

## EL CRÁTER DE CHICXULUB Y LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS

Hace aproximadamente 65 millones de años algún extraño proceso extinguió a la mitad de la vida sobre la Tierra. Es probable que este mismo evento haya causado la desaparición de los dinosaurios, hasta entonces, la especie más dominante del reino animal, y permitió a los mamíferos heredar dicho *status*. La especie humana no puede evitar preguntarse quién o qué causó la masiva extinción de especies que favoreció el desarrollo de nuestros antecesores.

Durante los últimos quince años, investigadores de todo el mundo (desde paleontólogos hasta astrofísicos) han intentado dar respuesta a semejante interrogante.

Es difícil establecer los mecanismos de extinción, debido a que con el paso de millones de años, la mayor parte de la evidencia ha sido degradada o destruida. Existe una gran discontinuidad en el registro fósil de hace 65 millones de años, esta discontinuidad define la frontera entre el periodo Cretácico, durante el cual los dinosaurios reinaron sobre la Tierra, y el Terciario, que vio el ascenso de los mamíferos.

Se ha intentado establecer el periodo de tiempo en que ocurrió la extinción (si fue repentina, o bien si fue un evento gradual que se prolongó por varios millones de años). La mayoría de los geólogos y paleontólogos sostienen que la extinción fue un proceso lento, en gran medida, debido a su tradición gradualista y a que les resulta incómodo aceptar la ocurrencia de eventos catastróficos.

Debido a que los fósiles de dinosaurios son relativamente escasos, su edad proporciona muy poca información sobre la duración del proceso de extinción. Bajo estas circunstancias, es posible suponer que la extinción de los dinosaurios fue gradual.

Sin embargo, cuando los paleontólogos analizan fósiles de polen o de animales marinos unicelulares llamados *foraminíferos*, encuentran que la extinción fue muy abrupta. En general, los organismos más pequeños producen fósiles más abundantes y ofrecen un cuadro temporal mejor definido.

La extinción también parece repentina cuando los paleontólogos estudian el registro fósil para animales de tamaño intermedio, tales como los invertebrados marinos.

Si los organismos cuyos fósiles se encuentran bien preservados perecieron abruptamente, entonces es posible asumir que otras especies que desaparecieron aproximadamente en el mismo tiempo, como los dinosaurios (cuyos restos no son tan numerosos), también se extinguieron súbitamente.

Ello establecería que la extinción fue abrupta en términos geológicos, pero no permite estimar cuántos años duró la extinción. Los intervalos en el registro geológico pueden ser determinados con una precisión de hasta 10,000 años, un periodo mayor que el ocupado por la civilización humana.

La duración de la extinción masiva que marca la frontera Cretácico-Terciario (frontera KT), fue estimada de manera precisa a partir del estudio de una capa delgada de arcilla (de espesor aproximado de 1 cm) que separa los sedimentos Cretácicos de los Terciarios en la localidad de *Gubbio*, Italia. Se ha establecido que esta capa de arcilla se encuentra dentro de un paquete de caliza, con espesor de 6 m, aproximadamente, que se depositó durante un periodo de 0.5 millones de años de polaridad geomagnética reversa, denominado 29R. Esto significa que la capa de arcilla, y la extinción masiva que delimita, representa un periodo de no más de mil años.

En la década de los setenta, Jan Smith, de la Universidad de Amsterdam, realizó un estudio similar con sedimentos localizados, al sur de España, donde el registro estratigráfico es aún más preciso, y estimó la etapa de extinción que no excedió más de 50 años.

Al final de la década de los setenta, un grupo de investigadores de la Universidad de California, en Berkeley, dirigido por Luis W. Álvarez, intentó desarrollar un método más preciso para determinar en cuánto tiempo se depositó la capa de arcilla de la frontera KT encontrada en *Gubbio*. Sus esfuerzos fracasaron, pero proporcionaron la primera pista para encontrar las causas de la extinción.

El método se basaba en la relativa escasez de iridio en la corteza terrestre (aproximadamente .03 partes por billón; por ejemplo, con las 500 partes por billón presente en los meteoritos conocidos como condritas). El iridio es raro en la corteza terrestre, debido a que en su mayoría se encuentra en aleación con hierro en el núcleo. Suponian que el iridio presente en los sedimentos marinos, como los de *Gubbio*,



provenía principalmente de una lluvia continua de meteoritos, algunas veces llamada polvo cósmico. Esta constante lluvia podría proporcionar una especie de reloj: a mayor cantidad de iridio en una capa sedimentaria, mayor es el lapso de tiempo que ha llevado su acumulación. Además, el iridio puede ser cuantificado en concentraciones muy bajas empleando el análisis por actividad de neutrones.

Sin embargo, la capa de arcilla de la frontera KT y la caliza inmediata adyacente contenían más iridio de lo esperado (una cantidad comparable a la que pudo haberse depositado durante 500 años del intervalo 29R). Claramente, esta concentración no podía ser explicada mediante el llamado polvo cósmico. En 1979, el mismo grupo de investigadores, propuso que un gran cometa o asteroide de aproximadamente 10 km. de diámetro golpeó a la Tierra y liberó una enorme cantidad de iridio en la atmósfera, hace 65 millones de años.

La existencia de iridio fue sugestiva, pero ciertamente no conclusiva. La hipótesis de Álvarez fue rebatida por quienes sostienen que la actividad volcánica, más que un impacto extraterrestre, fue la causante de la catástrofe global que extinguió a los dinosaurios junto con otras especies.

Sin embargo, desde que fue propuesta la hipótesis del impacto, se han venido acumulando evidencias substanciales que refuerzan su validez. Una segunda clave fue el descubrimiento de granos de cuarzo impactados en la frontera KT. Bruce Bohor y sus colegas de US Geological Survey, en Denver, encontraron por primera vez dicho cuarzo en una localidad de Montana, pero el cuarzo impactado ha sido encontrado en afloramiento de la frontera KT, caracterizado por un conjunto de caras laminares de impacto, puede ser producido en forma natural únicamente por las presiones excesivamente altas producidas durante un impacto a gran escala. Antes del hallazgo de Bohor, las muestras de cuarzo impactado solamente habían sido encontradas en cráteres de impacto conocidos o en las cercanías donde se han producido explosiones nucleares subterráneas. Algunos han argumentado que una erupción volcánica puede generar cuarzo impactado, pero las presiones volcánicas, son alrededor de 100 veces menores, y el cuarzo encontrado en las rocas volcánicas no presentan el conjunto de rasgos de deformación laminar.

Una tercera clave fue el descubrimiento de material expelido que cayó en la vecindad del impacto. En muchos afloramientos de la frontera KT en Norteamérica y el Caribe, existe una capa de arcilla que se cree está compuesta por material arrojado por el impacto. Esta capa



**Cráter de Chicxulub**

contiene diminutas pelotitas de arcilla de formas esféricas y elipsoidales, similares a las esférulas de vidrio fundido, llamadas tectitas; formadas por la fusión de rocas terrestres durante los eventos de impactos a gran escala. Alan Hildebrand (del Geological Survey of Canada), ha sugerido que las pelotitas son tectitas alteradas con un origen similar a las encontradas en Beloc, Haití. Izett, Dalrymple y Snee (US Geological Survey), encontraron posteriormente que las tectitas haitianas tenían una edad de aproximadamente 65 millones de años.

El afloramiento de Beloc es de especial interés, pues contiene cantidades abundantes de iridio, con cuarzo impactado y tectitas. Las tectitas encontradas en este sitio son las más grandes que se han encontrado en el mundo, lo cual sugiere que un impacto debió ocurrir en las proximidades.

La composición química de las tectitas de Beloc y de otro afloramiento de la frontera KT, cerca del arroyo el *Mimbral*, en el noreste de México, fue cuidadosamente analizada para determinar el tipo de roca impactada por



el bólido. El vidrio parecía contener material típico de rocas continentales, con indicaciones de cantidades considerables de calizas y evaporitas.

El espesor de la capa de material expelido (*ejecuta* en inglés), las tectitas y la evidencia de posibles depósitos de tsunami (generador de impactos), restringieron la búsqueda del cráter a la región de Norteamérica y el Caribe. En 1990, A. Hilderbrand encuentra un trabajo de Glen Penfield (entonces trabajaba para Intera Technologies, Inc.) y Antonio Camargo (PEMEX) sugiriendo que una estructura subsuperficial muy grande ubicada en la península de Yucatán, que tenía anomalías gravimétricas y magnéticas de forma circular, podría ser un cráter de impacto. Hilderbrand contactó a Penfield y Camargo para estudiar con detalle algunos datos reportados en dicho trabajo.

En 1991, Hilderbrand, Penfield y Camargo, juntos con Boynton, Kring (Universidad de Arizona), M. Pilkington (Geological Survey of Canada) y Atein Jacobsen (Universidad de Harvard), analizaron núcleos de roca provenientes de pozos perforados por PEMEX, en la zona del impacto. El material de Chicxulub contenía indicaciones de un posible impacto, como cuarzo impactado, rocas fundidas (*melt rock* en inglés) y brechas de impacto. La composición química de la roca fundida era similar a la de las tectitas de Beloc y el Mímbra. La edad de las rocas fundidas fue estimada, a partir de datos bioestratigráficos, como cercana a la de la frontera KT. Este estudio estableció la identificación de la estructura de Chicxulub, como el cráter de impacto de la frontera KT.

El siguiente paso crucial fue datar el cráter con mucha exactitud. En 1992, C. Swisher y un equipo de colaboradores dataron las tectitas y las rocas fundidas de Chicxulub. Encontraron que la edad media de tres muestras de Chicxulub era 64.98 más o menos 0.05 millones de años. La media de cinco tectitas provenientes de Beloc y el Mímbra fue de 65.07 más o menos 0.10 millones de años.

Otro equipo conducido por V. Sharpton (Lunar and Planetary Institute, Houston), también en 1992, reportó una edad para la capa de roca fundida que es consistente con la encontrada por Swisher y colaboradores. Además, el grupo de Sharpton encontró que la magnetización remanente de la roca fundida de Chicxulub era consistente con la dirección del campo magnético de la Tierra en la frontera KT.

Después de todo este proceso, muchos investigadores creen que se ha encontrado la pieza fundamental del enigma: la estructura circular sepultada en la península de

Yucatán, cuyo centro se localiza en la pequeña localidad de Chicxulub Puerto. El escepticismo ha decrecido considerablemente entre la comunidad científica internacional, desde el espectacular choque de los fragmentos del cometa Shoemaker-Levy contra Júpiter en el verano de 1995.

En la actualidad, el estudio del cráter de Chicxulub se ha derivado principalmente a partir de las anomalías circulares gravimétrica y magnética asociada, aunque la distribución de la topografía kárstica, la información proveniente de pozos y datos de reflexión sísmica, también han sido empleados.

Existe un debate acerca del tamaño del cráter de Chicxulub, las estimaciones de su diámetro van desde los 170 hasta los 300 km., correspondiendo a una variación de un orden de magnitudes en la energía del impacto.

Durante los años 1994 y 1995, con objeto de estimar con mayor resolución la estructura de Chicxulub, en colaboración con A. Hildebrand, M. Pilkington, R. Chávez, J. Urrutia (Instituto de Geofísica, UNAM) y el autor de este artículo, nos dimos a la tarea de efectuar mediciones de gravedad a detalle, especialmente a lo largo de perfiles que atraviesan el borde del cráter. Los datos fueron configurados en una malla regular y posteriormente calculamos el gradiente horizontal de la anomalía gravimétrica.

El cálculo de los gradientes de gravedad enfatiza el efecto de variaciones laterales en la densidad y suprime la contribución de los gradientes regionales que pueden llegar a obscurecer la firma gravimétrica de las litologías de impacto. Esta técnica proporciona una herramienta objetiva para fijar la dimensión de la estructura a partir de los datos gravimétricos. El diámetro inferido a partir de este método es de 180 km. aproximadamente.

La correlación existente entre el más exterior de los máximos periféricos del gradiente gravimétrico y el límite exterior de anillos de cenotes, sugiere fuertemente un posible origen común entre las fallas periféricas del cráter y el mencionado patrón circular de fracturamiento.

Los datos de gravedad han permitido dibujar la estructura interna del cráter de Chicxulub a un nivel sin precedentes para esta técnica (como se ha aplicado a otras estructuras de impactos terrestres) y servirá de guía para la explotación posterior del cráter.

Ing. J. Carlos Ortiz Alemán  
Profesor de la FI.

