

# EL LÍMITE CRETÁCICO / Terciario

LA ÚLTIMA GRAN EXTINCIÓN. LOS DINOSAURIOS DESAPARECEN.

Hace 65,5 millones de años la vida sufrió un duro revés en la Tierra, una de sus mayores derrotas. La vida era variada y abundante al final del Cretácico y de repente más del 70% de las especies del planeta se extinguieron. Esta es la quinta gran extinción masiva de la historia biológica, posiblemente la más conocida, porque se trata de la más reciente, la más estudiada y sobre todo, porque causó la extinción total de los dinosaurios, que reinaron en la Tierra durante más de 150 Ma. Este gran evento de extinción marca el final del período Cretácico y el comienzo del Terciario, y por ese motivo se le reconoce como la extinción del límite K/T.



Durante el Jurásico y el Cretácico, la zona del biotopo se encontraba sumergida bajo el mar. Las costas más cercanas donde habitaban los dinosaurios se encontraban en la zona de La Rioja o Asturias. Estos litorales eran grandes deltas semi-inundados de sedimento arenoso blando, donde han quedado impresas cantidad de huellas de dinosaurio.

1) Afloramiento cretácico de icnitas de Igea, La Rioja.

2) Afloramiento jurásico de icnitas de La Griega, Asturias.

3) Uno de los excelentes murales interpretativos del Museo del Jurásico de Asturias.

*¿Cómo se extinguieron los dinosaurios?*

## LAS VÍCTIMAS

Además de los dinosaurios, la extinción K/T acabó con los ammonites y los belemnites y afectó especialmente a las comunidades oceánicas planctónicas, tal y como se puede apreciar en el afloramiento de Zumaia. Debido a su gran cantidad y variedad y a su capacidad fosilizadora, estos pequeños organismos han resultado ser una de las herramientas principales para la investigación de la extinción K/T.

Se extinguieron también los grandes reptiles marinos (plesiosaurios y mosasaurios) y los reptiles voladores o pterosaurios. Sufrieron bastante los peces, anfibios, mamíferos y aves primitivas, cuya extinción se pudo situar en torno al 25-40%. La diversidad de braquiópodos, bivalvos y ostreidos se vio bruscamente reducida. Las plantas registraron una tasa de extinción de cerca del 50%.

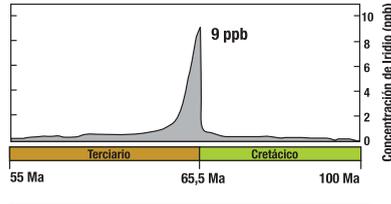
Algunas de las especies menos afectadas por la extinción fueron los cocodrilos, tortugas, briozoos, artrópodos, esponjas, equinoideos, insectos, anélidos o gasterópodos terrestres. Entre el fito y zooplancton, los esqueletos silíceos de las diatomeas y radiolarios superaron mejor la crisis que el plancton con conchas de carbonato de calcio.

Aunque existen algunos organismos que se extinguieron un poco antes del límite K/T y pueden por lo tanto alimentar teorías de extinción gradual, la mayoría de los datos apuntan hacia una extinción muy brusca. Algo debió de ocurrir el último día del Cretácico para que más del 70% de las especies del planeta desapareciera para siempre.

## LAS PRUEBAS

En todas las secciones de rocas del mundo donde está representado este intervalo de tiempo podemos apreciar una fina capa de color oscuro, conocida como la arcilla del límite. Esta fina capa comenzó a depositarse en el momento de la gran extinción, y recoge así cantidad de las anomalías relacionadas. Estudiando la cantidad de Helio-3 contenido en esa capa, podemos saber además la cantidad de tiempo que esta ha tardado en depositarse y la cifra no supera los 10.000 años, un tiempo mínimo en el que se concentran multitud de anomalías, como las siguientes:

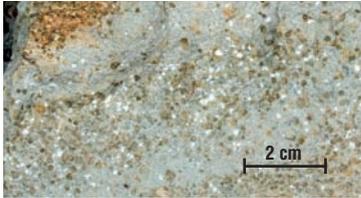
• **Altas concentraciones de iridio.** El iridio es uno de los elementos más densos y pesados de la tabla periódica y resulta muy escaso en la corteza terrestre. Las medidas tomadas en la arcilla del límite muestran concentraciones que llegan a ser cien veces superiores al valor estándar. El iridio es bastante abundante en determinado tipo de meteoritos, y por eso esta fue una de las pruebas más importantes para la hipótesis de un origen extraterrestre, es decir, de un impacto meteorítico. La anomalía de iridio se distribuye en todo el planeta por igual.



Anomalía de iridio en Gubbio (Italia). Esta fue una de las primeras anomalías que descubrieron los Alvarez. La concentración normal de iridio en el fondo marino a lo largo de los 50 millones de años de registro es menor de 0,1 ppb (partes por billón) y la arcilla del límite contiene 9 ppb. (Modificado de Alvarez et al.).

^

• **Microesférulas y microtectitas.** Son gotas de material fundido, generado por el rozamiento del meteorito al entrar en la atmósfera y por la enorme presión de choque contra la Tierra, que han salido despedidas de la zona de impacto y caen en un radio de varios miles de kilómetros. Aunque su tamaño disminuye con la distancia las más ligeras consiguen surcar la atmósfera y debido a la rotación de la Tierra caen en cualquier parte del planeta.



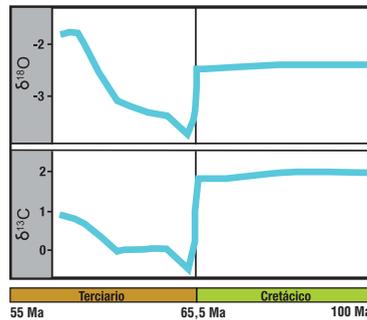
Mimbral (México). Las microtectitas de los afloramientos situados en el Golfo de México son visibles a simple vista, mientras que son mucho más pequeñas en los afloramientos europeos y se hace necesaria la utilización de un microscopio. Adaptado de Smit y Klaver, 1981.

• **Descenso brusco del isótopo  $^{18}\text{O}$ .**

En las épocas cálidas el  $^{16}\text{O}$  se evapora con mayor facilidad, por lo que las conchas de los microfósiles presentan una concentración mayor de  $^{18}\text{O}$ . Por el contrario, un descenso como este indica un periodo de enfriamiento global acusado, que se ve reflejado en todo el planeta.

• **Descenso brusco del isótopo  $^{13}\text{C}$ .**

El plancton calcáreo secuestra preferentemente del agua del mar el isótopo  $^{12}\text{C}$ , por lo que en épocas de alta productividad la superficie del océano se enriquece en  $^{13}\text{C}$ . Este descenso implica por lo tanto que el evento provocó el cese casi completo de la productividad primaria mundial.

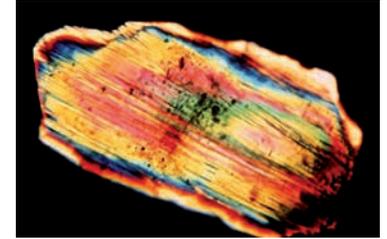


Las caídas de los isótopos de oxígeno 18 y carbono 13 muestran respectivamente que durante el K/T se produjo un gran enfriamiento global y el cese casi completo de la productividad primaria.

^

• **Descenso en la relación entre el polen de angiospermas y las esporas de helechos.** Marca la instalación de nuevos ecosistemas y especies de flora oportunista, que tras los incendios sustituyeron a los fértiles bosques de final del Cretácico.

• **Cuarzos de choque y nanodiamantes.** Son indicadores de presión extrema. Al parecer, el impacto creó ondas de choque muy intensas que produjeron la modificación de la estructura cristalina de varios minerales. Se localizan principalmente en Centroamérica y Norteamérica.



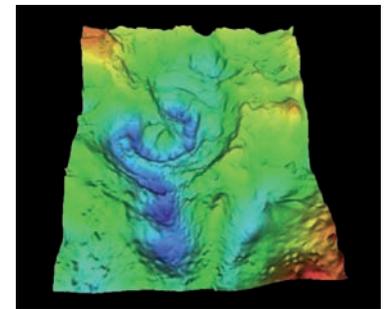
• **Concentración de hollín y carbón.** La concentración de pequeñas partículas de hollín en rocas de origen continental es el reflejo de grandes incendios que pudieron ser provocados por la lluvia de material fundido y la gran subida de temperatura inicial. Esta anomalía aparece dispersa en todo el globo.

## LAS DOS TEORÍAS PRINCIPALES

Con todas estas pruebas, fundamentalmente la del iridio, Luis Alvarez y Walter Alvarez (Universidad de Berkeley) por un lado y Jan Smit (Universidad Libre de Ámsterdam) por otro, propusieron en 1979 que semejante cantidad de iridio solamente pudo llegar a la Tierra mediante **el impacto de un meteorito** de unos 10 km de diámetro, y que este impacto sería el causante de la gran extinción de finales del Cretácico. Esta teoría levantó una gran polémica con la corriente uniformista, que defendía una historia geológica sin grandes catástrofes y sobresaltos, y con los defensores de la teoría de las **Mesetas basálticas de Deccán**, una fabulosa acumulación de coladas de lava basáltica de unos 2 km de espesor que afloran en la India y cuyo emplazamiento se produjo al final del Cretácico. Después de varios años de intensa discusión científica, quedó bastante claro que las coladas comenzaron dos millones de años antes que el límite K/T y finalizaron unos tres millones de años después y además no podían explicar la gran concentración de iridio, microesférulas, cuarzos de choque y nanodiamantes. Tampoco explica la distribución global de estas anomalías en ambos hemisferios. Es posible que semejante cantidad de lava pudiera tener algún tipo de efecto en el clima del final del Cretácico, pero bastante improbable que esté directamente relacionada con la extinción del K/T.

## EL GRAN DESCUBRIMIENTO DEL CRÁTER DE CHICXULUB

El aumento en la intensidad de la deformación de los cuarzos de choque y del tamaño de los depósitos de microtectitas hacia el Golfo de México dirigieron todas las miradas hacia la Península de Yucatán. Tras diez años de intensa búsqueda y controversia en el año 1991, finalmente los defensores de la teoría del impacto encontraron la prueba definitiva: el cráter de Chicxulub, con un diámetro de 170 km sepultado por cientos de metros de sedimento. El cráter pudo encontrarse gracias a las anomalías gravimétricas y magnéticas de su estructura y pudo datarse gracias a una muestra obtenida por Petróleos Mexicanos, cedida para la ocasión.

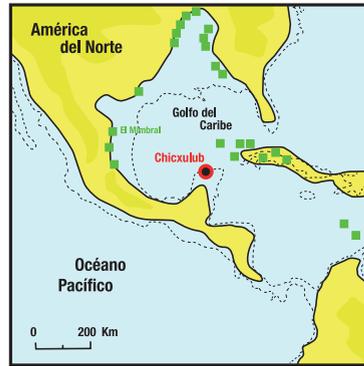


Cráter de Chicxulub: reconstrucción 3D de su morfología. Destaca la elevación central, característica distintiva en cráteres de impacto conocidos en otros lugares. (De Hildebrand et al., 1991).

^

## LOS GRANDES TSUNAMIS DEL CARIBE, UNA PRUEBA IMPRESIONANTE

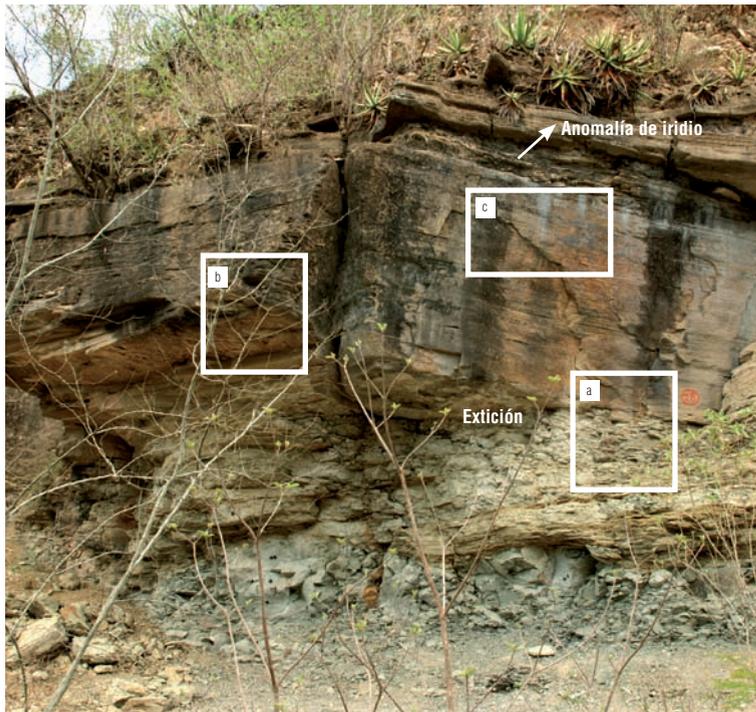
El impacto se produjo en un mar poco profundo y se calcula que levantó tsunamis superiores a 500 metros de altura, que arrasaron todas las tierras cercanas a la costa. Estos grandes tsunamis han dejado su huella sedimentaria sobre el terreno en forma de grandes capas de arenisca, llamadas tsunamitas y formadas por los sedimentos arrasados por las olas gigantes, que se convirtieron en una de las pruebas más concluyentes de que el cráter de Chicxulub se debía a un impacto. Estos depósitos están distribuidos por todo el golfo de México y entre todos cabe destacar el afloramiento de El Mimbral, ya que su descubrimiento en 1991 supuso la prueba definitiva para convencer a la comunidad científica de la relación entre impacto, tsunami y extinción masiva.



Interpretación de la geografía del Golfo de México a finales del Cretácico. El nivel del mar era más alto y cubría parte de las tierras hoy emergidas.

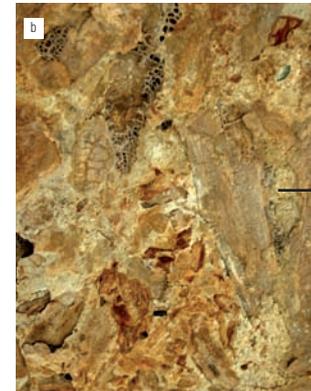
- Cráter de Chicxulub.
- Depósitos de alta energía creados por tsunamis gigantes.
- Línea de costa a finales del Cretácico.
- - Línea de costa actual.

## INTERPRETACIÓN DE LA TSUNAMITA DEL K/T EN EL MIMBRAL



Tsunamita de El Mimbral. Este maravilloso afloramiento está situado a unos 800 km de la zona de impacto y fue descubierto por Walter Álvarez, Jan Smit y Alessandro Montanari en 1991.

## PRUEBAS



## INTERPRETACIÓN

### Anomalía de iridio

Depósito de polvo de iridio proveniente del meteorito.

### Laminaciones cruzadas

Las laminaciones cruzadas implican doble sentido de movimiento (flujo y reflujos), característica distintiva de los tsunamis.

### Fósiles de plantas, hojas, ramas...

El tsunami entra tierra adentro devastando los bosques. El reflujos posterior se lleva al mar todos los restos vegetales destruidos y estos quedan atrapados en el sedimento transportado mar adentro por el tsunami.

### Depósito de tsunamitas

La base implica que la capa de arena se deposita de manera brusca. Puede ser causada por un tsunami.

### Base erosiva, nivel de microtectitas y extinción masiva

¡Impacto! Lluvia de pequeñas gotas de material fundido proveniente de la zona de choque. Empeoramiento de las condiciones ambientales (oscuridad, frío, lluvia ácida...) y extinción.

### Margas

Depósito tranquilo de margas con multitud de fósiles marinos en los mares del Cretácico del golfo de México. El último día del Cretácico los mares del Caribe presentaban una normalidad absoluta.

## LAS CONSECUENCIAS DEL IMPACTO

El impacto del meteorito en la zona de Yucatán provocó una extinción masiva y repentina de escala global, relacionada con una serie de cambios ambientales que la mayoría de las especies no pudieron soportar.

El meteorito medía aproximadamente 10 km de diámetro y su impacto liberó una energía equivalente a detonar al mismo tiempo 10.000 veces todo el arsenal nuclear del mundo. El agua del mar y gran parte del material de impacto se fundió o se evaporó y fue transportado fuera de la atmósfera por una nube incandescente de polvo y vapor. En su vuelta a la Tierra, la lluvia de microtectitas (material fundido) pudo durar algunos días, mientras el polvo y el iridio vaporizado pudo tardar meses en abandonar la atmósfera.

En la región del impacto, la mayoría de la biota murió inmediatamente por aplastamiento, por el paso de una enorme bola de fuego, por el estallido sónico provocado por la onda de choque, por la lluvia de pequeñas gotas incandescentes de material fundido (ejecta), por los grandes terremotos o los gigantescos y devastadores tsunamis.

## EFFECTOS DEL IMPACTO DE CHICXULUB

### Efectos locales

Bola de fuego  
Onda de choque  
Terremotos  
Tsunamis  
Caída de ejecta

Efectos ambientales producidos por el impacto de Chicxulub en relación a su duración estimada. (Modificado de Kríng, 2000).  
<

### Incendios

Pirotóxinas  
Producción de hollín  
Emisión de CO<sub>2</sub> y CO

### Polvo

Oscurecimiento  
Cese fotosíntesis  
Enfriamiento

### Producción de NO<sub>2</sub>

Lluvia ácida  
Pérdida de la capa de ozono

### Producción de SO<sub>2</sub>

Enfriamiento  
Lluvia ácida

### Liberación metales pesados

Envenenamiento

### Producción de gases Cl y Br

Pérdida de la capa de ozono

### ¿Efecto invernadero?

Inmediatos    Meses    Años    Décadas

Pero las perturbaciones ambientales más intensas fueron de escala global y tuvieron que ver con cambios atmosféricos. La lluvia de gotitas de material incandescente provocó una intensa radiación infrarroja que calentó el planeta como un horno. Este supercalentamiento provocó la ignición de los bosques cretácicos, liberando una importante cantidad de hollín y gases como NO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CO. El hollín de los incendios y el polvo del impacto contaminaron la atmósfera e impidieron la entrada de la luz solar. El planeta se oscureció durante algunos meses y sufrió una gran caída de temperatura cesando la fotosíntesis y afectando a la cadena trófica de raíz, provocando la desaparición de la mayoría de las especies. Los gases emitidos reaccionaron con el vapor de agua atmosférica y generaron gran cantidad de lluvia ácida, que contaminó una parte importante de los ecosistemas. Es posible también que los gases de cloro y bromo emitidos destruyeran la capa de ozono, y la biota se viera afectada por la radiación ultravioleta. Cuando la contaminación atmosférica fue limpiándose progresivamente, la temperatura subió bruscamente debido al efecto invernadero de gases como el CO o CO<sub>2</sub>.

Con todo ello, la mayor parte de la biota de finales del Cretácico no pudo hacer frente a la concatenación de una serie de dificultades ambientales muy importantes, y especies y familias enteras que llevaban viviendo en la Tierra millones de años desaparecieron para siempre en unos pocos cientos de años o quizás incluso menos.



La sección de Zumaia contiene uno de los afloramientos del límite K/T más conocidos del mundo.

• Sendero Algorri: A3