

LAS EXTINCCIONES BIOLÓGICAS Y SUS CAUSAS. EVOLUCIONISMO *VERSUS* CATASTROFISMO

LUIS A. SPALLETTI^(*)

Introducción

Era la época victoriana en la Inglaterra de mediados del siglo XIX. A nivel social la supervivencia implicaba fuerte competencia y aun la eliminación de los competidores. En el ámbito académico se había producido la introducción de nuevas ideas, superadoras de los dogmas religiosos. Ya habían sido difundidos los conceptos rectores de Hutton (1795) y Lyell (1830) sobre el uniformitarismo, mientras que comenzaban a vislumbrarse posturas críticas con respecto al catastrofismo, sostenido por Cuvier (1812) y sus seguidores Buckland (1823) y Agassiz (1840).

Es en ese contexto que Charles Darwin publicó una obra que trajo un profundo cambio en el pensamiento a lo largo de más de un siglo de desarrollo científico (Darwin, C.R., 1859. *On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life*. J. Murray, 513 pp. London). Los aspectos fundamentales de los principios volcados en este tratado fueron los siguientes:

- la superación del dogmatismo en el pensamiento científico,
- la fundamentación de las ideas y la formulación de una teoría científica sobre la base de la observación,
- la proposición de explicaciones sobre los cambios orgánicos de corto plazo (microevolución) y de largo plazo (macroevolución), y
- la valorización de los principios de variación, adaptación, selección natural y especialización como reglas fundamentales en la **evolución biológica**, es decir en la historia de la vida sobre la Tierra.

Las ideas de Darwin generaron en un principio no pocas polémicas, pero se divulgaron rápidamente y lograron ser aceptadas en muy diversos ámbitos, tanto del campo humanístico como científico. Entre los darwinistas científicos se cuenta un grupo de científicos que desarrolla sus trabajos sobre la evolución tomando como base la observación del registro geológico. Para ellos la evolución debe necesariamente comprender el análisis de los acontecimientos históricos

que surgen a la luz de la información que brindan las rocas y los fósiles. Las líneas de pensamiento sobre las que se relacionan la paleontología y los estudios sobre las rocas se sintetizan en el esquema de la figura 1.

Evolución y extinción

Según Darwin, y también sus seguidores más ortodoxos, la evolución o historia de la vida sobre la Tierra es el resultado de interacciones bióticas y de un proceso de progresiva adaptación. Por una parte se sostiene entonces que la evolución surge esencialmente de las relaciones entre los organismos. En este marco, la aparición y/o el mejoramiento de un organismo involucra la desaparición de otro u otros (*"A new species can only wedge in by shoving and old one aside"*), es decir que la selección natural está gobernada por las interacciones bióticas. Por otro, se supone que la adaptación prevaleció durante el curso de los cambios lentos y graduales experimentados en el medio natural. ¿Es posible que estos principios

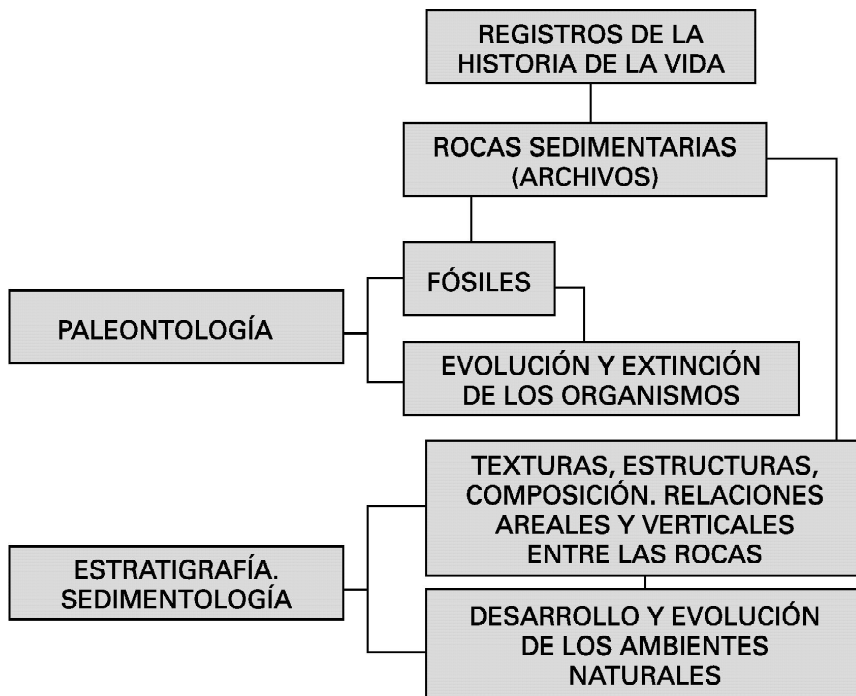


Fig. 1. Vinculación entre la paleontología y algunas disciplinas geológicas en los estudios sobre la historia de la vida.

puedan ser tomados como una regla y hayan operado uniformemente a lo largo de la historia de la vida?

En la búsqueda de la respuesta, y de alguna manera en contraposición con las ideas antes señaladas, aparece el estudio paleontológico de los fenómenos de **extinción biológica** (Fig. 2). Al respecto, está claramente demostrado que muchas de las extinciones no han tenido relación directa con la competencia

de otros organismos por ocupar los mismos espacios. Incluso algunos paleontólogos sostienen los puntos de vista de Kropotkin en el sentido de que las interacciones biológicas no conducen al exterminio, sino que propenden a la ayuda mutua entre los organismos, o sea a la coevolución.

Si asumimos que han sucedido fenómenos de extinción que no guardan relación con las interacciones bióticas, debemos pensar cuáles pudieron ser los

factores que los determinaron. Surge así la posibilidad de atribuirlos a una **causalidad física**, es decir que la sobrevivencia o la extinción dependen del éxito o el fracaso de los organismos en su adaptación a ambientes particulares. Entonces, si un conjunto de condiciones ambientales desaparecen, ello puede conducir también a la desaparición de determinados organismos.

Obviamente, en los estudios sobre las extinciones la paleontología cumple un rol esencial. ¿Lo tiene también la geología? La respuesta es positiva, ya que si las extinciones obedecen a la alteración en los ambientes en los que se desarrolla la vida (Fig. 2), ello implica cambios en las condiciones físicas y fisico-químicas que van a poder establecerse y ponderarse gracias a los estudios sedimentológicos, petrológicos y geoquímicos, todos ellos pertenecientes al campo de las ciencias geológicas.

Globalidad, intensidad y velocidad de los cambios ambientales. Los eventos geológicos

La selección natural y el éxito o el fracaso de determinados or-

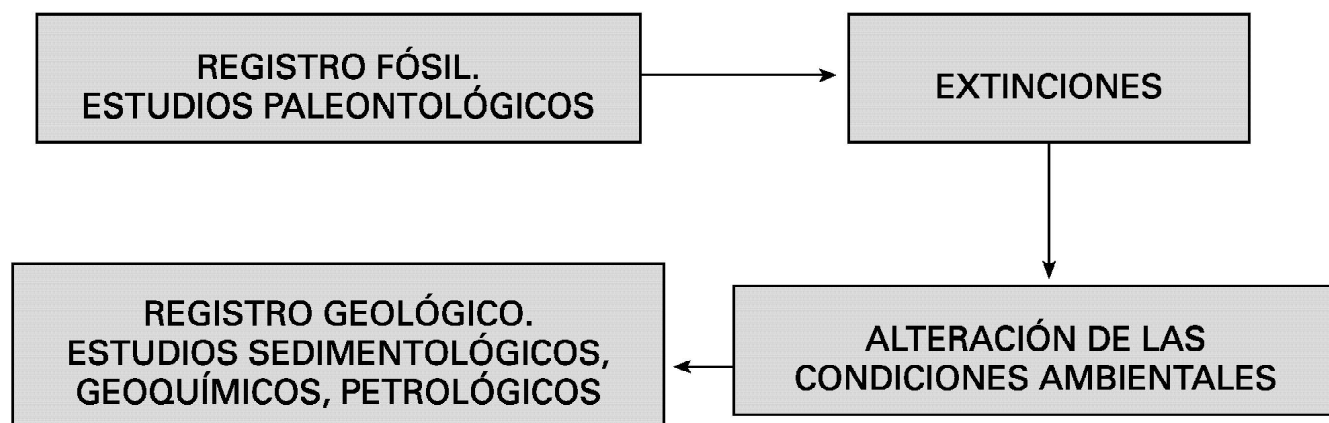
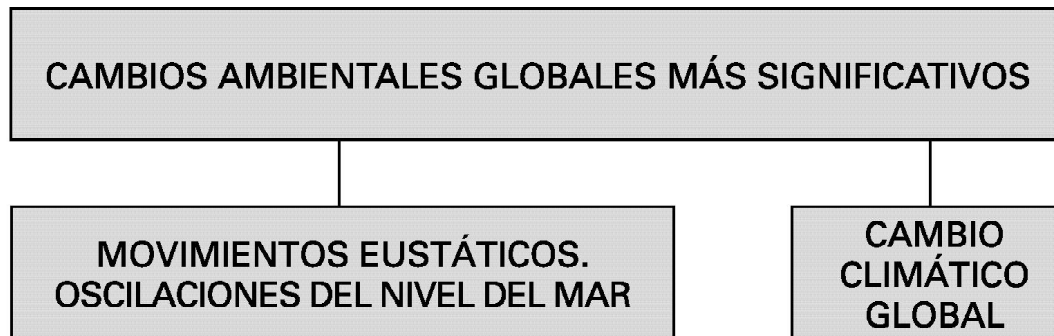


Fig. 2. Esbozo metodológico sobre los estudios de las extinciones biológicas y sus causas.

ganismos en su progresiva adaptación a los medios, puede sin dudas conducir a la desaparición de determinadas especies. Las posibilidades para que se produzcan **recambios biológicos significativos** se incrementan toda vez que las modificaciones en los ambientes sean **globales y de gran magnitud**, por lo que han de dejar

tores planetarios y extraplanetarios (Fig. 3). Estudios recientes sobre estratigrafía física han mostrado la existencia de oscilaciones cíclicas de diversas jerarquías en la posición del nivel del mar (variaciones eustáticas) controladas esencialmente por la tectónica y el clima. Las alteraciones climáticas son también cí-

varían entre 100 millones de años y 1 millón de años. En tanto, los cambios climáticos de magnitud, debidos a modificaciones en los movimientos de traslación y rotación de la Tierra (excentricidad de la órbita, y oblicuidad y precesión del eje) poseen menor escala, entre los 500.000 años y los 18.000 años.



FENÓMENOS DE GRAN ESCALA Y ALCANCE GLOBAL		
PERIODECIDAD	FACTORES GEODINÁMICOS	FACTORES PLANETARIOS Y EXTRAPLANETARIOS
CÍCLICOS	MOVIMIENTOS EUSTÁTICOS	CAMBIOS CLIMÁTICOS PRODUCIDOS POR MOVIMIENTOS DE LA TIERRA
EVENTUALES	PLUMAS ASTENOSFÉRICAS. VOLCANISMO	IMPACTO DE GRANDES CUERPOS CELESTES (COMETAS, ASTEROIDES)

Fig. 3. Cambios ambientales globales y sus causas.

su impronta en el registro geológico. Entre ellas se destacan las variaciones en la posición del nivel del mar y en las condiciones climáticas globales, que pueden atribuirse tanto a procesos geodinámicos (o de la mecánica interna de la Tierra) como a fac-

clicas, y es bien conocida la alternancia de períodos de calentamiento global (de efecto invernadero, *greenhouse*) con otros de enfriamiento global (efecto frío, *icehouse*). Los ciclos producidos por variaciones eustáticas tienen grandes magnitudes, ya que

Sobre la base de estudios paleontológicos se han comprobado fenómenos de extinción que afectaron global y simultáneamente a gran cantidad y variedad de especies. Estas **extinciones en masa** no se explican por mecanismos de interacción biológica

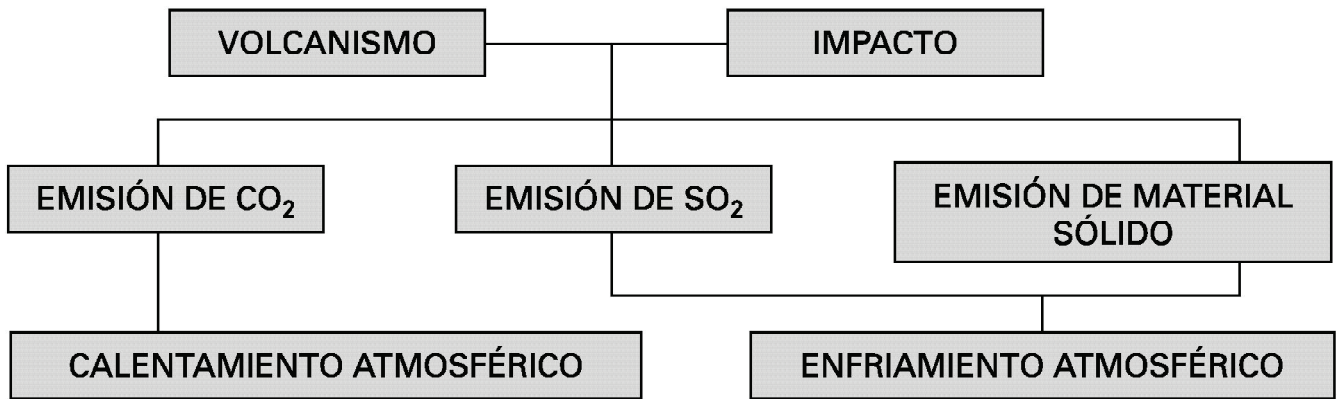


Fig. 4. Alteraciones climáticas producidas por eventos globales, súbitos y de gran magnitud.

y es muy difícil que se puedan atribuir a cambios eustáticos y climáticos periódicos como los mencionados más arriba. Entiéndase que cualquiera sea su rango de magnitud esos grandes ciclos son lo suficientemente extensos como para que los organismos puedan adaptarse a las nuevas condiciones ambientales.

Ahora bien, ¿cuál es el parámetro que se debería sumar a los factores de globalidad y de gran magnitud para que las alteraciones ambientales climáticas produzcan extinciones en masa? La respuesta es que **estas alteraciones deben ser lo suficientemente rápidas como para superar la velocidad de adaptación de las especies**. Por lo tanto, la desaparición simultánea y el ulterior recambio de gran cantidad de taxones se da en respuesta a cambios ambientales globales, de gran magnitud y veloces, esto es **deben ser súbitos, inesperados, eventuales** (Fig. 4). Es evidente que los cambios ambientales que cumplan con las condiciones de globalidad, gran magnitud y rápida velocidad, y que por ende conduzcan a las extinciones en masa, son excepcionales. De hecho, estas extinciones son fenómenos trascendentales en la

historia de la vida, pero muy poco comunes, aun en términos de tiempo geológico.

Como ha sido ampliamente divulgado, se supone que las alteraciones climáticas globales y de carácter eventual han ejercido una influencia fundamental en los procesos de extinción. En la figura 4 se muestra esquemáticamente la importancia de dos factores, uno geodinámico como el volcanismo y otro extraplanetario como el impacto de grandes meteoritos, en los procesos de calentamiento y enfriamiento atmosférico.

El volcanismo y el cambio climático

La actividad volcánica produce importantes efectos sobre el clima, y cuando las erupciones son de gran magnitud las alteraciones climáticas pueden tener carácter global. Los principales efectos del volcanismo sobre el clima se deben al decrecimiento de la temperatura atmosférica por emisión de anhídrido sulfuroso (SO_2) en forma gaseosa y la de muy finas partículas sólidas que ascienden a la estratosfera en las columnas erup-tivas y son desplazadas por los vientos de altu-

ra. La velocidad de decantación de estos polvos volcánicos es tan baja que antes de depositarse pueden viajar por miles de kilómetros y permanecer en suspensión durante largos períodos (incluso varios años). Una sola de las grandes erupciones volcánicas (co-mo las del Krakatoa en 1883, la del Katmai en 1912, la de El Chichón en 1982 y la del Pinatubo en 1991) provoca caídas en la temperatura global del orden de $0,5^0$.

Descensos de temperatura de esta magnitud parecerían despreciables en orden a relacionar el volcanismo con las extinciones. Sin embargo, está probado que en circunstancias especiales los efectos asociados al volcanismo pueden incrementarse notablemente. Por ejemplo, existen ciertos puntos de la corteza terrestre en los que se produce fuerte aumento de temperatura por ascenso de calor procedente del manto. Dichos puntos se conocen como "plumas astenosféricas" o "plumas calientes" (*hot spots*) y tienen gran importancia en sentido geodinámico, pues además de los fenómenos volcánicos producen expansión cortical (en las llamadas dorsales o cordilleras oceánicas) e indu-

mitaristas, que posteriormente dieron lugar al gradualismo y al evolucionismo, se desarrolló en Europa otra línea de pensamiento conocida como catastrofismo. El catastrofismo es una teoría científica que sostiene que la mayoría de los rasgos de la Tierra son producidos por eventos globales, violentos y de corta duración.

Sin embargo, durante un siglo y medio el pensamiento científico estuvo dominado por el triunfo de los puntos de vista gradualistas-uniformitaristas y evolucionistas (desarrollados por James Hutton, Charles Lyell y Charles Darwin) sobre la alternativa catastrofista (Georges Cuvier, Léonce Élie de Beaumont). Eran tiempos en los que se consideraba que el catastrofismo y la evolución brindaban

explicaciones mutuamente excluyentes para comprender los cambios en el registro fósil. ¿Cuáles fueron las razones para que se produjese esta dicotomía en el pensamiento científico? ¿Cuáles fueron los motivos para que se dejaran prácticamente de lado las ideas catastrofistas? La respuesta es relativamente sencilla: a la vez que se proponían el gradualismo y uniformitarismo para explicar los fenómenos naturales, se propagó en forma distorsiva y simplista el concepto de que los catastrofistas elaboraban sus principios sobre ideas preconcebidas antes que como resultado de información fidedigna, que ponían al dogma por encima de la ciencia observacional. Incluso, muchos evolucionistas sostuvieron que los catastrofistas relacionaban los eventos que sustentaban sus ideas con meca-

nismos sobrenaturales (*cf.* Stanley, 1987), y que existía una muy estrecha asociación entre el pensamiento catastrofista y el dogma religioso (Dawkins, 1986).

El pensamiento catastrofista fundado en investigaciones científicas fue desarrollado por Georges Cuvier con posterioridad a la Revolución Francesa. Cuvier fue uno de los grandes científicos de su tiempo, ya que siempre evitó toda especulación científica que no estuviese sostenida con hechos. En su estudio sobre la cuenca de París, publicado en 1812, interpretó que los cambios en el registro sedimentario se debieron a oscilaciones del nivel del mar, lo que trajo como resultado la desaparición del conjunto de los animales y plantas, y su ulterior reemplazo por nuevas comunidades. Cuvier sustentó sus ideas en observacio-



Colegio de Abogados de la Provincia de Buenos Aires

Sepamos interpretar el MENSAJE

La historia de nuestra institución se encuentra jalonada por distintos avatares que siempre pusieron a prueba las virtudes legadas por quienes se convirtieron, con el correr del tiempo, en verdaderos próceres de la colegiación.

Muchas han sido las figuras que protagonizaron los prolegómenos de esto que hoy nos enorgullece.

Sin que implique ninguna omisión, ni mucho menos, rescatamos los nombres de César Argentino Bustos, Enrique V. Galli y Amílcar Mercader. Ese tríptico resumió un pensamiento y una acción que todavía nos ilumina y nos marca un rumbo indeleble.

El primero, numen inspirador de lo que es la ley 5177, redactó hace nada menos que 62 años el primer proyecto orgánico del instrumento normativo que nos rige; el segundo, bajo la investidura de un insigne jurista, fue firme impulsor inicial de las instituciones nacidas bajo aquella tutela; y el tercero se proyectó desde la cátedra y la lucidez de su ideal hacia la consolidación del asentamiento jurídico de la Colegiación.

Ellos dejaron un claro mensaje que debemos comprender a cada paso. Un mensaje gregario, pleno de nobles vivencias, ávido de futuro, sereno y a la vez exultante, sin apartarse del camino trazado desde su mismísimo origen. Un mensaje de vida, de dinamismo y de ilusión, la misma que, mucho tiempo después, ya en el escenario de las nuevas generaciones, se esbozó en la inefable sonrisa de Mario F. Monacelli Erquiaga, otro creador inolvidable que tuvo la misma presencia y el mismo espíritu que aquellos ilustres precursores.

Sepamos, pues, interpretar ese mensaje en todo momento, para que se convierta en faro orientador de renovados impulsos y no se limite solamente a la mera recordación histórica, sino que nos acompañe en cada acto profesional, haciendo que nuestra conciencia se considere siempre libre de objeciones éticas, sublimizando el objetivo final que constituye nuestra propia razón de ser.

Calle 14 N° 747, esq. 47 • 1900 La Plata • Tel./Fax: (0221) 423-1530 / 423-0619

e-mail: colproba@netverk.com.ar

nes y datos sobre las sucesiones de rocas y el registro fósil, nunca sobre suposiciones sin sustento ni apelaciones a la intervención divina (Palmer, 1996).

Muchos años de posiciones extremas y hasta encontradas han dominado el pensamiento científico en las ciencias naturales. Hoy, después de las abrumadoras evidencias sobre las extinciones biológicas en masa y la causalidad súbita, violenta y global en los cambios ambientales, nos encontramos en un punto en el que las ideas catastrofistas han renacido. Está claro que los eventos destructivos de carácter global han tenido un importante rol en el curso de la historia de la vida sobre la Tierra. Sin embargo, asumir al catastrofismo como la única alternativa para explicar los cambios biológicos y dejar de lado la extraordinaria teoría sobre la evolución sería tan anticientífico como lo fue la condena del catastrofismo por los evolucionistas del siglo XIX y del siglo XX.

Así, es muy posible que a lo largo de considerables períodos en los que los organismos pudieron superar o adaptarse a los cambios ambientales, la selección natural haya regido su evolución y actuado como un factor de estabilización. En cambio, cuando muchos nichos ecológicos se encontraron vacantes como resultado de las extinciones en masa, apareció la posibilidad de radiación de otras especies que en el curso gradual de los cambios ambientales jamás hubieran podido superar, por mera competencia, a las especies que les antecedieron. Palmer (1996) ha indicado: “No existen evidencias evolucionistas por las que se pueda afirmar que los dinosaurios ‘pri-

mitivos’ hayan dado lugar a los mamíferos ‘avanzados’. Parece muy poco probable que los pequeños mamíferos pilosos que vivían durante el Cretácico pudiesen desplazar a los dinosaurios si éstos no hubieran desaparecido a causa de drásticos cambios ambientales. Los mamíferos cretácicos debieron de sobrevivir al cataclismo simplemente porque eran pequeños y pilosos, luego de lo cual pudieron diversificarse sin tener que enfrentar una seria competencia. Se abrió así el camino para que pudieran dar lugar al *Homo sapiens*, nuestra propia especie”.

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

Bibliografía citada

- Agassiz, L.** 1840. Etudes sur les glaciers. Jent & Gasmann, Neuchatel, 347 pp.
- Álvarez, L. W., W. Álvarez, F. Asaro & H.V. Michel.** 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science* 208: 1095-1118.
- Axelrod, D.** 1981. Role of volcanism on climate and evolution. Geological Society of America, Special Paper 185: 59 pp.
- Brett, R.** 1992. The Cretaceous-Tertiary extinction: a lethal mechanism involving anhydrite target rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 56: 3603-3606.
- Buckland, W.** 1823. Reliquiae diluvianae. John Murray, London, 304 pp.
- Cuvier, L.C.F.D.G.** 1812. Recherches sur les ossements fossiles, discours préliminaire, v. 11, Paris, 116 pp.
- Darwin, C.** 1859. On the Origin of Species by means of Natural Selection on the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life. John Murray, London, 513 pp.
- Dawkins, R.** 1986. The Blind Watchmaker, Longman, London, 241 pp.
- Hooper, P.R.** 1999. Snowbird II: global catastrophes. Comment: meteorite impact, mass extinction and Deccan Volcanism. *Eos* 80: 764.
- Hutton, J.** 1795. Theory of the earth, with proofs and illustrations. 2 Vol., W. Creech, Edinburgh.
- Lyell, C.** 1830. Principles of Geology, Volume 1, John Murray, London, 123 pp.
- Palmer, T.** 1996. The fall and rise of catastrophism. Nottingham Trent University, Professorial Lecture 25-4-1996, 17 pp.
- Pope, K.O., K.H. Baines, A.C. Ocampo & B.A. Ivanov.** 1994. Impact winter and the Cretaceous/Tertiary extinctions: results of a Chicxulub asteroid impact model. *Earth and Planetary Science Letters* 128: 719-725.
- Rampino, M.R. & R.B. Stothers.** 1988. Flood basalt volcanism during the past 250 million years. *Science* 241: 663.
- Sirgudsson, H., S. D'Hondt, M.A. Arthur, T.J. Bralower, J.C. Zachos, M. van Fossen & J.E.T. Channell.** 1991. Glass from the Cretaceous-Tertiary boundary in Haiti. *Nature* 349: 482-487.
- Stanley, S.M.** 1987. Extinction. Scientific American Books, New York.
- Surlyk, F.** 1989. Cretaceous - Tertiary (marine). En: Briggs, D.E.C. & Crowther, P.R. (Eds.) Palaeobiology. A Synthesis. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 198-203.