

LOS FÓSILES

Los fósiles son restos de seres vivos que han vivido en el pasado. comprender cómo se formaron implica tener un conocimiento básico de la Tierra, de su edad y de sus procesos geológicos.

La edad de nuestro planeta fue desentrañada a lo largo de varios siglos. John Lightfoot, en 1664, se sirvió de la Biblia para calcular la edad de la Tierra, y estableció la fecha de su comienzo el 17 de Septiembre del año 3928 a. C., a las nueve de la mañana.

James Ussher, arzobispo en Irlanda, publicó sus propios cálculos en 1650. Usando genealogías y personajes bíblicos, estimó que la Tierra comenzó a existir el 23 de Octubre del 4004 a. C.

El naturalista francés Jean-Baptiste Lamarck (1744 – 1829) se dio cuenta de que la Tierra era mucho más antigua de lo que la Biblia daba a entender, y propuso antes que Darwin que los animales y plantas habían pasado gradualmente de unas formas a otras.

El geólogo escocés James Hutton dedujo que muchas de las rocas de su país se habían formado unas a partir de otras, mediante procesos de cambios graduales. Entendió que las rocas que él observaba debieron haberse formado en tiempos pasados, desde luego mucho superiores a 6000 años, mediante procesos de erosión, sedimentación, transporte, consolidación, ..., y decidió no limitar la edad de la Tierra.

El geólogo inglés Charles Lyell, en 1830, publicó una versión de la teoría de Hutton, que llamó Principio de Uniformismo, en la cual proponía que nuestro planeta había sido modelado en el pasado por procesos que aún actúan en el presente. Esta propuesta llevó a un gran avance de la Geología y la Paleontología.

William Smith, del que ya se ha hablado más arriba, observó que tipos de roca similares contenían fósiles similares. Trazó tablas relativas a los fósiles e introdujo el concepto de fósil guía, que dan una idea de la edad del material en que se encuentran.

Estos métodos de datación de fósiles a partir del estrato en que se encuentran se conocen como métodos relativos.

A partir de aquí, la ciencia paleontológica comenzó a desarrollarse con métodos más precisos de datación, que proporcionaban una idea de las edades de rocas y fósiles mucho más fieles que la simple utilización de fósiles guía.

LA DATACIÓN ABSOLUTA

El americano Willard Frank Libby (Nobel en 1960), descubrió en 1947 que una pequeña parte del dióxido de carbono atmosférico es radiactivo. Por desintegración, estos átomos de carbono, correspondientes al isótopo C14, estos átomos se convierten en átomos normales, no radiactivos, correspondientes a otros isótopos..

Este dióxido de carbono es absorbido por las plantas, que lo incorporan así a sus moléculas orgánicas. De ellas, pasa al resto de los organismos de las cadenas tróficas. De este modo, todos los seres vivos presentan una proporción constante entre el C14 y el carbono no radiactivo.

Sin embargo, al morir, este "reloj geológico" se pone en marcha: los átomos de carbono radiactivo dejan de ser asimilados y los que quedan comienzan a desintegrarse. Al cabo de 5.730 años, habrán desaparecido la mitad de los átomos de C14 originales; al cabo de otros 5.730 años, otra mitad habrá desaparecido, de modo que sólo quedarán la cuarta parte de los originales; y así, sucesivamente. A este espacio de tiempo se le llama

período de semidesintegración o vida media.

Si un fósil sólo contiene la cuarta parte del C14 que le corresponde, su edad será 2×5.730 años, es decir, 11.460 años. Si sólo contiene 1/16 de la cantidad original, la edad será de 22.920 años. El carbono-14 se acaba transformando en nitrógeno-14.

El problema es que, cuando la radiactividad debida a este átomo es inferior al 1% de la original, el error en el cálculo de la edad es muy grande. Por esto, el método del carbono-14 es sólo válido para períodos inferiores a 70.000.

En realidad, esto no supone ningún problema, ya que se utilizan otros átomos radiactivos, siendo la base teórica la misma. Existen átomos con períodos de desintegración de 109 y 1010. Dentro de estos métodos, se utilizan el uranio-238 que se transmuta a plomo-206, para datar rocas, el potasio-40 que transmuta a argón-40 en unos 8.400 millones de años (por eso, es el más usado para datar fenómenos muy alejados en el tiempo, como los procesos de formación de rocas).

Con estos métodos, se ha calculado la edad de las rocas más antiguas conocidas de la Tierra, que es de casi 4.000 millones de años. Usando métodos radiactivos, se han atribuido a los meteoritos y a las más antiguas rocas lunares una edad de 4.600 millones de años, lo que nos puede dar una idea aproximada de la edad de nuestro planeta.

EL PROCESO DE MINERALIZACIÓN

Se dice que encontrar un fósil es como *encontrar un insecto aplastado en la página de un libro*. Se quiere decir que es un proceso poco común. La mayoría de las plantas y animales son devorados o se descomponen cuando mueren. Incluso las partes dura, como maderas, conchas, huesos, suelen romperse y sus productos son reciclados. Los factores ambientales también contribuyen a la destrucción de cualquier material biológico tras su muerte.

Los fósiles se encuentran en aquellas zonas con peores condiciones para la descomposición: ausencia de humedad, calor u oxigenación, o donde hay toxinas letales, presión o calor extremos.

Un lugar donde se pueden formar fósiles es el fondo marino. Allí, los restos de seres vivos son enterrados por sedimentos que los protegen de la descomposición. En tierra, la fosilización se suele dar cuando el organismo se entierra en arena seca y caliente o si los cuerpos van a parar a desembocaduras fluviales, lagos o lagunas, donde también serán recubiertos por sedimentos. Pueden, incluso, ser recubiertos por cenizas volcánicas o hundirse en pozos de alquitrán.

La permineralización. Tras el enterramiento, el sedimento que contiene los restos se hunde a medida que se acumulan los materiales sobre él. Lentamente se va consolidando y convirtiéndose en roca. Los restos más duros, como los dientes, pueden mantener su estado original durante cientos de miles de años, pero las partes menos resistentes cambian lentamente.

Los materiales orgánicos desaparecen y los espacios que dejan son llenados por minerales que precipitan del agua que se filtra en la roca. Este proceso es el que se llama permineralización, es decir, algunos minerales propios de organismo original son reemplazados por otros nuevos que estaban disueltos en el agua circulante. el antiguo organismo se convierte, literalmente, en una roca.

En otros casos, el agua filtrada puede disolver los huesos, dejando un molde fósil, o bien llenar el molde con minerales, formando un contramolde. En el primer caso, se conserva la forma externa del organismo original (*molde interno*); en el otro caso, cuando el molde se rellena, se obtiene lo que se llama *contramolde fósil petrificado*. El contramolde no presenta la estructura interna del organismo.

Muy raramente, un enterramiento puede preservar lo órganos internos, salvo que este sea muy rápido y con materiales muy finos. Se conocen impresiones de medusas varadas en la arena.

Las *huellas fósiles* son señales dejadas por los animales en vida o una vez que han muerto. Se incluyen aquí pistas, huellas, huevos, conchas, nidos y excrementos.

Algunos de los restos de fósiles más perfectos se han encontrado en el hielo y el alquitrán o incluidos en resinas de árboles. Estas resinas, acumuladas y enterradas por areniscas o arcillas, solidificaron en forma de ámbar.

Lo que normalmente fosiliza son las partes duras, como se mencionaba más arriba, pero pueden encontrarse fosilizadas semillas, esporas y granos de polen. El caso más famoso, quizás, de fósil es el del ave *Archaeopteryx*, en el que han permanecido la huellas de las plumas. En su momento, a finales del siglo XIX cuando fue descubierto el primero de ellos, Darwin ya había publicado "El origen de las especies", y este fósil resultaba ser el primer caso de "etapa" intermedia en la transformación de unas especies en otras.

¿QUÉ SON LOS FÓSILES?

Los fósiles son los restos y/o señales de los organismos del pasado, cuyo testimonio ha llegado hasta nosotros conservado en las rocas sedimentarias.

La ciencia que estudia los fósiles recibe el nombre de Paleontología.

No todos los organismos son igualmente susceptibles de generar restos fósiles: los más abundantes corresponden a seres con partes duras o mineralizadas, como conchas y caparazones (moluscos, cangrejos, erizos de mar), o bien esqueletos (dientes, huesos, políperos de corales), cuya degradación va a ser más lenta que la de los organismos constituidos exclusivamente por tejidos orgánicos.

En la fosilización de un organismo no es necesario presuponer la muerte del animal o vegetal que ha producido el fósil. Los restos pueden generarse normalmente durante el crecimiento (mudas periódicas de caparazones de cangrejos y trilobites, "camisas" de culebras, astas de cérvidos), corresponder a partes del organismo (hojas, raíces, ramas), bioconstrucciones, productos metabólicos (excrementos fosilizados o coprolitos, moléculas biogénicas o fósiles químicos, resinas fósiles o ámbar), o bien implicar gérmenes reproductores (huevos, semillas), algunos de los cuales son difíciles de definir en términos vitales (polen y esporas que germinan después de miles de años).

Otro grupo de fósiles muy importante son las señales de actividad dejadas por los organismos, conocidas como icnofósiles, que generalmente no se conservan asociadas a los seres que las han producido. Nos referimos a las huellas de locomoción (pisadas, pistas, rastros), a las galerías excavadas en diferentes sustratos (para alimentación o cobijo), a las señales de predación (hojas y huesos roídos, dentelladas) y a perforaciones diversas en rocas, conchas, maderas o esqueletos.

Por las técnicas especiales que implica su estudio, se suele hablar también de macrofósiles (los de tamaño apreciable) y de microfósiles (aquellos que se estudian con microscopio).

Aunque todos los fósiles son restos o señales de organismos del pasado, el proceso de fosilización va a imprimirles una naturaleza diferente a la de los seres que los produjeron, con una dimensión histórica propia e independiente a su vez del material rocoso en que se obtienen. Por esta razón es falso considerar a los fósiles como animales y plantas petrificados, que se "criaron" en el sedimento en el que los encontramos.

El conjunto de fósiles existentes recibe el nombre de registro fósil, del que es posible obtener información acerca de los organismos del pasado, además de los procesos que intervienen en la formación de las rocas.

¿CÓMO SE ESTUDIA LA FOSILIZACIÓN?

La Tafonomía es la disciplina paleontológica que estudia la transferencia de información de la biosfera a la litosfera, es decir los factores concretos que intervienen en la fosilización, así como en la génesis de yacimientos de fósiles.

Cualquier resto o señal de actividad producida por un organismo puede sufrir diversas vicisitudes hasta su enterramiento inicial en el sedimento: desarticulación y fragmentación, bioerosión, desplazamiento y transporte lateral desde su posición original o lugar de producción, etc. Esta fase recibe el nombre de bioestratinómica, e informa de muchas circunstancias del ambiente de depósito y del modo de vida de diversos organismos, documentadas por el estado de conservación de los fósiles.

La fase fosildiagenética estudia las transformaciones sufridas por los restos desde su primer enterramiento hasta su hallazgo en los yacimientos, e implica normalmente una pérdida de su componente orgánica con sustitución por sustancias minerales. Estos procesos son, sin embargo, muy complejos e incluyen la disolución completa de los restos y su pervivencia a partir de moldes, el desenterramiento y la nueva exposición a procesos bioestratinómicos (reelaboración), la deformación de carga o tectónica, cambios inducidos por incrementos de temperatura en la roca, etc.

¿CÓMO SE NOMBRAN LOS FÓSILES?

La clasificación de los fósiles intenta asimilarse en lo posible a la de las entidades paleobiológicas que los han producido, utilizándose por tanto una taxonomía zoológica o botánica convencional (fila, clases, órdenes, familias, géneros, especies), referidas a elementos que hace tiempo formaron parte de la biosfera.

Así, el nombre de un fósil consta de dos palabras: la primera hace referencia al género y la segunda a la especie, que se escribe siempre con minúsculas.

Cuando la conservación de un resto es imperfecta o incompleta para saber a que especie pertenece, el grado de indeterminación se indica utilizando diferentes signos de nomenclatura abierta detrás del nombre genérico: sp. (especie indeterminada), cf. (insuficiencia de argumentos para confirmar la identidad específica), y aff. (con caracteres algo diferentes a una especie concreta), entre otros.

Esta Sistemática biológica se aplica incluso para designar partes de organismos representados muy fragmentariamente en el registro fósil, o bien las señales de su actividad sobre el substrato.

En estos últimos casos nos encontramos ante parataxones (muy frecuentes en Paleontología), referidos por ejemplo a excrementos, pisadas, raíces, espinas, etc., de las que probablemente nunca llegará a saberse si son el resultado de la actividad de un solo organismo (repartido en varios parataxones), o bien si un determinado resto (por ejemplo, un mismo tipo de coprolito) pudo haber sido producido por animales muy diferentes.

Con una categoría más general, no siempre es posible establecer si los fósiles fueron producidos por animales (restos paleozoológicos) o plantas (restos paleobotánicos), existiendo además de los icnofósiles numerosos restos de organismos del pasado incluidos dentro de Problemática, o fósiles de afinidades biológicas inciertas, que también se nombran con una terminología parataxonómica.

¿CÓMO SE PUEDE CONOCER LA ANTIGÜEDAD DE UN FÓSIL?

Los únicos procesos naturales que son función directa del tiempo son:

– la descomposición isotópica de los elementos radioactivos, y

– la evolución biológica, según la cual la biosfera ha ido cambiando paulatinamente, de forma que los organismos del pasado difieren más de los actuales cuanto mayor sea su antigüedad.

Ambos procesos son, por tanto, irreversibles y permiten establecer dataciones de los cuerpos rocosos en función de determinados minerales o de los fósiles que contengan.

En el primer caso, conociendo la velocidad de desintegración radioactiva, puede medirse en una roca la cantidad de un determinado isótopo y la del producto de su descomposición, con lo cual se obtiene el valor en años del tiempo transcurrido desde su formación. Se trata de una datación absoluta o geocronométrica con métodos variados: rubidio 87–estroncio 87, carbono 14–nitrogeno 14, potasio 40–argón 40, uranio 235–plomo–207 , etc.

La datación con fósiles parte de la evidencia de la superposición estratigráfica de las rocas sedimentarias donde se conservan, cuyo registro fósil es tanto más antiguo cuanto más baja sea su posición en secuencias de sedimentación normal, y más diferentes resulten de las floras y faunas actuales.

Esta cronología se mide siempre en términos relativos, referidos a unidades sedimentarias con fósiles, representativas de un cierto intervalo temporal, y cuya existencia y sucesión ha sido comprobada a nivel mundial, aunque encontremos localmente los estratos inclinados o invertidos por algún plegamiento.

Las dataciones resultantes se expresan en términos cronoestratigráficos, como por ejemplo "Carbonífero", "Jurásico" o "Mioceno", cada uno de los cuales equivale a un intervalo preciso de tiempo geológico. Estos intervalos se agrupan en las denominadas Eras, como la paleozoica (entre 570 y 250 millones de años antes del presente), mesozoica (de 250 a 65 millones de años) y cenozoica, que comenzó hace 65 millones de años, y en cuyo periodo Cuaternario vivimos actualmente.

¿PARA QUÉ SE UTILIZAN LOS FÓSILES?

Los fósiles constituyen una herramienta muy asequible para la datación de los cuerpos rocosos que los contienen, ya que los métodos isotópicos no pueden aplicarse a todos los tipos de rocas, y exigen complejos y costosos laboratorios para su determinación.

Conocer la edad de una roca es el elemento base para comprender la dinámica de las cuencas sedimentarias y establecer correlaciones entre sus distintos cuerpos rocosos, algunos de los cuales puede estar vinculado con la génesis o almacenamiento de sustancias de interés económico (petróleo, mineralizaciones metálicas u otras de interés industrial).

Los fósiles informan además de las condiciones ambientales en que tuvo lugar la sedimentación (por ejemplo, organismos marinos costeros, arrecifes, lagos) y los procesos posteriores hasta su transformación en roca.

También proporcionan datos acerca del movimiento de los continentes en el pasado, ya que la distribución de los organismos sigue patrones geográficos y ecológicos, semejantes a los que se conocen en la actualidad.

Por último, el estudio de los fósiles permite contrastar la evolución del mundo orgánico desde su origen hasta nuestros días.

EL PROCESO DE FOSILIZACIÓN

Cuando un organismo muere o produce algún tipo de resto como producto de su actividad vital, se produce una serie de transformaciones como: destrucción de la materia orgánica, sustitución de ésta por materia

mineral estable ante las nuevas condiciones ambientales, relleno de cavidades (del propio organismo o generadas por él) que puede tener como resultado la formación de un fósil.

El proceso de fosilización es un proceso selectivo, de manera que la probabilidad de que un organismo, o alguna parte de él, resista el paso del tiempo y se convierta en un fósil va a depender de su composición química y de las características físicas y composición de las aguas a que esté expuesto. Así pues, los esqueletos (internos o externos), que contienen una gran cantidad de materia mineral se conservan con más facilidad, mientras que el tejido blando es más difícilmente conservable, debido a que en condiciones normales es rápidamente atacado por bacterias descomponedoras.

Lo que normalmente fosiliza son las partes duras, como se mencionaba más arriba, pero pueden encontrarse fosilizadas semillas, esporas y granos de polen. El caso más famoso, quizás, de fósil es el del ave *Archaeopteryx*, en el que han permanecido las huellas de las plumas. En su momento, a finales del siglo XIX cuando fue descubierto el primero de ellos, Darwin ya había publicado "El origen de las especies", y este fósil resultaba ser el primer caso de "etapa" intermedia en la transformación de unas especies en otras.

El proceso de fosilización, por el que un resto o señal de actividad biológica queda memorizado en las rocas, exige siempre unas circunstancias especiales que lo sustraigan de forma rápida de la putrefacción, disolución o destrucción física por agentes externos.

Lo normal es que el resto quede enterrado en áreas favorables donde se produzca una acumulación activa de sedimentos finos (lagos y cursos de agua, plataformas marinas, depósitos eólicos), pero también sucede en otros ambientes o circunstancias más excepcionales, donde se alcance incluso la conservación integral del organismo: mamuts en terrenos congelados, rinocerontes lanudos en pozos asfálticos, momificaciones en cuevas, fosilización en turberas o ámbar.

Los mecanismos físico-químicos de la fosilización suelen generar modificaciones importantes en la composición y estructura de los restos, que normalmente se presentan en fase más avanzada en los de mayor edad geológica. Todo fósil es consecuencia de estos procesos, y convencionalmente se establece que los más recientes corresponden a la última glaciación cuaternaria (Würm), con una antigüedad superior o equivalente a los 13.000 años. Los materiales algo más modernos o aparentemente poco fosilizados suelen referirse también como subfósiles. El concepto de "fósil viviente" no alude a cuerpos fosilizados, sino a animales o plantas actuales cuya estructura no difiere sustancialmente de la de sus antepasados conocidos a través de los fósiles, razón por la cual se les considera como "poco evolucionados" o reliquias del pasado esplendor de ciertos grupos (*Nautilus*, *Língula*, *lamprea*, *celacanto*, *Ginkgo*).

TIPOS DE FÓSILES

Existen muchas clases de fósiles, distinguibles con criterios tafonómicos dependiendo del material fosilizante o de su relación espacial y temporal con la roca que los contiene. Un elemento fósil puede haberse conservado o no en la posición natural en la que fue producido, haber sufrido un transporte importante o una removilización previa al enterramiento (fósiles resedimentados), o bien haber sido "heredado", ya en estado fósil, por un sedimento posterior (fósiles reelaborados).

La conservación integral de un organismo del pasado se da solo en circunstancias excepcionales (mamuts congelados, turberas, algunos tipos de ámbar); más raramente pueden conservarse restos de los tejidos blandos, asociados o no a esqueletos articulados (ranas de Teruel); trazas de los componentes orgánicos en conchas y exoesqueletos (nácar en conchas de moluscos, vestigios de coloración); etc.

Las partes más favorables para la fosilización de un resto orgánico son aquellas que poseen originalmente una cierta componente mineral o hidrocarbonosa (conchas, caparazones, maderas). A partir de ella, se puede producir una mineralización de los "huecos estructurales" orgánicos (permineralización), o bien un

reemplazamiento gradual o rápido de todo el material de la concha original por sustancias minerales. Tendremos así fósiles calcíticos, piritizados, fosfáticos, silicificados, etc.

Ambos tipos de fósiles (permineralizaciones y reemplazamientos neomórficos) generan en la roca que los rodea unos vaciados que reproducen su morfología de forma inversa. Se trata de los moldes, que constituyen el único resto fósil cuando la concha o caparazón ha sido disuelto tras su enterramiento. El molde externo reproduce en negativo las características de la superficie externa del resto fósil (rasgos ornamentales como costillas, espinas, líneas de crecimiento, epibiontes); mientras que sobre el molde interno se distinguen en relieve inverso los rasgos de cavidades internas (marcas musculares y paleales, estructuras articulares, moldes intracraneales, suturas internas de los ammonites). El estudio de los fósiles a partir de sus moldes se hace recurriendo a réplicas artificiales en sustancias plásticas o elásticas, que permiten la observación del relieve original.

Otro tipo de fósiles lo constituyen las impresiones de partes orgánicas desaparecidas, pero cuya impronta se ha conservado en rocas de grano extremadamente fino (contornos de cuerpos, alas, plumas, aletas, tentáculos). En esta categoría se suelen incluir también la gran mayoría de los restos vegetales comprimidos y carbonificados (hojas, tallos).

Tipos de fósiles (resumen):

- RESTOS DE LAS PARTES BLANDAS

En ocasiones se encuentran restos de las partes blandas de un animal, por ejemplo gusanos, impresiones de la piel de dinosaurios e incluso moldes de los intestinos.

- EVIDENCIAS DE ACTIVIDAD ORGÁNICA

Los organismos como cangrejos, gusanos de mar o los mismos mamíferos dejan a su paso rastros, que pueden quedar impresos en los sedimentos si estos se consolidan hasta formar una roca. Se llaman pistas fósiles e incluyen madrigueras, huellas, rastros, perforaciones, etc... La rama de la Paleontología que estudia los vestigios de la vida es la Paleocnología.

- MOLDES INTERNOS Y EXTERNOS

Son producidos por relleno de las cavidades interiores (internos) o por el relleno de las impresiones en el sedimento que los rodean (contramoldes), una vez desaparece la materia orgánica (externos).

- REPLICAS(PERMINERALIZACIÓN)

Por sustitución de la sustancia original por reemplazamiento molécula a molécula de la sustancia original por minerales en estado líquido que más tarde solidifican: calcita, silice o compuestos de hierro, en la mayoría de los casos.

- ÁMBAR

Es un tipo de fosilización que se produce cuando un organismo queda atrapado en la resina que producen algunos vegetales. Cuando esta resina se endurece los restos orgánicos se conservan intactos en su interior.

CUNNOLITES(EJEMPLO DE FÓSIL)

Reino:Animalia

Clase:Anthozoa

Género:Cunolites

Phylum:Cnidaria

Orden:Scleractinia

Nombre común:Cyclolites

Era:Mesozoico–Cenozoico

