

EVIDENCIAS GEOLÓGICAS SOBRE LAS EXTINCCIONES DEL LÍMITE CRETÁCICO/TERCIARIO

Luis A. Spalletti^(*)

N

uestro planeta es bombardeado constantemente por material que procede del espacio exterior. En 1980, Luis y Walther Álvarez y sus colaboradores de la Universidad de Berkeley propusieron que la extinción en masa que se produjo a fines del Cretácico (unos 65 millones de años atrás) fue causada por el impacto de un meteorito. Desde ese momento, y por más de 20 años, el tema ha motivado la atención de gran número de investigadores en todo el mundo. La literatura científica se ha enriquecido con novedosa información sobre la devastación biológica (incluida la desaparición de los dinosaurios), el hallazgo de evidencias geológicas y geoquímicas en favor de esta teoría, la ubicación del área donde se produjo el impacto y los violentos procesos superficiales que se desencadenaron como consecuencia del evento.

En un artículo previo hemos analizado sucintamente las teorías evolucionista y catastrofista a la luz de las extinciones en masa y las posibles explicaciones sobre los mecanismos que pudieron haberlas originado (Spalletti, 2004). Comentábamos que uno de los fenómenos de extinción en masa de mayor trascendencia sobre la historia de la vida sobre la Tierra y que se encuentra perfectamente documentado fue el ocurrido hace unos 65 millones de años hacia el límite entre el Cretácico y el Terciario. El evento que llevó a la desaparición de alrededor del 50 % de los géneros y el 75 % de las especies (con la inclusión de los dinosaurios) produjo cambios súbitos y muy violentos en las condiciones ambientales globales.

Si bien algunos autores han sostenido que la extinción del Cretácico/Terciario (K/T) pudo estar asociada a la efusión de grandes volúmenes de material volcánico (los basaltos del Decan en la India, Hooper, 1999), es mucho más consistente la idea de que se debió a la colisión con la Tierra de un bólido de grandes dimensiones. Un fenómeno de tales características debió haber dejado huellas importantes, tanto de nivel global como en la región del eventual impacto. Cabe entonces que hagamos una revisión de cuáles fueron los principales aportes de las ciencias geológicas para identificar esos testimonios.

La primera evidencia surgió de la investigación de Álvarez *et al.* (1980) quienes en Italia

descubrieron concentraciones anómalas de iridio (considerado un marcador cósmico) en una capa de arcillas ubicada hacia el límite K/T y las atribuyeron al impacto de un cuerpo extra-terrestre. Posteriormente esta anomalía fue encontrada en depósitos sedimentarios del límite K/T en diversas localidades del mundo, tan distantes entre sí como América del Norte, Nueva Zelanda, Europa continental y el norte de África.

Estudios estratigráficos de detalle han mostrado que además de esta anomalía, en delgados niveles arcillosos del K/T, se registran otras peculiaridades, como por ejemplo la existencia de tektitas que son partículas de vidrio, producto de la fusión a altas temperaturas de minerales

y rápido enfriamiento del fundido, y arcillas generadas por la alteración del vidrio volcánico. Estos horizontes han sido bautizados como “capa mágica” por contener granos de cuarzo que muestran estructuras microscópicas debidas a un impacto bajo condiciones de altísima temperaturas. En asociación con estos niveles se ha constatado la presencia de esférulas minerales que testimonian emanaciones a partir de una nube de material vítreo derivado de rocas de la corteza inferior, despresurizadas y con muy alta temperatura, que habrían quedado expuestas en el fondo del cráter inmediatamente después del impacto.

Por su parte, los sedimentos y los restos de invertebrados marinos pueden mostrar importantes cambios en la composición isotópica de determinados elementos (oxígeno, carbono). Por caso, estudios sobre isótopos del carbono en organismos planctónicos fósiles del límite K/T han manifestado anomalías que se atribuyen a la supresión violenta de la fertilidad en el ambiente marino, y por ende un proceso catastrófico de mortalidad en masa (Hsü & McKenzie, 1985).

Concomitantemente con estas investigaciones sobre las evidencias sedimentarias globales producidas como consecuencia de la colisión de un bólido de gran envergadura, se desarrollaron otras tendientes a definir el sitio donde se produjo la colisión. En 1981, Penfield y Camargo (citados por Dressler *et al.*, 2003) sugirieron que podría haber sido la Península de Yucatán. Diez años más tarde Hillebrandt *et al.* (1991) determinaron que la estructura de impacto se encontraba sepultada bajo sedimentos terciarios en el norte de esa península, en el área entre Mérida y Chicxulub (Fig. 1). Estudios geofísicos más recientes permitieron delinear una estructura de unos 200 km de

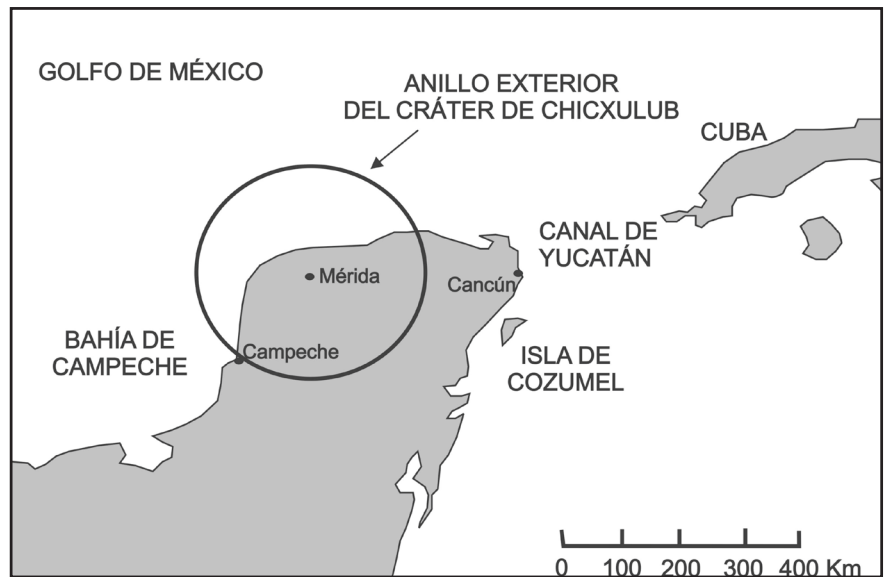


Fig. 1. Mapa de localización del del impacto de Chicxulub en la Península de Yucatán (México).

diámetro (Dressler *et al.*, 2003). Un cráter de impacto de semejantes dimensiones debió haber sido producido por la colisión de un asteroide o un cometa de unos 10 kilómetros de diámetro, como resultado de la cual se liberó una cantidad de energía equivalente a 100 millones de megatonnes (6 millones de veces mayor que la explosión del monte Santa Helena, una magnitud nunca registrada por el hombre).

Sondeos petrolíferos y un programa especial de perforación para desentrañar las características del subsuelo (Ward *et al.*, 1995; Smit, 1999; Grajales-Nishimura *et al.*, 2001; Dressler *et al.*, 2003) detectaron la presencia de depósitos absolutamente anómalos, llamados impactitas, a los que se interpreta como el producto de la colisión. Veamos qué nos dicen esos registros y cuál es su significado. La columna estratigráfica y los tipos litológicos identificados en el área de impacto se detallan en la figura 2. Cubiertas por unos 800 m de sedimentos marinos terciarios, se reconocen seis unidades rocas brechosas que suman unos 100 m de espesor y que están formadas esencialmente por fragmentos de sedimentos marinos constituidos

por carbonato de calcio y sulfato de calcio. La unidad brechosa inferior contiene también productos de fusión de carbonatos y de silicatos. Por debajo de esta sucesión se registran más de 500 m de megabloques de carbonatos y sulfatos de probada edad Cretácica entre las que aparecen niveles de brechas y diques de fusión por impacto.

Las brechas de impacto no sólo se encuentran en los alrededores del cráter, sino que han sido también acumuladas a considerable distancia de él. Por ejemplo King & Petruny (2001) han descrito depósitos brechosos entre 8 y 15 m de espesor a más de 300 km de Chicxulub, en el norte de Belice y en Quintana Roo (México).

Otro aporte sedimentológico para definir la existencia del impacto de Chicxulub lo constituye el estudio de depósitos marinos contemporáneos de regiones adyacentes del Golfo de México y de Cuba. En ellos se han identificado sedimentos acumulados a profundidades marinas entre 50 y más de 300 m que han sido generados por olas tectónicas gigantes (*tsunamis*) producidas como consecuencia del impacto (Smit & Roep, 1998). Se trata de

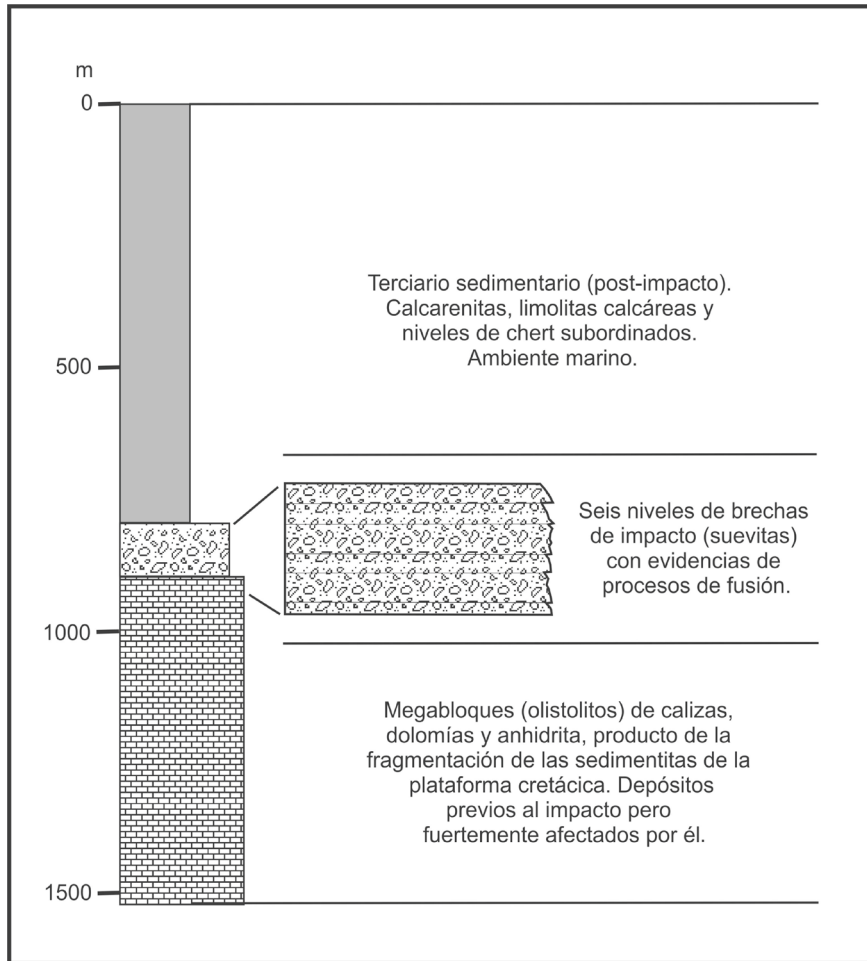


Fig. 2. Estratigrafía cretácico-terciaria del subsuelo de Yucatán en la zona de impacto (datos de Dressler et al., 2003).

conglomerados muy gruesos que incluyen eyectos (del propio impacto), capas de arenisca formadas por oleaje de alta velocidad y depósitos limo-arcillosos que representan la etapa final de decantación de materiales finos puestos en suspensión y que son los que registran la anomalía de iridio.

Los sucesos en el escenario del gran impacto

En cuanto a la reconstrucción del evento de Chicxulub, la información geológica y geofísica nos revela que durante el Cretácico tardío la región del norte de Yucatán y buena parte del Golfo de México era una plataforma marina somera y parcialmente restringida en la que tenía lugar la sedimentación de carbonatos

y de sulfatos de calcio. Como se ilustra en la figura 3 a raíz del impacto el asteroide penetró bastante profundamente en la corteza, produjo la fuerte dislocación de los depósitos cretácicos de la plataforma marina, la generación de bloques de esas sedimentitas y de otros materiales de la corteza terrestre, la fusión de parte de dicha corteza y la vaporización de grandes volúmenes de gas carbónico y sulfuroso. Concomitantemente, enorme cantidad de material sólido de distintas dimensiones (desde grandes bloques a partículas pulverulentas) como el fundido y los gases producidos por las altísimas temperaturas generadas en la fricción (desde agua y vapor de agua a anhídrido carbónico y anhídrido sulfuroso) fueron eyectados a decenas de kilómetros de distancia en contados

minutos. A la vez, el cráter inicial fue altamente inestable. El rápido colapso a lo largo de una serie de fracturas marginales produjo su expansión hasta alcanzar un diámetro de unos 180 km (Fig. 3). Entre tanto, las rocas que habían sido comprimidas por el impacto rebotaron elásticamente y generaron un domo resurgente con una cresta anular alrededor del centro del cráter (Fig. 3). Como el impacto se produjo en una plataforma de escasa profundidad, el agua de mar se volcó violentamente al interior de la depresión en cataratas de más de un km de altura, mientras que hacia las regiones periféricas al cráter, en forma centrífuga y concéntrica, se desarrollaron olas tectónicas altamente destructivas (*tsunamis*) que manifestaron su acción en las regiones costeras y continentales adyacentes, así como en el propio ambiente oceánico, incluso a muchos kilómetros de la zona de impacto y a varios centenares de metros de profundidad.

La particular composición de las rocas atravesadas por el asteroide (carbonatos de calcio y sulfatos de calcio) tuvo un efecto mucho más destructivo que si el impacto se hubiese producido en otro tipo de materiales, ya que se generaron y transfirieron a la atmósfera enormes volúmenes de anhídrido sulfuroso, monóxido de carbono y anhídrido carbónico (Schultz & D'Hondt, 1996). Es posible que las partículas sólidas que permanecieron en suspensión como polvo atmosférico hayan bloqueado la penetración de la luz solar por uno o dos años favoreciendo la caída de la temperatura global inhibiendo la fotosíntesis y la producción de alimentos. Paralelamente, el aerosol de gas sulfuroso pudo haber tenido un tiempo de residencia algo mayor en la atmósfera acentuando el descenso de las temperaturas globales. Poco más tarde, los gases de azufre y de

carbono atmosféricos debieron precipitar como una lluvia ácida, con el concomitante envenenamiento tanto de los ambientes terrestres como marinos. A la vez, el exceso de anhídrido carbónico que permanecía en la atmósfera revirtió la tendencia del descenso de la temperatura global, de modo que después de aquel corto lapso de enfriamiento se produjo un efecto invernadero con el consecuente calentamiento global de la superficie terrestre (Dressler *et al.*, 2003).

Conclusión

Los descubrimientos de los últimos tiempos han producido un cambio sustancial en nuestra visión de los cambios biológicos. Frases tales como “selección natural” y “supervivencia del más apto” deben ser reanalizadas a la luz de las novedades que nos provee la ciencia. Si los cambios en el mundo van ocurriendo en forma lenta y gradual se dispondrá de tiempo suficiente para que los organismos se adapten a las nuevas condiciones de los ambientes. Por el contrario, si los medios naturales globales se alteran drásticamente y rápidamente a causa de una catástrofe, se produce extinción en masa. En este proceso queda descartada la “selección natural” por “interacción biológica”. En una actitud crítica, y quizás algo peyorativa con respecto a la teoría de la evolución, Hsü *et al.* (1982) han señalado que bajo estas circunstancias “sobreviven los más afortunados”. Quizás sea mucho más apropiado interpretar que los organismos que han sobrevivido a estas catástrofes fueron sin dudas los “más aptos” para sobrellevarlas.

La articulación entre las investigaciones paleontológicas y geológicas ha permitido registrar los eventos de extinción en masa y su causalidad. En tal sentido,

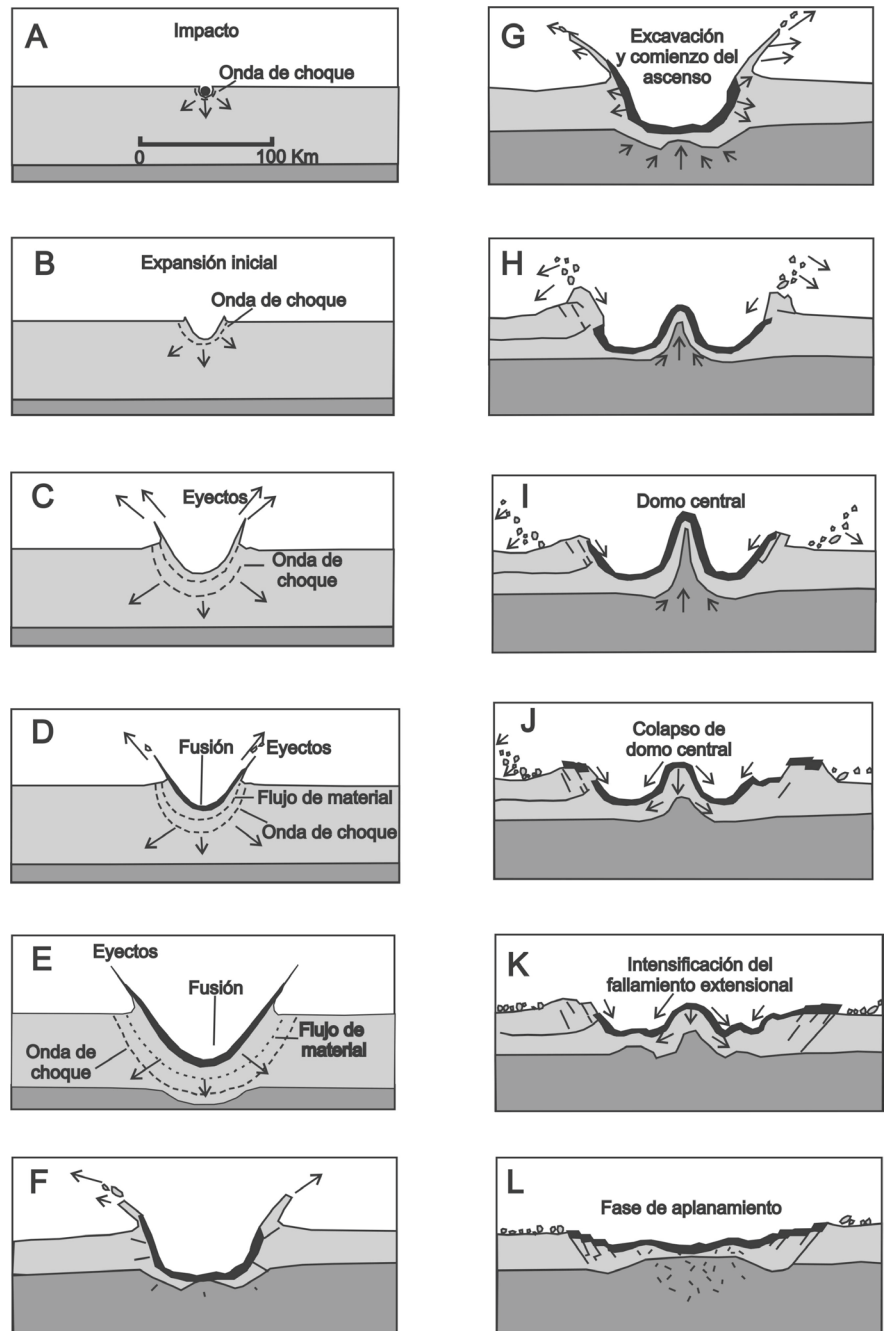


Fig. 3. Secuencia de eventos (A-L) acaecidos como consecuencia del impacto de Chicxulub (modificado de: www.lpl.arizona.edu/SIC/impact_cratering/Chicxulub/Discovering_crater.html).

la paleontología nos muestra los procesos de extinción a través de modificaciones bruscas en los registros faunísticos y florísticos. Por su parte, es la investigación geológica la que nos permite determinar las alteraciones globales, intensas y súbitas en los ambientes, así como intentar una interpretación de los fenómenos que las produjeron.

* Centro de Investigaciones Geológicas. Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) - CONICET

Bibliografía citada

- Álvarez, L.W., W. Álvarez, F. Asaro & H.V. Michel.** 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208: 1095-1118.
- Dressler, B.O., V.L. Sharpton, J. Morgan, R. Buffer, D. Moran, J. Smit, D. Stöfler & J. Urrutia.** 2003. Investigating a 65-Ma-old smoking gun: deep drilling of the Chicxulub impact structure. *Eos* 84: 125 & 130.
- Grajales-Nishimura, J.M., E. Cedillo-Pardo, G. Murillo-Muñetón, G. García-Hernández, I. Arenillas, J.A. Arz, C. Rosales Domínguez, D.J. Morán-Zenteno, P. Claeys & W. Álvarez, W.** 2001. El evento Chicxulub del límite K/T: su impacto en la sedimentación de la plataforma de Yucatán y sonda de Campeche, sureste de México. *Geología y Minería* 2001. 4º Congreso Cubano de Geología y Minería, CD Room. La Habana.
- Hillebrandt, A.R., G.T. Penfield, D.A. Kring, M. Pilkinton, A. Camargo, S.B. Jacobsen & W.V. Boynton.** 1991. Chicxulub crater: a possible Cretaceous/Tertiary boundary impact crater on the Yucatan Peninsula, Mexico. *Geology* 19: 867-871.
- Hooper, P.R.** 1999. Snowbird II: global catastrophes. Comment: meteorite impact, mass extinction and Deccan Volcanism. *Eos* 80: 764.
- Hsü, K.J. & J.D. McKenzie.** 1985. A "Strangelove" ocean in the earliest Tertiary. *American Geophysical Union, Geophysical Monograph* 32: 487-492.
- Hsü, K.J., Q. He, J.A. McKenzie y otros.** 1982. Environmental and evolutionary consequences of mass mortality. *Science* 216: 246-256.
- King, D.T. & L.W. Petruny.** 2001. Stratigraphy and sedimentology of Cretaceous-Tertiary boundary breccia deposits in Belize, Central America. *Geología y Minería* 2001. 4º Congreso Cubano de Geología y Minería, CD Room. La Habana.
- Schultz, P.H. & S. D'Hondt.** 1996. Cretaceous-Tertiary (Chicxulub) impact angle and its consequences. *Geology* 24: 963-967.
- Smit, J.** 1999. The global stratigraphy of the Cretaceous-Tertiary boundary impact ejecta. *Annual Review Earth and Planetary Science* 27: 75-113.
- Smit, J. & Th. B. Roep.** 1998. Tsunami deposits at the KT boundary in the Gulf of Mexico. In: 15th International Congress of Sedimentology. Alicante. Pp. 728-729.
- Spalletti, L.** 2004. Las extinciones biológicas y sus causas. *Evolucionismo versus Catastrofismo*. MUSEO (Fundación Museo de La Plata "Francisco P. Moreno") 3(18): 51-57.
- Ward, W.C., G. Keller, W. Stinnesbeck & T. Adatte.** 1995. Yucatán subsurface stratigraphy: implications and constraints for the Chicxulub impact. *Geology* 23: 873-876.

Compromiso y trayectoria avalan nuestra actividad



Delegaciones:

17 delegaciones optimizando de manera integral el accionar de la sede central, facilitando la tarea del notario.



Caja de Seguridad Social:

Organizando el régimen previsional para profesionales constituyendo un ejemplo en materia de seguridad social.



Fundación Editora Notarial:

Creada y sostenida por esta institución, con el objetivo de fomentar la producción escrita sobre temas jurídico-notariales.



Universidad Notarial:

Perfeccionamiento y excelencia del profesional notario.



Centro de Mediación:

Órgano dependiente del Colegio destinado a facilitar la comunicación entre las partes en litigio de manera rápida, económica y pacífica.



Sitio Web:

Portal de interés general destinado a agilizar los temas de incumbencia notarial. Con enlaces y permanentes actualizaciones



**Colegio de Escribanos
de la Provincia de Buenos Aires**

**Calle 13 N°770 (B1900TLG)
La Plata - Tel. (0221)412-1800
www.colescba.org.ar**