

La elegante y recortada sigmoide: registro de la historia de la vida en la Tierra

Richard A. Fariña

Sección Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República

Iguá 4225, 11400 Montevideo, Uruguay

Correo electrónico: fari~a@fcien.edu.uy

*Les idées une fois jetées dans les esprits sont comme les semences, dont le produit dépend des lois de la nature, et non de la volonté de ceux qui les ont répandues.*¹

Georges Cuvier²

Nos adentraremos en el tiempo profundo, el tiempo de la Paleontología, los inconcebibles millones de años a lo largo de los cuales sucede hasta lo extremadamente improbable. Para comprender la diversidad presente (ver Capítulo 8) recorreremos las evidencias sobre el principio del planeta, el origen o los orígenes de la vida, los fósiles que nos indican la aparición de las formas de vida que se conocen hoy en día, la existencia de las que ya no están y las extinciones que jalonan esa diversidad en el pasado. Intentaremos descifrar qué mensaje tiene para un biólogo y para un ciudadano el estudio de la vida antigua y las variaciones de su diversidad.

El principio de la Tierra, el origen de la vida

La humanidad parece haber estado interesada en este tema desde siempre o, al menos, desde que hay testimonio escrito de su curiosidad, inventiva y otras andanzas intelectuales. Rompiendo el largo monopolio metafísico de las religiones, la ciencia comenzó a expresarse sobre el particular hace relativamente poco tiempo. Estas ideas, así como todas las demás de que trata este capítulo, siguieron su propio curso, como quería el Barón Cuvier. Véase por ejemplo la descripción que se da en el Capítulo 1, comenzando con el experimento del biólogo norteamericano Stanley Miller³ en la década

¹ Las ideas, una vez lanzadas en los espíritus, son como las semillas, cuyo producto depende de las leyes de la naturaleza y no de la voluntad de quienes las hayan sembrado (traducción del autor).

² Georges Cuvier (1769-1832). Francia. Naturalista y zoólogo. Destacado por sus aportes en anatomía comparada y considerado el fundador de la paleontología de vertebrados.

³ Stanley Miller (1930-2007). EUA. Químico. Primera síntesis abiótica de compuestos orgánicos. Biología experimental sobre el origen de la vida.

del '50 del siglo XX, inspirado en la teoría de la “sopa primordial” del científico ruso Alexander Ivanovich Oparin⁴.

Existe una gran variedad de modelos, anteriores y posteriores a este experimento: algunos postulan que los genes estaban antes, otros proponen que procesos que semejan el metabolismo tuvieron lugar primero, otros aun que todo se inició en el agua de la sopa primordial o en aisladas burbujas, en las bíblicas arcillas, en la profundidad de la cálida litósfera o incluso fuera de la Tierra (ver Capítulo 1).

Pero veamos cuáles son las evidencias que nos da el tiempo profundo. ¿Qué aportan la Geología y de la Paleontología a este clásico cuestionamiento humano? De acuerdo a las propuestas de los astrónomos, la Tierra se formó hace más de 4.500 millones de años cuando el sistema solar era una nube rotatoria de gas, sobre todo helio e hidrógeno, y polvo, quizá consolidados en pequeños elementos llamados planetesimales. Debido posiblemente a la explosión de una supernova cercana, la nube comenzó a girar más rápido y cobró la forma de un disco, en el que los protoplanetas y un centro mucho más caliente comenzaron a formarse. Ese centro, el futuro Sol, emitía un viento solar que barrió con la materia no consolidada en los protoplanetas. Apenas algunas decenas de millones años más tarde se propone que se formó la Luna, por causa de un impacto de un objeto del tamaño de Marte con la Tierra. Este cuerpo hipotético fue llamado Theia, por el nombre de la mitológica madre de Selene, la Luna, entre los antiguos griegos. El mismo impacto puede haber provocado que la Tierra tenga su eje de rotación inclinado (y las consecuentes estaciones del año) y no perpendicular al plano de su órbita. También pudo haber acelerado la rotación, causando la tectónica de placas de tanta importancia en la historia de la Tierra en general y de la vida en particular. Y, además, la Luna es justamente la que estabiliza el eje terrestre, proporcionando las condiciones apropiadas para la vida.

El mismo proceso formó los restantes planetas de nuestro sistema solar. Cada planeta está aislado en el espacio y la distancia entre ellos aumenta a medida que nos alejamos del Sol. Todos ellos rotan en el mismo sentido del Sol, en órbitas casi circulares y casi coplanares. Aquel viento solar provocó que los planetas interiores quedasen libres de los gases más livianos, lo que permite diferenciarlos: los que están más cercanos al Sol, Mercurio, Venus, Tierra y Marte, reciben el nombre de planetas terrestres por ser esencialmente sólidos, con un alto contenido en silicio, oxígeno, hierro y magnesio. Los planetas más lejanos, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno (pero no Plutón, recientemente degradado a planetoides), reciben el nombre

⁴ Alexander Ivanovich Oparin (1894-1980). Rusia. Autor de “El origen de la vida sobre la tierra

de jovianos y se componen de más de un 60% de gases, fundamentalmente hidrógeno y helio, rodeando a un núcleo sólido muy pequeño.

Aquella Tierra difería bastante de la que hoy se conoce. En aquel tiempo, a principios del eón Hádico (o Hadeano, como también se le llama), no había océanos y su atmósfera original, como ya se dijo, se había volado. De hecho, la corteza parece haber estado completamente fundida, como consecuencia de su propio calor, y del tremendo bombardeo de objetos remanentes de aquel sistema solar todavía en formación. Aunque las evidencias de estas inimaginables catástrofes fueron borradas en nuestro planeta, se puede inferir que este impacto fue muy intenso debido a la maltrecha apariencia de la superficie lunar, que conserva las marcas al carecer de la atmósfera recicladora y de actividad en su corteza. Si hubo vida en aquel momento sería la más antigua sobre la Tierra pero, de haber existido, pasó sin dejar registro alguno.

Sin embargo, abrumados ante la capacidad destructiva de los impactos, no debemos olvidar que no todos ellos fueron dañinos. El agua del planeta, casi inexistente al principio, y también su atmósfera secundaria, aparecieron como consecuencia del descomunal vulcanismo primitivo, que liberó los elementos correspondientes a partir de los minerales, pero sobre todo porque fueron traídos por los cometas que chocaron contra la Tierra primitiva.

Cuando la Tierra se enfrió lo suficiente, hace 3.800 millones de años, aparecieron océanos y una atmósfera de amoníaco, metano, vapor de agua, dióxido de carbono y nitrógeno. Al carecer de oxígeno, no se formaba el protector ozono y la radiación ultravioleta llegaba hasta la superficie sin obstáculos. En ese contexto, y tal vez como la imaginaron Oparin y Miller, surgió la vida, quizá no por primera vez, pero en esta oportunidad para quedarse.

Las rocas más antiguas

Debido a aquel bombardeo, y a la consecuente y repetida fundición de la corteza primitiva, quedan escasísimas evidencias de las primeras rocas. Las más antiguas que se conservan están en el norte de Canadá con 4.000 millones de años, en un conjunto llamado Provincia Slave, milagrosas sobrevivientes de los fenómenos recién descritos. Por lo tanto, no hay evidencia de los primeros 500 millones de años de la historia de la Tierra, o sea, casi la misma extensión temporal de todo el Fanerozoico (Tabla 1).

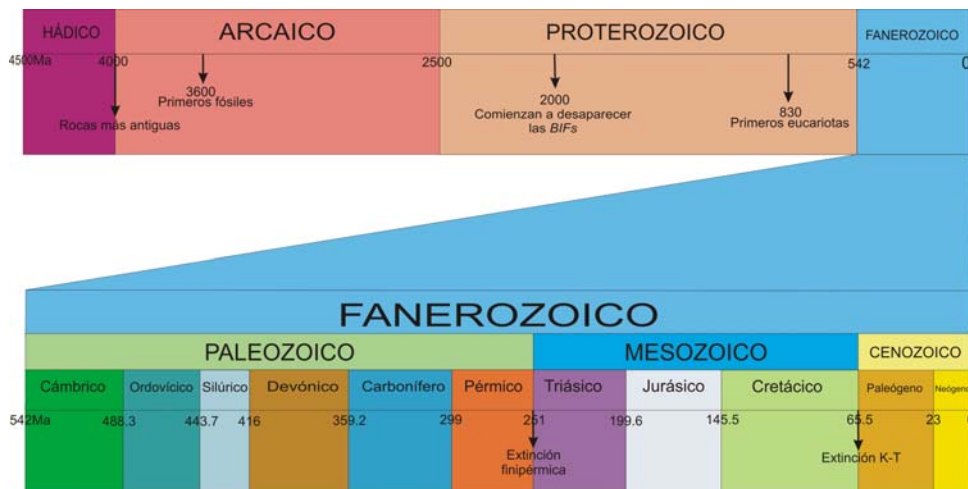


Tabla 1. Tabla del tiempo geológico, modificada de diversas fuentes.

La evolución de los primeros 5/6: la cuestión del oxígeno

Hoy es casi inconcebible la vida sin oxígeno, pues la mayoría de los seres vivientes tiene metabolismo aeróbico. Por el contrario, la atmósfera original carecía de este elemento, que más bien era (y, en realidad, todavía es) un poderoso veneno, un biocida absoluto. Cómo se transformó este veneno en una sustancia de la cual la vida depende tanto, es la más apasionante historia que encierran los primeros miles de millones de años de la historia de la Tierra.

Las evidencias indican que, desde hace 3.500 millones de años, el oxígeno ha ido aumentando progresivamente hasta los niveles actuales. Ya en el Fanerozoico la composición de la atmósfera era bastante similar a la actual. Entonces, ¿de dónde sale ese oxígeno? La llamativa respuesta a esa pregunta es que es de origen biótico. Como se describe en el Capítulo 9 de este libro, las cianobacterias, primeros organismos fotosintéticos y responsables de la producción de oxígeno, fueron por ello atroces contaminantes, pues contribuyeron a eliminar a todos los seres que no se adaptaron a la nueva atmósfera.

Progresivamente, ese oxígeno se incorporó en disolución al agua marina y fue transformando los iones ferrosos en férricos. Es decir, en aquel entonces, a medida que ese oxígeno se expandía por los océanos, el hierro presente se oxidaba, hasta la situación actual: hoy en día el océano es muy pobre en hierro. Estas variaciones quedaron registradas en las formaciones de hierro bandeado (BIFs, por su sigla en inglés), en las que el hierro disuelto en el océano se precipitaba, ya sea de colores rojizos en su forma

más oxidada, el ión férrico, o azul en su forma más reducida, el ión ferroso. Esta variación en los colores de aquellas formaciones rocosas sugiere una causa en los ciclos poblacionales de las cianobacterias.

Estas formaciones eran comunes en los océanos hasta que, hace 2.000 millones de años, las BIFs comenzaron a desaparecer y fueron sustituidas por las rocas rojas, depósitos completamente oxidados por acción del alto tenor del oxígeno atmosférico. Una vez que el hierro disuelto en los océanos se precipitó en su totalidad, el fenómeno llegó a su fin.

Los primeros fósiles y la explosión de la vida

Las primeras estructuras encontradas en el registro fósil atribuibles a la actividad orgánica están datadas en 3.600 millones de años y se las conoce como estromatolitos. Auténticos fósiles vivientes, ya que se encuentran aún en la actualidad, se trata de un producto de la acción de colonias de cianobacterias que van atrapando en su mucílago partículas en suspensión.

El paso siguiente es la aparición de los eucariotas, pero la evidencia es elusiva, ya que el núcleo no se fosiliza. Los primeros organismos considerados como tales, debido a la ornamentación más compleja de la cubierta externa, se encuentran en la localidad de Bitter Springs, Australia, y datan de unos 830 millones de años.

Ediacara: Una ventana improbable a los primeros metazoarios

En raras ocasiones, los organismos que no tienen partes duras fosilizables hacen su aparición en el registro fósil. Cuando el acúmulo de estas formas es suficiente se le llama *Fossilagerstätte* (plural *Fossilagerstätten*, término derivado de la jerga minera en alemán, que denota la parte más rica de un yacimiento), como es el caso de la llamada fauna de Ediacara.

Se trata del conjunto más antiguo de **metazoarios**, es decir, de organismos multicelulares (aunque no falta quien los clasifique en un reino propio) hallado en rocas de fines del Proterozoico en Australia, entre otros lugares. Aunque carecían de estructuras duras fueron conservados por sus partes blandas, clasificados en **Phyla** hasta entonces desconocidos y con características muy particulares: algunos tienen forma de disco, otros de bolsas rellenas de sedimento, otros aun de acolchados.

La explosión cámbrica y la diversidad fanerozoica

A pesar de la inusual belleza de los fósiles conservados en Ediacara, es necesario destacar que la posibilidad de fosilización de un organismo y, por lo tanto, nuestro acceso a su existencia depende de la presencia de partes duras. Los organismos se sirven de estas estructuras para su protección y el paleontólogo lo celebra, pues le permite recuperar información de la vida antigua en ellas, que se conservan más fácilmente. La “Estaca Dorada” (*Golden Spike*) es el término creado por Darwin para referir el momento en que los organismos comenzaron a dejar abundantes fósiles, debido justamente a la aparición de exoesqueletos en muchos grupos diferentes.

La fauna más antigua, compuesta por pequeños organismos con exoesqueleto, se encuentra en el piso Tomotiense, llamado así por la localidad siberiana en la que fue descrita originalmente y se denomina *Small Shelly Fauna*. Esta fauna marca el comienzo del período Cámbrico, hace 542 millones de años, y anticipa la gran diversidad biótica del Fanerozoico.

Las causas de esta explosión de la diversidad son variadas. Andando el Cámbrico, la presencia de otras ventanas a la vida de organismos compuestos exclusivamente por partes blandas, nos permiten apreciar cuán variada era la vida más allá de lo mucho que nos indican los esqueletos. Una de ellas, presente en rocas del Cámbrico medio, originalmente de Canadá, pero después encontrada también en muchos otros lugares es la llamada fauna de Burgess Shale. Conocida desde principios del siglo XX, los organismos que la componen fueron reinterpretados en los '80 y '90 como ejemplos de grupos completamente desaparecidos. Recientemente, nuevos hallazgos cámbricos aumentaron nuestro conocimiento y nuestro asombro, con las espectaculares faunas de Chengjiang en China y Sirius Passet en Groenlandia.

Las faunas evolutivas marinas

El entendimiento humano, en su afán clasificatorio, intentó poner orden en el caos de este estallido. Así fue como el gran paleontólogo J. John Sepkoski Jr.⁵ sembró, como decía Cuvier, una idea que tuvo un gran desarrollo. Para ello, organizó estas variaciones y las agrupó en tres conjuntos llamados faunas evolutivas (Cámbrica, Paleozoica y Moderna),

⁵ J. John Sepkoski Jr. (1948 –1999). EUA. Paleontólogo. Aplicando modelos matemáticos a los datos del registro fósil, llegó a las importantísimas conclusiones en que se basa este capítulo.

basadas en los fósiles marinos, los cuales constituyen una parte muy importante de la materia prima paleontológica (pero ver Capítulo 11).

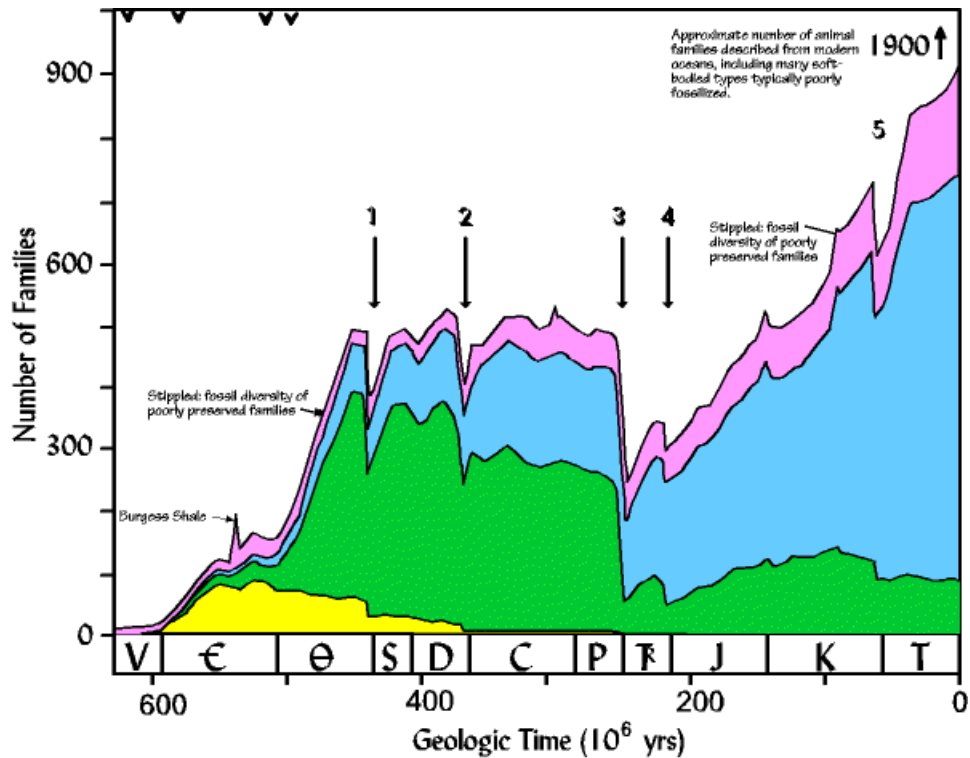


Figura 1. Gráfica que representa la biodiversidad marina a lo largo del Fanerozoico. La fauna cámbrica se representa en amarillo, la paleozoica en verde y la moderna en celeste. En magenta se muestra el aporte de excepcionales hallazgos de faunas fósiles de partes blandas. Se trata de una leve modificación de la publicada originalmente por su autor, por lo cual se ve el comienzo del Cámbrico a casi 600 millones de años, en vez de 542, como se entiende hoy.

La Fig. 1 muestra que el cambio de la diversidad a lo largo del Fanerozoico adopta aproximadamente la forma de una **sigmoide**, elegante trazado geométrico troquelado por variaciones que ya veremos. Después de la explosión cámbrica, la biodiversidad aumentó abruptamente hasta alcanzar una prolongada meseta que abarca un par de centenas de millones de años. El fin de este equilibrio está marcado por la más grande de las extinciones masivas, la del final del Pérmico, que determina por eso mismo el final del Paleozoico y en la que desapareció el 95 % de las especies. Después de esta catástrofe, la diversidad aumentó progresivamente hasta llegar a los altos valores presentes. Otra información a destacar es, justamente, que la diversidad descrita en la Fig.1 se encuentra marcada por los sucesivos episodios de extinciones masivas ocurridas durante los últimos 500

millones de años, aunque no se puede descartar que, durante el precámbrico, haya habido eventos de esta índole o quizá incluso mayores.

La primera fauna evolutiva está compuesta por organismos de antigua estirpe y encuentra su auge durante el Cámbrico pero va decayendo paulatinamente a lo largo del Paleozoico (en amarillo en Fig. 1). Algunos representantes de esta fauna son los famosos **trilobites**, los **braquiópodos inarticulados** y los **moluscos monoplacóforos**. La fauna paleozoica tiene otro comportamiento (en verde en Fig. 1). Aunque se observa un gran incremento de su diversidad durante el Ordovícico, ésta decae levemente a lo largo del Paleozoico, y siente fuertemente la crisis al final del Pérmico, de la que nunca llega a recuperarse totalmente. Entre sus integrantes encontramos fundamentalmente a los **braquiópodos articulados**, los **moluscos cefalópodos** y las **estrellas de mar**. La fauna moderna (en celeste en Fig. 1), que no ha cesado de crecer, está integrada por organismos que son comunes hasta hoy en los mares. Entre ellos se incluyen los **moluscos bivalvos** y **gasterópodos**, los **escudos de mar**, los **crustáceos malacostráceos** y, entre los **vertebrados**, principalmente **peces óseos (osteíctios)** y **cartilagosos (condrictios)**. Se incluyen con color magenta (Fig. 1) hallazgos raros de faunas escasas y que, por lo tanto, no son fáciles de incluir en los tres grupos anteriores. Uno de los ejemplos más notables es, por supuesto, la fauna de Burgess Shale anteriormente mencionada, cuya presencia se advierte a mediados del Cámbrico como un prominente pico.

Extinciones

Según las acertadas palabras de David Raup⁶, “en una primera aproximación, todas las especies están extintas”. Sabido es el uso y abuso que se hace de las generalizaciones. Incluso en casos menos extremos, si una alta proporción de los casos manifiesta cierto comportamiento, suele tomarse este estado de cosas como el único posible. Esta verificación de los prejuicios o generalizaciones es de amplio uso en la vida cotidiana pero también en la ciencia. En este caso, la frase de efecto cumple apropiadamente su función, pues se calcula que el 99,9% de las especies que han vivido ya no existen.

Puede decirse, asimismo, que vale para esos conjuntos que llamamos especies, el mismo principio que rige para los organismos individualmente

⁶ David Raup (1933) EUA. Paleontólogo. Uno de los padres del enfoque que reconoce las extinciones masivas. Confiesa que su primera reacción frente a su hallazgo de la periodicidad fue: “*It can't be right!*”

considerados: aparecen, se desarrollan y desaparecen. Por decirlo en otras palabras, todas las especies están condenadas a extinguirse.

Sin embargo, conviene distinguir entre las extinciones que se producen permanentemente entre un intervalo de tiempo y el siguiente, a las que se le da el nombre de extinciones de fondo, y aquellos eventos más catastróficos, en los cuales la tasa de extinción es mucho mayor, las así denominadas extinciones masivas. El estudio de estos eventos revela que existe una periodicidad en la ocurrencia de estos fenómenos, estimada en 26 millones de años. Esta escala de tiempo es tan grande que se ha propuesto su asociación con variables astronómicas, por falta de posibles mecanismos biológicos o geológicos de período tan prolongado, aunque también se ha propuesto la influencia de causas terrestres, como el cambio en el nivel del mar, una explicación tradicional que no ha perdido vigencia. Dos grandes extinciones, la del final del Pérmico y la del final del Cretácico, coinciden con bruscos descensos del nivel de mar, mientras que la expansión de la biodiversidad en el Ordovícico está acompañada por un gran aumento.

Causas extraterrestres

Desde hace algún tiempo, las causas extraterrestres, es decir, el impacto de meteoritos, explican los fenómenos de extinciones masivas al punto de transformarse en el paradigma dominante. Esos cuerpos provienen de los suburbios espaciales. Los cometas que envuelven el sistema solar constituye la llamada Nube de Oort, de unos 280.000 UA⁷ de diámetro, que deja pequeño al sistema solar, de apenas 100 UA. Nuestra galaxia es de tipo espiral, con un núcleo densamente poblado rodeado por brazos. Cuando el Sol, que está en uno de brazos galácticos, gira en torno al centro va subiendo y bajando, lo que hace que atraviese los planos espirales cada 26 millones de años. Esta región del plano medio de los brazos espirales contiene gas, polvo y otras estrellas que pueden perturbar, con su gravedad, el delicado y dinámico equilibrio de los cuerpos que giran en torno al Sol, enviando algunos cometas hacia el interior.

Algunos recortes de la biodiversidad

⁷ Una unidad astronómica (UA) son 150 millones de kilómetros, lo que corresponde a la distancia entre la Tierra y el Sol. A las 5 UA, donde está la órbita de Júpiter, se forma el hielo de agua. Así, los cuerpos más cercanos van a ser fundamentalmente sólidos, mientras que las que están por fuera serán fundamentalmente helados. Por eso los asteroides, que están entre Marte y Júpiter, tienen una composición rocosa y los cometas, helada.

Aunque presumiblemente hayan existido catástrofes muy destructivas durante el precámbrico, la evidencia que aporta el registro fósil es insuficiente. Por esa razón, el estudio de estos fenómenos y de su periodicidad se basa en lo ocurrido en los últimos 542 millones de años, durante los cuales hay cinco eventos mayores de extinciones, que recortan la elegante sigmoide de la historia de la biodiversidad: la del final del Ordovícico, la de mediados del Devónico, la del final del Pérmico, la del final del Triásico y la del límite Cretácico-Terciario (o K-T).

Veamos dos de estos eventos, elegidos por la importancia que se les concede al marcar las divisiones entre las eras que componen el eón Fanerozoico y en orden cronológico inverso, porque la más reciente marcó el paradigma y la más antigua se sumó en los últimos años.

La glamorosa extinción K-T.

Aunque no es el más importante desde el punto de vista de la cantidad de especies que se extinguieron, sí merece atención porque los grupos involucrados son muy conspicuos y emblemáticos. Notablemente, este evento es el que marca el fin de los taquilleros dinosaurios y otros grandes vertebrados. Además, tiene la importancia histórica de ser el primer evento para el cual se propusieron evidencias de causas extraterrestres.

En el límite Cretácico-Terciario (por lo tanto, en el límite entre el Mesozoico y el Cenozoico, Tabla 1, Fig. 1) en Gubbio, norte de Italia, se encuentran las rocas que provocaron un gran cambio en la forma en que entendemos las extinciones. En una delgada capa de arcilla de esas rocas, la concentración de iridio, un metal escasísimo en la corteza terrestre, es inusualmente alta. Esta anómala concentración, 30 veces mayor que la esperada, fue encontrada por Luis Álvarez⁸ y sus colaboradores (entre los que se encontraba su hijo Walter), cuando buscaban una señal química para identificar las rocas del límite K-T en aquella localidad, pero también se la encontró en lugares como Dinamarca y Nueva Zelanda. Este metal debía provenir de las capas más profundas de la Tierra, como el manto, o de asteroides, como indicaba la composición isotópica del cromo encontrado. Para cubrir la tierra con una capa continua con esa concentración haría falta un asteroide de 10 km de diámetro. Si la velocidad del impacto fuera la normal para estos casos, unos 15 km por segundo, la energía cinética del impacto debe de haber sido descomunal, equivalente a 10^8 megatones de

⁸ Luis Alvarez (1911-1988) EEUU. Físico. Premio Nobel de Física en 1968. Contribuciones en un amplio espectro de temas que van desde el estudio de la física de las partículas elementales hasta la postulación de una teoría sobre la extinción de los dinosaurios (ver Capítulo 2)

TNT. Para tener una idea comparativa, la bomba atómica de Hiroshima liberó “apenas” 0,012 megatones. Los efectos inmediatos deben haber sido inconcebiblemente devastadores, con temperaturas en el área mayores que las de la superficie del Sol por algunos minutos. La bola de fuego de aire ardiente debe haber dado varias veces la vuelta al mundo, acompañada de radiación, vientos de cientos de kilómetros por hora y tsunamis colosales, además de provocar una caída de la luminosidad terrestre al 4 % de la normal. A más largo plazo, puede haber habido lluvia ácida, efecto invernadero, vulcanismo y muchos otros fenómenos. Sin embargo, estos cálculos fueron recibidos por la comunidad científica con gran escepticismo, debido a la falta de evidencia dura, es decir, por la ausencia de un cráter acorde, hasta que éste fue encontrado investigando el campo magnético en la costa de Yucatán, México.

Entre los grupos que se extinguieron en este evento se encuentran los reptiles dominantes en ese período, los dinosaurios, y muchos microfósiles marinos, así como los amonites y belemnites, vistosos cefalópodos con caparazón. Sin embargo, esto es válido para esos grupos de animales, pero no tanto para las plantas, como se discute en el Capítulo 11.

La gran crisis finipérmica.

Aunque los efectos del impacto K-T fueron devastadores no pueden compararse con los del final del Pérmico, que marcan el inicio del Triásico (P-Tr) y, por lo tanto, del Mesozoico (Tabla 1, Fig. 1). En esta crisis se extinguieron aproximadamente el 50% de las familias (267 de 526) y el 96% de las especies marinas, con una recuperación muy lenta a lo largo de entre 4 y 5 millones de años. Se evidencia un cambio brutal en el ambiente, de tal magnitud que no hay registros de carbón u oxígeno, como tampoco de arrecifes en el Triásico temprano. Debe considerarse la gran diferencia que se registra en las biotas antes y después del límite P-Tr: mientras que el Pérmico tardío es muy diverso, con faunas y floras endémicas de poca expansión territorial, el Triásico temprano es poco diverso pero con organismos cosmopolitas. Esta catastrófica extinción era explicada por grandes cambios en la biogeografía o por el vulcanismo, pero recientemente se encontró una evidencia que incorpora este evento al paradigma vigente. En efecto, en la Tierra de Wilkes, en la Antártida oriental, se observa un inesperado cambio en el campo magnético, tal como se había visto en Yucatán, pero mucho mayor, pues el área donde se registra el cambio es de 500 km de diámetro.

Extinción del Cuaternario – cuadro 1

Ésta es una extinción sin meteorito. De hecho, el factor catastrófico que se propone con más intensidad no es para nada extraterrestre, pues las causas propuestas para esta extinción han sido discutidas entre el cambio climático y el impacto humano. Esta última posibilidad debe ser explorada por su importancia ética: si tuvimos algo que ver en la extinción, entonces hay una lección que aprender, una palabra a ser escuchada de lo que la paleontología tiene para decir sobre la actividad humana. Veamos evidencias encontradas en territorio uruguayo.

Hasta hace diez mil años, es decir, un instante en términos geológicos, habitó en toda Sudamérica una fauna de mamíferos de tal diversidad, rareza y tamaño, que puede considerarse la más espectacular de todo el mundo y de todos los tiempos: proboscídeos, osos, tigres dientes de sable, llamas gigantes, carpinchos gigantes, caballos (milenios antes de que los conquistadores españoles los volvieran a introducir), son algunos de sus ejemplos. Pero también habitaban estas tierras peculiares criaturas emparentadas sólo lejanamente con animales modernos: perezosos terrestres y bípedos de varios metros de altura, animales completamente acorazados, relacionados con las mulitas pero del porte de un hipopótamo; los muy extraños macrauchenias y toxodontes.

Recientemente, un hallazgo de gran interés, en el Arroyo del Vizcaíno, cercano a la localidad de Sauce, Departamento de Canelones, colabora en dar una nueva visión de la presencia humana en América y la incidencia de nuestra especie en la extinción. Un gran número de restos, pertenecientes a varios individuos del perezoso gigante *Lestodon*, fueron colectados durante una gran sequía en el verano de 1997. Después, el nivel de las aguas subió a su cota habitual y el yacimiento quedó nuevamente inaccesible.

En el material hallado en esa localidad hay algunos huesos con marcas atribuibles a herramientas humanas, a juzgar por su morfología, orientación y asociación con inserciones musculares. Sin embargo, la principal fuente de sorpresa no es que los cazadores paleoindios hayan cazado o encontrado un megamamífero del que alimentarse, sino la antigüedad que arrojan los fechados de carbono 14: unos 29.000 años. Puesto que la mayoría de los fechados aceptados en toda América andan por los 12 o 13.000 años, este hallazgo es de gran importancia, pues vuelve más antigua la colonización humana de América y pone a nuestra especie en la escena de la extinción de los megamamíferos, cuya ausencia puede haber provocado una cascada en las especies menores y en los carnívoros.

En África, cuna de la humanidad, los elefantes y otros **megaherbívoros** coevolucionaron acompasadamente con los humanos y tuvieron tiempo de desarrollar comportamientos de fuga o de defensa activa, observables aún hoy, puesto que, tal vez no por casualidad, todavía existe algo de megafauna en aquel continente. En Europa y en Australia la extinción del Pleistoceno llega a más de un 40 % de los géneros mayores de 5 kg y a tres cuartos en América. De megafauna, sólo el recuerdo. Estos hechos están en perfecta concordancia con esta teoría, pero no se puede descartar que el impacto humano no haya sido más que el golpe de gracia para una fauna que venía en decadencia.

Sin embargo, se puede considerar que ese fenómeno de extinción todavía no terminó, pues en estos tiempos se producen extinciones a una tasa muy importante y, si el factor es el impacto humano, éste dista mucho de haber concluido su obra. Por esa razón, quienes investigan en las ciencias de la vida pueden cumplir un importante papel para encontrar el equilibrio entre el pujante éxito evolutivo humano y el cuidado de la biodiversidad presente.

Una cosa está clara, y esto es muy repetido en cualquier campo de la investigación científica: hace falta estudiar más, proponer más teorías, recabar más hechos, inventar otras explicaciones. Ésa es, ineludiblemente, la esencia del juego sin final de la ciencia.

.

Bibliografía de consulta

- Briggs D, Crowther P, eds. 1990. Palaeobiology: A Synthesis. Blackwell, Oxford.
- Cuvier G. 1805. Éloge historique de Priestley. Recueil des éloges historiques lus dans les séances publiques de l'Institut de France, volume 1. Librairie de Firmin Didot Frères, Fils et Cie, París.
- Fariña RA, Beri Á, Mourelle D. 2007. Curso de Paleontología. La persistencia de la memoria. Facultad de Ciencias, Montevideo.
- Fariña RA, Vizcaíno SF. 2009. Hace sólo diez mil años. 6ª edición. Fin de Siglo, Montevideo.
- Gould SJ. 1993. El libro de la vida. Crítica, Barcelona.
- Knoll A. 2004. La vida en un joven planeta. Librería Paidós, Barcelona.
- Raup DM. 1993. Extinction: bad genes or bad luck? Oxford University Press.
- Salgado-Labouriau ML. 2004. História Ecológica da Terra. Editora Edgard Blucher Ltda.
- Simpson GG. 1985. Fósiles e Historia de la Vida. Labor, Barcelona.

Glosario

Braquiópodos: Phylum de animales marinos, con más de 12.000 especies fósiles y apenas unas 300 actuales. Tienen dos valvas, una superior y una inferior. Tradicionalmente se dividen en dos clases: Inarticulata (como el género *Lingula*, de morfología muy constante por muchos millones de años, en la figura) y Articulata.

Megaherbívoro: Consumidor primario de masa mayor a una tonelada.

Metazoarios: Equivale al reino Animalia en sentido estricto, es decir, sin los protistas. Los animales son eucariotas, heterótrofos y pluricelulares.

Moluscos: Phylum de invertebrados, el más diverso después de los artrópodos. Se reconocen varios subgrupos, entre los cuales se destacan los monoplacóforos (considerado extintos hasta 1952), cefalópodos (pulpos, calamares y amonites), gasterópodos (caracoles y babosas) y bivalvos (mejillones, almejas y muchos otros).

Phylum (plural Phyla): Categoría taxonómica que está entre el Reino y la Clase, utilizada en los reinos Animal y Protistas. En Botánica (Reino Plantae), se usa el término División.

Sigmoide: Literalmente, con forma de “S”. Es la curva, que describe muy bien el crecimiento de una población biológica, entre otras entidades, también se aplica a la biodiversidad en su conjunto. Es generada por la función logística:

$$P(t) = a \frac{1 + me^{-t/\tau}}{1 + ne^{-t/\tau}}$$

Trilobites: Grupo de artrópodos marinos completamente extinto, que vivió del Cámbrico al Pérmico, con el cuerpo dividido en tres partes: cefalón, tórax y pigidio.