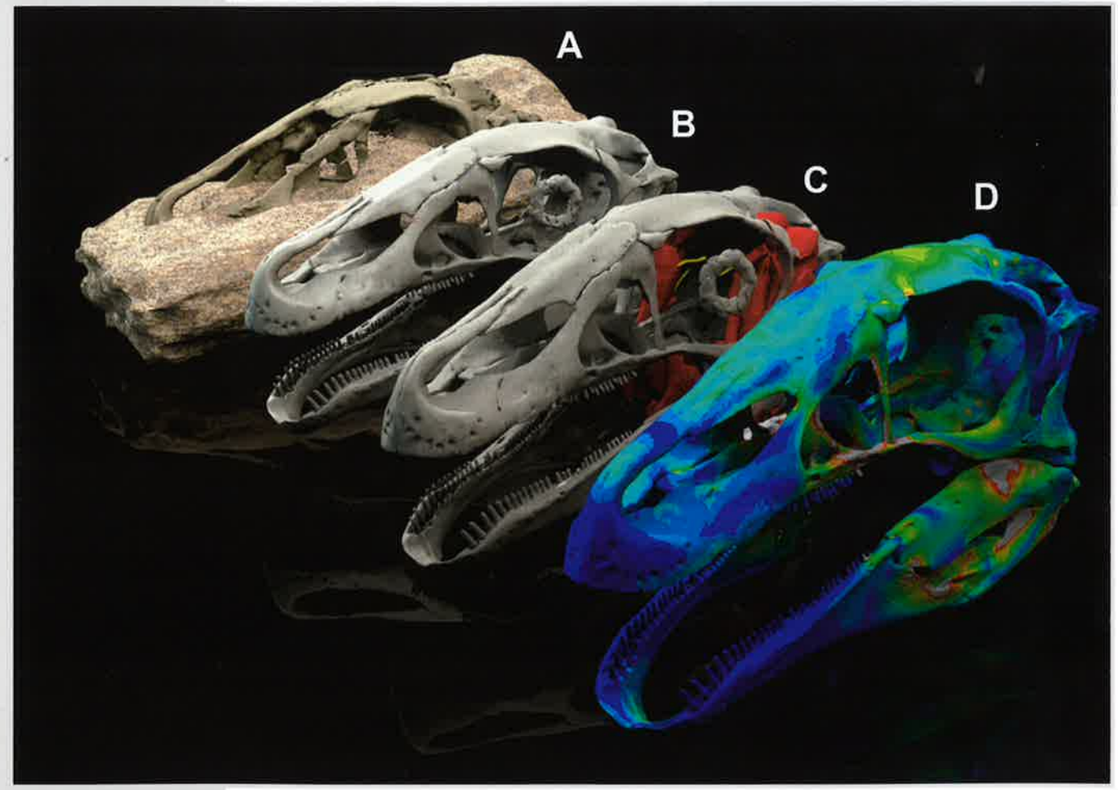
Paleontología
LAS CLAVES DEL PASADO

por **Samuel Zamora**

Paleontología virtual: un viaje al interior de los fósiles

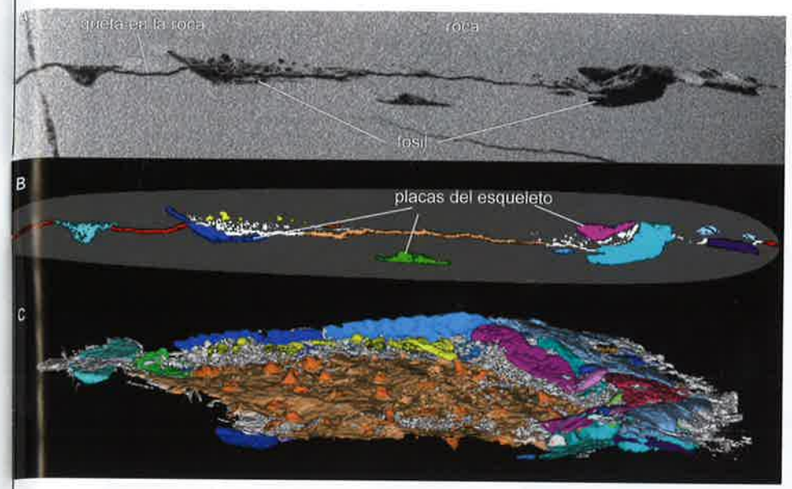
El escáner y el sincrotrón permiten penetrar en rocas y fósiles para estudiar todo aquello que hasta ahora era imposible ver mediante técnicas tradicionales. Esta nueva forma de estudiar los fósiles ha cambiado nuestra percepción de muchos animales del pasado y permite dar respuesta a nuevas preguntas. Estamos ante la era virtual de la Paleontología.



A. Modelo virtual de un cráneo de dinosaurio incluido en la roca. B. Vista completa tras eliminar la matriz rocosa que lo rodeaba y reconstruir las partes perdidas. C. Reconstrucción de la musculatura. D. Modelo obtenido tras completar todos los elementos (Stephan Lautenschlager, Universidad de Bristol).

Durante siglos, toda la información procedente de la morfología de los fósiles venía dada por la observación directa de las características de la roca o del propio fósil. Para acceder a las partes que quedaban ocultas, los paleontólogos teníamos que utilizar técnicas invasivas que casi siempre destruían parte del fósil y a veces causaban daños irreparables. El desarrollo de nuevas tecnologías de visualización, como la tomografía computarizada (escáner CT) o el acelerador de partículas (sincrotrón), están proporcionando a los paleontólogos herramientas muy potentes que permiten acceder a aquello que antes era imposible, como el interior del cráneo de un dinosaurio, insectos incluidos en ámbar opaco o embriones de más de 500 millones de años de antigüedad. Estos avances están revolucionando la percepción que teníamos de muchos organismos extintos.

La creación de modelos virtuales por ordenador permite reconstruir partes que no han quedado conservadas y someter el resultado a



Proceso de reconstrucción de un equinodermo fósil a partir de imágenes obtenidas mediante escáner CT.
A. Radiografía original. B. Máscara virtual con las partes anatómicas diferenciadas en distintos colores. C. Reconstrucción parcial de un equinodermo fósil tras ensamblar las distintas imágenes.

diferentes variables en programas informáticos, que hasta ahora tenían su principal aplicación en ingeniería. De esta forma los paleontólogos indagan en cuestiones cruciales sobre los animales del pasado, por ejemplo, cómo se alimentaban, movían o interactuaban con su entorno.

Técnicas de visualización de fósiles

Las dos técnicas de visualización de fósiles antes citadas son muy diferentes, pero permiten obtener resultados similares. El escáner CT proviene de la medicina y consiste en introducir al fósil en una cámara para realizarle un TAC. Los rayos X atraviesan el fósil y generan una serie de imágenes similares a radiografías que permiten detectar diferencias de densidad entre el fósil y su interior o entre el fósil y la roca circundante.

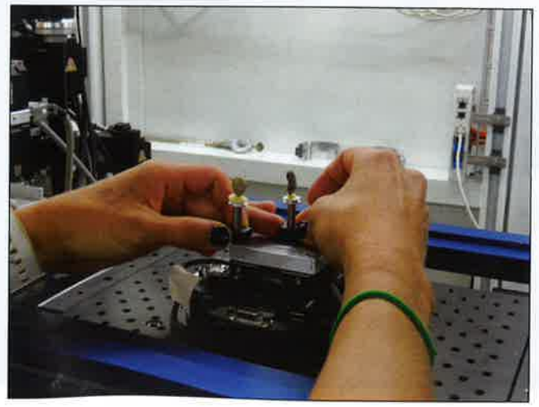
El sincrotrón, por el contrario, procede de la experimentación en física y es un tipo de acelerador de partículas. Las partículas aceleradas se dirigen hacia un receptor donde se sitúa el fósil y al atravesarlo detectan también diferencias en su densidad. Mientras que el escáner CT empieza a ser una herramienta de trabajo en muchos centros de investigación, el sincrotrón es mucho más caro y sólo puede utilizarse en lugares como el Instituto Paul Scherrer de Suiza. El escáner CT es económicamente más asequible, pero los datos que proporciona el sincrotrón tienen una mayor calidad de resolución.

Reconstruir el pasado en 3D

Una vez escaneados los fósiles, comienza la fase más compleja: reconstruir en el ordenador un modelo virtual en tres dimensiones (3D). Para ello hay que procesar cada una de las imágenes seriadas y crear una máscara virtual en la que se diferencian los elementos que luego van a ser reconstruidos. En dicha máscara se identifican con diferentes colores las partes que se pretenden reconstruir y el proceso se repite en todas las máscaras creadas a partir de cada imagen obtenida. Este proceso es el más laborioso y puede llevar varios meses de trabajo. Por ejemplo, para un fósil de unos dos centímetros es fácil que se obtengan 2.000 imágenes seriadas que hay que procesar de manera independiente.

Una vez concluido el estudio de todas las imágenes se crea en el ordenador un modelo

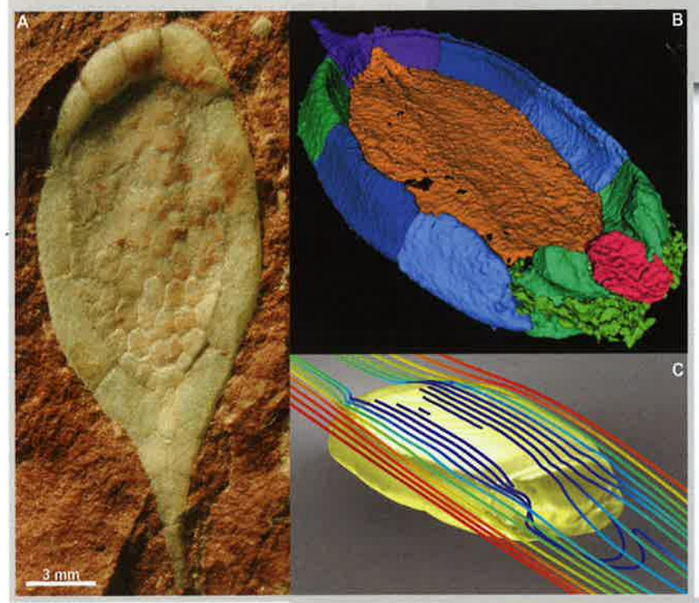
Debajo, colocación de un fósil en el receptor del sincrotrón donde va a ser escaneado. A la derecha, tratamiento de imágenes en el sincrotrón del Instituto Paul Scherrer (Suiza).



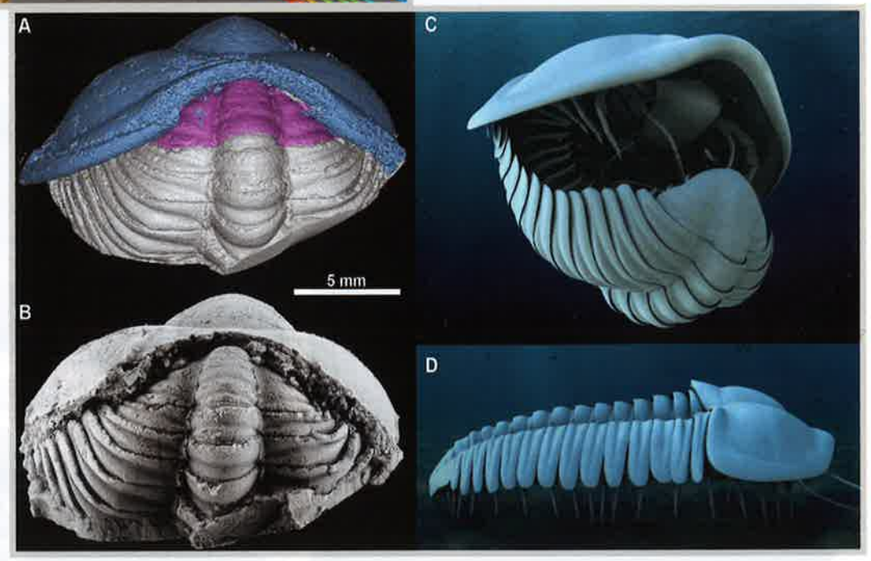
Modelos en 3D de fósiles del Cámbrico

Una de las principales ventajas de los modelos virtuales en tres dimensiones (3D) es que permiten comprender mejor el modo de vida de los animales del pasado, incluso de aquellos organismos que no se parecen en nada a los actuales.

Dos fósiles del Cámbrico de Purujosa (Zaragoza) fueron escaneados y reconstruidos en 3D. El primero de ellos es un pequeño equinodermo (ancestro de erizos y estrellas de mar) que fue sometido a diferentes variables en un programa de dinámica de fluidos para interpretar por primera vez como era su alimentación. El segundo es un trilobites que se encontró en posición defensiva de enrollamiento y permitió reconstruir cómo se ensamblaban las diferentes partes de su cuerpo para cerrarse herméticamente y defenderse así de sus depredadores.



A. Equinodermo del Cámbrico incluido en una matriz rocosa roja. B. Modelo virtual del fósil en vista oblicua. C. Reconstruir los flujos de agua alrededor de su cuerpo nos informa de cómo se alimentaba.



A. Modelo virtual de un trilobites del Cámbrico. B. El fósil real en posición defensiva de enrollamiento. C y D. Reconstrucción del modo de enrollamiento a partir de los modelos virtuales (Pedro Rubio).

virtual del fósil a partir del ensamblaje de todas las máscaras. Esos modelos virtuales tienen tres dimensiones y pueden manipularse para ver todas sus partes. Además, el modelo permite eliminar virtualmente alguna de ellas para estudiar el interior del fósil. Incluso puede obtenerse un molde en una impresora 3D.

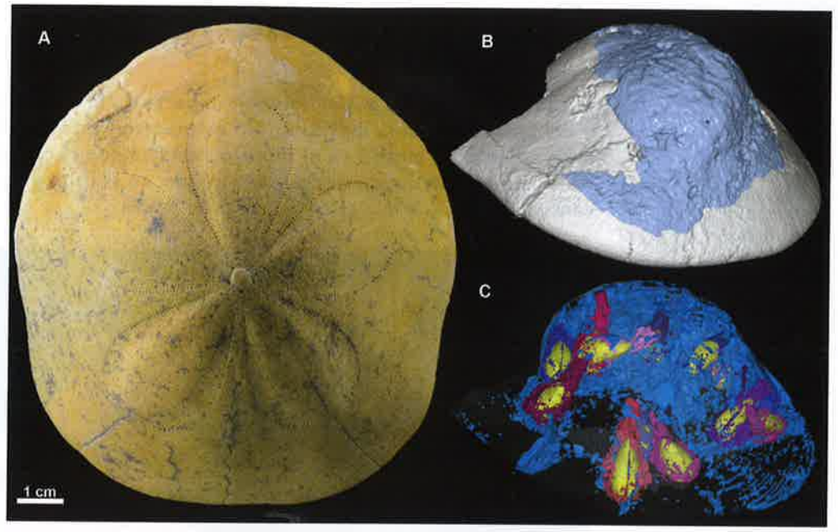
Nuevos descubrimientos

Todas estas técnicas están revolucionando la paleontología actual. La mayor parte del ámbar (resina fósil) de los sedimentos más antiguos, como los del Cretácico, es un material opaco y gracias al sincrotrón podemos comprobar si conserva en su interior insectos u otros organismos.

La neuro-paleontología permite reconstruir hoy el interior del cráneo de un dinosaurio, interpretar la forma que tenía su cerebro y, a partir de ahí, deducir el desarrollo de ciertas funciones. Gracias al escáner CT ha se ha podido comprobar que el ave más antigua del registro fósil, conocida como *Archaeopteryx*, no sólo tenía plumas y una estructura ósea adaptada al vuelo, sino también un cerebro y un oído interno preparados para dicho fin.

El sincrotón ha permitido reconstruir los embriones más antiguos descubiertos hasta la fecha, con más de 540 millones de años, y eso nos ha llevado a comprender el desarrollo de los primeros animales complejos. Por otro lado, los dientes encontrados en Atapuerca de *Homo antecessor*, el homínido más antiguo de Europa, han desvelado cómo fue el desarrollo y el crecimiento de esta especie gracias también al sincrotrón.

Cada año estas tecnologías permiten a los paleontólogos hacer nuevos descubrimientos sobre los organismos que habitaron en nuestro planeta hace millones de años. Unos resultados que no dejan de sorprendernos y permiten conocer mejor cómo eran los ecosistemas del pasado.



A. Imagen de un erizo de mar fósil del Mioceno (Clypeaster) encontrado en Valencia. B. Modelo virtual donde se diferencia en azul la roca circundante y en gris el fósil. C. A partir del modelo en 3D, puede eliminarse el caparazón (gris) para ver las galerías excavadas en su interior por los bivalvos que ocuparon el erizo una vez muerto.

El autor junto a un equinodermo fósil del Cámbrico encontrado en Utah (Estados Unidos).

Autor

Samuel Zamora Iranzo es paleontólogo de invertebrados en el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Ha trabajado en el Museo de Historia Natural de Londres y en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Estados Unidos (Smithsonian Institution). Es editor asociado de las revistas *Palaios* y *Journal of Paleontology*. Desde hace tres años trabaja en el Museo Geominero con un contrato Ramón y Cajal.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por un proyecto Ramón y Cajal (RYC-2012-10576) y el proyecto CGL2013-48877 del Ministerio de Economía y Competitividad.

Dirección de contacto: Museo Geominero · Instituto Geológico y Minero de España · c/ Ríos Rosas, 23 · 28003 Madrid · Correo electrónico: s.zamora@igme.es