Courtillot, del Institut de Physique du Globe, en París.

● El gas volcánico elevó la temperatura de los océanos

Los flujos de lava ascendían desde el interior del manto terrestre hasta alcanzar la superficie, arrastrando consigo enormes cantidades de dióxido de sulfuro y dióxido de carbono. Se ha estimado que durante este episodio volcánico se liberaron unos 6 billones de toneladas del primer gas y cinco veces más del segundo.

Estos gases de efecto invernadero provocaron un rápido calentamiento global que elevó la temperatura del océano profundo en 3 °C o 4 °C entre 400.000 y 100.000 años antes de la extinción. Este calentamiento ocasionó un enorme estrés ambiental en la flora y la fauna, y fue responsable de la disminución de organismos y especies observable en el registro de fósiles tanto continentales como marinos.

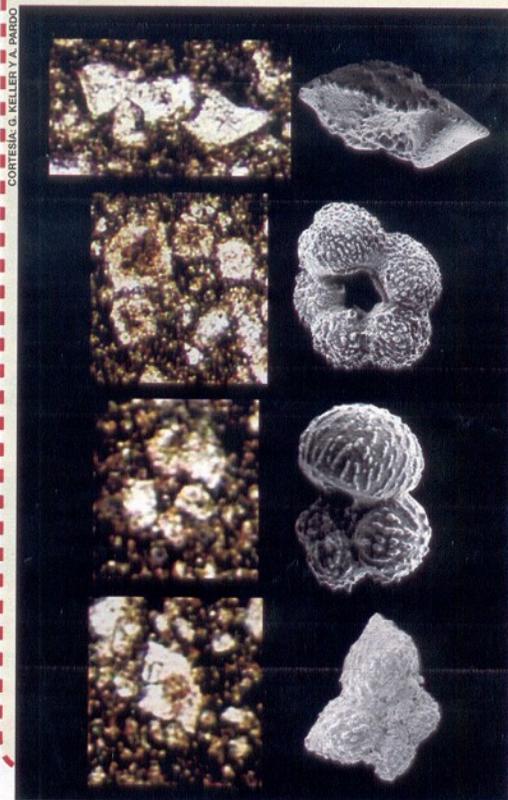
Capa a capa

A la izquierda, secuencia estratigráfica de las rocas en el cráter de Chicxulub. La que corresponde al impacto meteorítico queda lejos de la masiva extinción del límite cretácico-triásico.



CORTESÍA G. KELLER Y A. PARDO

Microorganismos al límite



CORTESÍA G. KELLER Y A. PARDO

El estudio del registro fósil ha puesto en tela de juicio la relación entre la caída de un meteorito y la extinción del límite K/T. Un ejemplo son los foraminíferos —a la izquierda, impresión fósil en la roca y reconstrucción en 3D—, organismos marinos que empezaron a menguar por el vulcanismo y el calentamiento global que ocurrieron medio millón de años antes de su extinción en el límite K/T.

Tal y como están las cosas, podemos decir sin miedo a equívocos que la mayoría de los dinosauriólogos no se muestran demasiado satisfechos con la hipótesis impactista como única causa de la extinción del K/T. Esto se debe a que el registro fósil muestra que la agonía de los dinosaurios comenzó mucho antes del impacto. Los paleontólogos que trabajan con rudistas, unos moluscos bivalvos marinos que viven en colonias, también han observado un declive muy gradual de estos organismos. Hace 66 millones de años tan sólo quedaban unas pocas especies vivas de rudistas, y medio millón antes del impacto ya se habían extinguido. Otros

bivalvos, los inocerámidos, sufrieron asimismo un largo y lento declive hasta desaparecer completamente un millón de años antes del límite K/T. Los foraminíferos planctónicos, organismos unicelulares marinos con caparazones calcíticos, también muestran un ocaso gradual debido a los efectos del vulcanismo y el cambio climático que acontecieron medio millón de años antes de su extinción. Así, la observación minuciosa del registro fósil ha hecho que muchos paleontólogos comiencen a rechazar la antes popular y apocalíptica teoría de los Álvarez.

● Fue un proceso gradual que duró millones de años

El nuevo hallazgo de la edad anterior al límite K/T del cráter de Chicxulub apoya lo observado en el registro fósil y sugiere de forma decidida que la extinción masiva ni tuvo un origen únicamente extraterrestre ni fue instantánea. El proceso resultó ser gradual, con el clima y el medio ambiente terrestre modificándose a lo largo de millones de años mientras la intensa actividad volcánica cubría de basaltos buena parte de la India. Sin duda, los diversos impactos meteoríticos contribuyeron a intensificar la crisis ecológica, pero por lo que

Condena para un ladrón

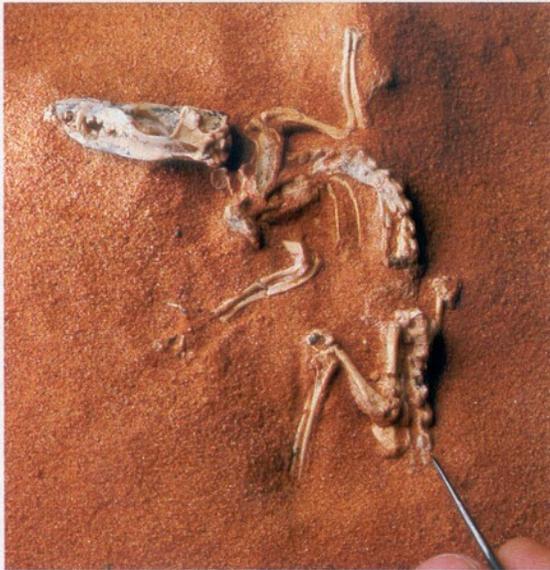
Reconstrucción del *Oviraptor* hallado en Ulaanbaatar (Mongolia). Este ladrón de huevos vivió en la época decadente de los dinos.

LOUIE PSIROVOS

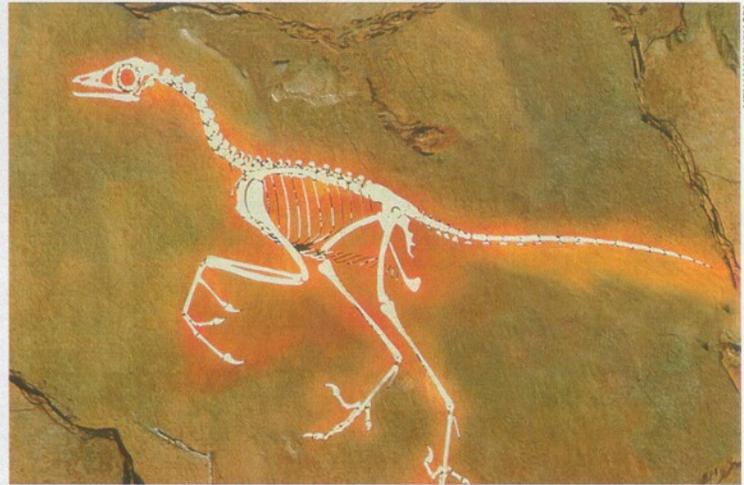
La extinción de los dinos es una lección para el hombre

Pequeño y clandestino

Fósil de un mamífero del suborden Theria, esto es, no ovíparo, hallado en el desierto del Gobi (Mongolia). Fue contemporáneo de los últimos dinosaurios. Durante el largo reinado de éstos, los mamíferos eran unas criaturas pequeñas que vivían en la clandestinidad.



LOUIE PSIHOVOS



MEHAU KULNYI SPL

Sus herederos echan a volar. Tratamiento por ordenador del esqueleto fósil de un *Archaeopteryx* –la primera ave– para resaltar su anatomía ósea. Las aves son los descendientes directos de los dinosaurios.

ahora sabemos, el impacto no fue en sí mismo el causante de ninguna desaparición.

La historia de la vida en la Tierra ha estado salpicada por otras cuatro grandes extinciones en masa en las que los impactos de cuer-

pos extraterrestres no han tenido ningún papel relevante, mientras que el vulcanismo masivo ha sido un factor crucial en tres de estos episodios. Y el denominador común en todos ellos fue el cambio climático. La mayor extinción de todos los tiempos, que ocurrió entre el pérmico y el triásico, hace 251 millones de años, acabó aproximadamente con el 80% de todas las formas de vida. La causa de aquella hecatombe fue el vulcanismo basáltico de Siberia, muy superior al del Deccan, que ocurrió antes de la crisis K/T y aniquiló alrededor del 45% de la vida cretácica.

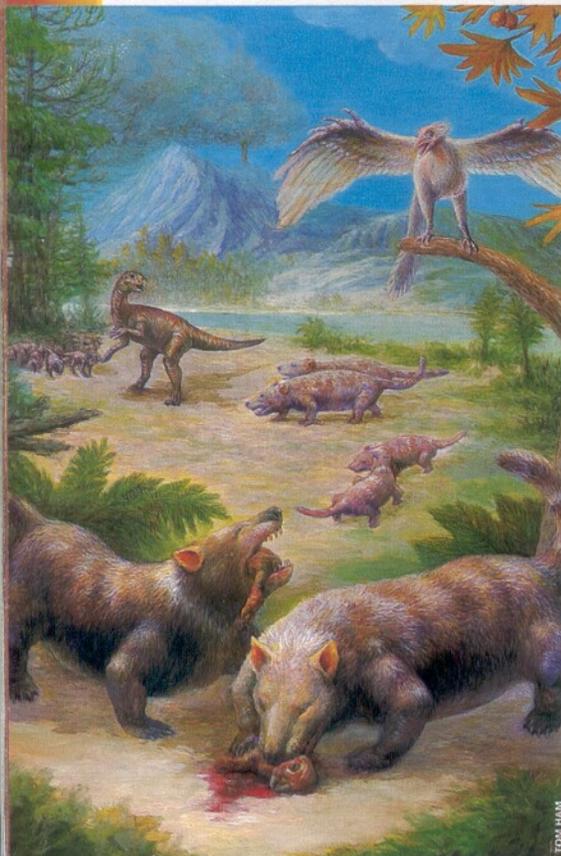
La extinción en masa del límite K/T puede ser explicada en su totalidad por la teoría multicausal. Esta hipótesis explica todos los datos y observaciones hechas en el registro sedimentario, engrana entre sí los diferentes eventos –vulcanismo masivo, cambio climático e impactos múltiples– y predice los efectos sobre la fauna y flora observados en el registro fósil. La hipótesis multicausal plantea un escenario radicalmente diferente a la teoría impactista. En el nuevo planteamiento, la extinción en masa no fue un suceso cataclísmico e instantáneo, sino el resultado de un largo declive ecológico debido a los cambios

climáticos y ambientales provocados fundamentalmente por el vulcanismo del Deccan y finalmente acelerados por una serie de impactos celestiales.

● Hoy desaparecen especies sin que sean reemplazadas

Las desapariciones masivas interesan tanto a los científicos como al público en general. Por otra parte, nuestra fascinación por los dinosaurios ha hecho de ellos el símbolo de todas las extinciones. Sin embargo, los problemas científicos que hay tras su desaparición son harto complejos, y los investigadores han de esforzarse para entender las causas últimas que provocan este tipo de hecatombes ecológicas.

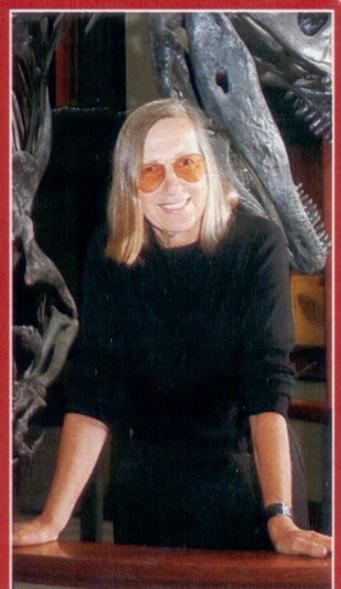
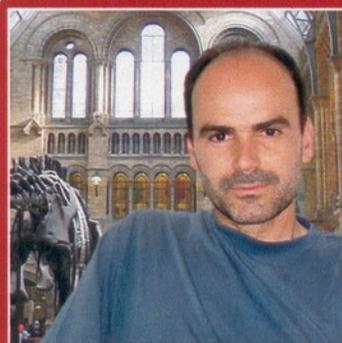
En la actualidad, el planeta se halla inmerso en una extinción en masa apenas percibida por nadie, salvo por unos pocos científicos. Cada año la diversidad biológica de nuestro planeta disminuye sin que las especies que se extinguen sean reemplazadas por otras nuevas. Discutimos sobre el futuro calentamiento global y perdemos de vista el hecho de que los efectos destructivos del cambio climático están afectando al ecosistema global ahora mismo. Las extinciones en masa del pasado nos pueden aportar enseñanzas de gran valor sobre el efecto del cambio climático en la vida del planeta, ya sea inducido por el vulcanismo, impactos de asteroides o causados por la mano del hombre. ■



TOM HARR

Se atrevieron con ellos

Sobre estas líneas, una pareja de *Repenomamus robustus* –mamíferos de hace 130 millones de años– devoran una cría de *Psittacosaurus*, un dinosaurio mongol.



Los autores de este artículo son los micropaleontólogos **Gerta Keller**, del Departamento de Geociencias de la Universidad de Princeton (EE UU); y **Alfonso Pardo**, de la Facultad de Comunicación de la Universidad San Jorge (Zaragoza). Ambos investigan la nueva teoría multicausal de la extinción de los dinosaurios.