

Equinodermos del Paleozoico Inferior (Cámbrico y Ordovícico) del Macizo Hespérico: ejemplos de conservación excepcional

D. Gil Cid¹, M. Mora^{1,2}, R. Lara¹ y F. Arroyo¹

¹ Departamento de Paleontología, Fac. Cc. Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, España.

² Laboratorio de Botánica y Zoología. C.U.C.B.A. Universidad de Guadalajara, México.

ABSTRACT

In the Lower Paleozoic (Cambrian-Middle Ordovician) sediments of the Macizo Hespérico numerous echinoderm fossils have been found (eocrinoids, homalozoans, diploporids, rombi-pherans, crinoids, and asteroids) in some exceptional conditions of conservation. This is due to the mineralized skeleton that these organisms present and the existence of some post-mortem processes that allowed this type of conservation.

Key words: Paleozoic, Macizo Hespérico, Spain, echinoderms, exceptional conservation.

INTRODUCCIÓN

Los organismos están formados por una amplia gama de sustancias; esta variedad en la composición del todo de cada organismo, así como sus propiedades intrínsecas, son de gran interés a la hora de estudiar los efectos de los procesos que suceden en los cuerpos a continuación de la muerte. La composición del esqueleto de un organismo constituye uno de los factores determinantes en las transformaciones que desembocan en la fosilización y su grado de fidelidad al organismo de partida. Un organismo con un esqueleto, ya sea externo o interno, formado por piezas de calcita u otro mineral, presenta una mayor probabilidad de resistir los efectos de los agentes destructivos, ya sean físicos, químicos o biológicos. Por ello, la probabilidad de encontrar restos fosilizados (potencial de fosilización) está plenamente vinculada a la presencia de partes duras. También es importante considerar el número y tamaño de las piezas que forman el esqueleto del organismo, así como sus posibilidades de desarticulación, lo que influye en el potencial de fosilización, pero sobre todo en la calidad de conservación del resto. Otros factores que pueden favorecer o no la posibilidad de una buena preservación orgánica son el tipo de organismo a considerar (artrópodo, medusa, vertebrado, etc.), los parámetros ambientales reinantes en los ecosistemas (temperatura, turbulencia, cantidad de oxígeno en el agua, enterramiento rápido, tasa de sedimentación, depredadores, etc.) y otros tantos más que, en conjunto, van a darnos explicaciones sobre el estado en que encontramos los restos fosilizados.

Así, la conjunción de diversos factores, como la existencia de elementos esqueléticos resistentes, un enterramiento rápido, normalmente en vida, la ausencia de corrientes, etc., puede favorecer enormemente la fosilización de los

restos orgánicos, lo que permite observar gran cantidad de caracteres que habitualmente no se han conservado.

Las asociaciones bentónicas paleozoicas muestran una gran variedad en lo que se refiere a su "calidad" de preservación. Así, los fósiles tanto cámbricos como ordovícicos presentan ciertas similitudes en cuanto a su comportamiento frente a su capacidad de fosilización, poniendo de manifiesto que los grupos de invertebrados con esqueleto duro (trilobites, moluscos, braquiópodos, equinodermos, etc.) tienen patrones de conservación similares.

En este trabajo vamos a mostrar algunos casos de conservación excepcional en equinodermos que hemos podido estudiar en comunidades cámbricas y ordovícicas, tratando de justificar mediante factores biológicos y/o geológicos la buena conservación de los mismos.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA


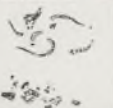










El material estudiado y figurado en este trabajo comprende equinodermos del Cámbrico Inferior de Alanis (Sevilla), del Cámbrico Medio de Zafra (Badajoz), de Los Barrios de Luna (León) y de varias localidades de Asturias y del Ordovícico de Navas de Estena y de El Viso del Marqués (Ciudad Real).

En todos los casos se trata de litofacies de pizarras (pizarras verdes, pizarras arenosas o pizarras negras).

TAFONOMÍA DE EQUINODERMOS

Como consideración previa hemos de tener en cuenta la organización estructural de los equinodermos y su comportamiento ante los distintos procesos tafonómicos. La descripción de un equinodermo tipo obedece a la de un organismo marino con un esqueleto calcítico formado por

TABLA 1. *Categorías de preservación de equinodermos (modificado de Ausich, 2001)*

Categoría (ejemplos)	Condiciones con Tasa de Enterramiento Variable			
	De horas a 1 día	De 1 día a 2 semanas	De 2 semanas a 1 año	Más de 1 año
Tipo 1: ofiuroides, asteroideos, carpoideos, eocrinoideos, edriasteroideos				
Tipo 2: la mayoría de los crinoideos, cristoideos, equinoideos regulares				
Tipo 3: carnetados, microcrinoideos, blastoideos, equinoideos irregulares				

distintos tipos de placas conectadas entre sí mediante tejido orgánico. Este esqueleto se corresponde, en general, a un elemento central alrededor del cual se pueden disponer una serie de apéndices (tallo, brazos, braquiolas, etc.), todos ellos muy delicados y formados por pequeños elementos mineralizados fácilmente desarticulables tras la degradación del tejido orgánico.

Existen gran cantidad de trabajos que han estudiado el comportamiento del esqueleto de los equinodermos frente a los diversos procesos tafonómicos, tanto previos al enterramiento, como posteriores a éste (Ausich, 2001 y referencias citadas). Aunque estos estudios se han hecho fundamentalmente en equinodermos actuales, también se han realizado algunos para equinodermos tanto paleozoicos como mesozoicos, y pueden servir como base para establecer una serie de analogías con otros grupos menos estudiados pero anatómicamente similares.

En todos los trabajos aparece descrito que la degradación del tejido orgánico es muy rápida en los equinodermos: al cabo de varias horas ya se empiezan a notar los efectos de la putrefacción, unido a la acción de microorganismos tipo bacterias, y en un día o dos la degradación y la consiguiente desarticulación son ya evidentes en muchos grupos, mientras que tras varios días o semanas el grado de desconexión entre piezas es tal que apenas quedan algunos elementos en conexión anatómica (cuadro 1). A este hecho influyen enormemente la cantidad de oxígeno en el agua y la existencia de corrientes o fenómenos turbulentos (tempestades o fenómenos de ladera), así como el medio de vida de los distintos grupos, ya que los equinodermos epibentónicos tienen más posibilidades de desarticulación que los endobentónicos.

Debido a lo anteriormente expuesto, lo lógico sería pensar que el número de fósiles de equinodermos completos o casi completos tendría que ser bastante escaso; pero en el registro fósil se han encontrado bastantes casos que contradicen a esa suposición, por lo que debió existir algún factor que impidiese que el proceso de degradación/desarticulación observado en mares actuales siguiese su curso. El factor más inmediato es la existencia de un enterramiento rápido

del organismo, preferiblemente en vida o tras pocas horas de que acontezca la muerte, y a una profundidad suficiente para que el animal no pueda salir por sus propios medios, en los casos de equinodermos con capacidad de movimiento, o para que el cadáver no sea desenterrado por las corrientes superficiales ni por fenómenos turbulentos. Así mismo, la profundidad dificulta la presencia de organismos bioturbadores que pudieran desarticular y disgregar el cadáver.

PALEONTOLOGÍA

Como ya se indicó antes, el equinodermo tipo consta de un esqueleto calcítico formado por placas unidas por tejido orgánico. Pero dentro de esta morfología base existe una gran variedad de formas, unas más próximas al modelo antes expuesto y otras más alejadas, las mal llamadas aberrantes. Dentro de los equinodermos podemos encontrar auténticas cajas rígidas (Cornuta o Cincta) que protegen la región central de posibles desarticulaciones y la consiguiente dispersión de los elementos esqueléticos. Por el contrario, los frágiles y estilizados crinoideos, formados por un cáliz y un tallo y unos brazos unidos a éste, son fácilmente desarticulables y disgregables. Entre estas dos morfologías "extremas" hay otras intermedias, cada una de las cuales presentan sus peculiaridades.

En el Cámbrico son frecuentes los restos atribuibles a homalozoos o carpoideos (Cincta, Cornuta, Mitrata y Soluta) y a eocrinoideos (Gil Cid y Domínguez, 1999). De entre los homalozoos, los cincta (Lámina 1, Figs. 1 y 5) son muy frecuentes, contabilizándose un total de seis géneros y unas 10 especies (sin contar con las que están en nomenclatura abierta). Es fácil encontrar fósiles de este grupo que conservan todos o gran parte de los elementos anatómicos en conexión. Los cincta encontrados en las pizarras del Cámbrico Medio de los Barrios de Luna (León) conservan la práctica totalidad de las placas, tanto marginales como centrales, en su posición natural, pudiéndose hacer reconstrucciones bastante fiables del animal original. Así mismo, se han encontrado ejemplares que han fosilizado en ligera superposición anatómica sin que ello haya significado la pérdida de información anatómica o una alteración significativa de las estructuras. Un grado de conservación similar se ha encontrado en otros cincta de la misma edad en Zafra (Badajoz) y en varios yacimientos de Asturias y Zaragoza.

Otros homalozoos, pertenecientes a los Cornuta (Lámina 1, Fig. 4), han aparecido en Zafra (Badajoz) y en Córdoba. Aunque el grado de desarticulación es bajo, la conservación de los restos no llega a ser tan buena como la que se llega a alcanzar en los Cincta.

En cuanto a los eocrinoideos (Lámina 1, Figs. 2a, 2b y 3), su abundancia es significativamente inferior a la de los Cincta. Esto puede deberse principalmente a que se trata de organismos mucho más frágiles, cuyas posibilidades de preservación son mucho menores. Del Cámbrico Medio de

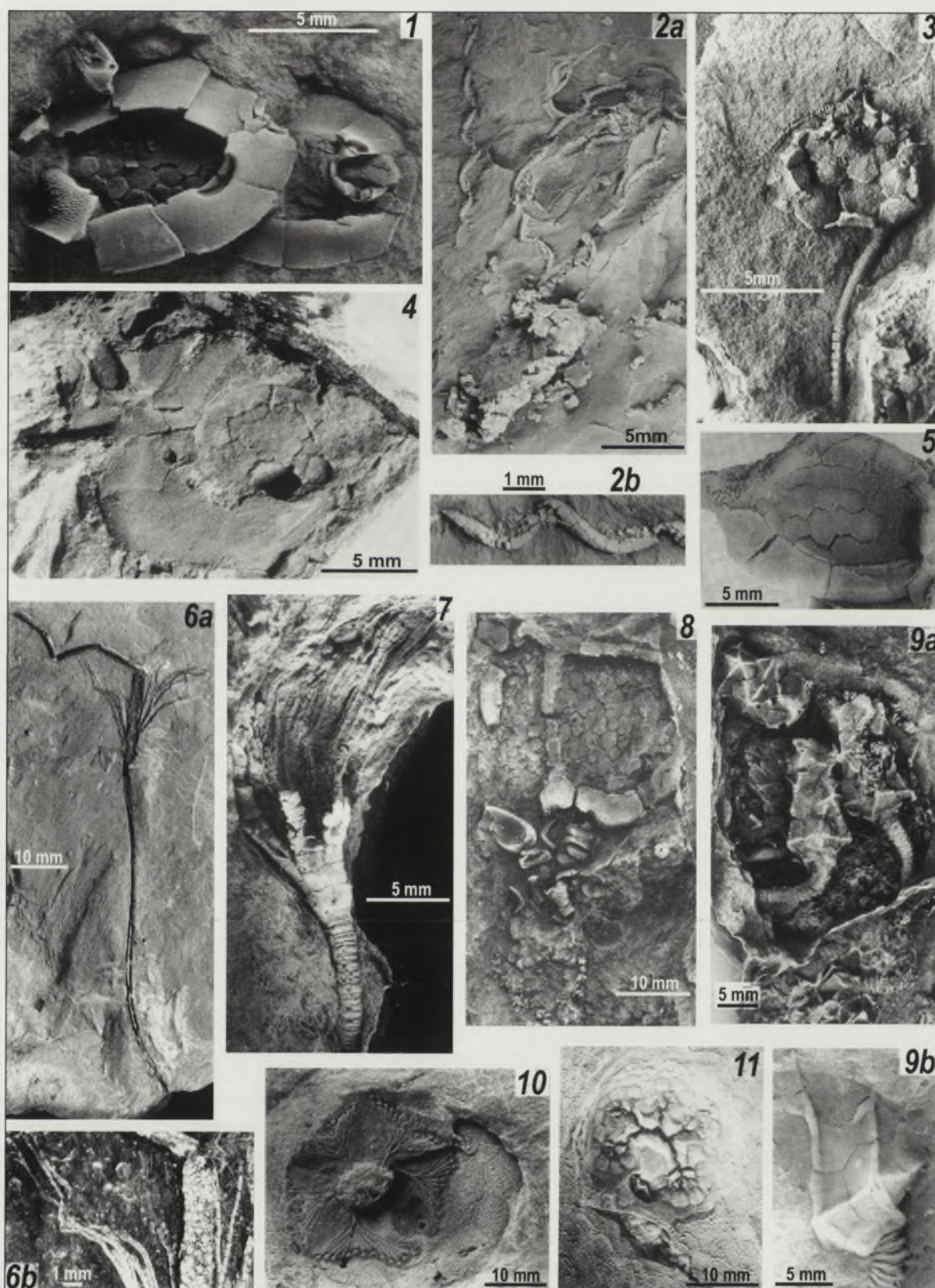


FIGURA 1. 1.- *Gyrocystis* sp., Cámbrico Medio, El Ferredal de Quintana (Asturias); 2.- *Gogia* (*Alanasicystis*) *andalusiae*, Marianiense (Cámbrico Inferior), Alanis (Sevilla); 2a.- Fósil completo; 2b.- Detalle de una braquiola; 3.- *Ubaghsicystis segurae*, Caesaraugustiense (Cámbrico Medio), Los Barrios de Luna (León); 4.- *Ceratocystis* sp. y *Gyrocystis* sp., Cámbrico Medio, Zafra (Badajoz); 5.- *Gyrocystis* sp., Cámbrico Medio, Zafra (Badajoz); 6.- *Morenacrinus silvani*, Dobrotiviense, Embalse de Fresnedas (Ciudad Real); 6a.- Fósil completo; 6b.- Detalle de la pirámide anal y los brazos; 7.- *Coralcrinus sarachagorum*, Dobrotiviense, El Viso del Marqués (Ciudad Real); 8.- *Bohemiaecystis jefferiesi*, Caradoc, El Viso del Marqués (Ciudad Real); 9.- *Homocystites geyeri*, Caradoc, El Viso del Marqués (Ciudad Real); 9a.- Fósil completo; 9b.- Detalle de la teca; 10 y 11.- Zonas orales del diplopóridos, Dobrotiviense, Navas de Estena (Ciudad Real).

León se ha obtenido *Ubaghsicystis segurae*, un animal de teca globosa, semiredondeada, con braquiolas en la parte superior de la teca y un tallo con un órgano de fijación, elementos todos ellos fácilmente desarticulables tras la muerte del organismo. En este caso la conservación es tan buena que todos los elementos han fosilizado manteniendo su posición original, pudiéndose realizar reconstrucciones bastante fidedignas ya que, además, el grado de colapso y de deformación del fósil no son importantes. Un caso parecido, aunque algo menos notable, es *Gogia (Alaniscystis) andalusiae*, un eocrinoideo encontrado en Alanis (Sevilla). Este fósil también conserva parte de los apéndices en conexión anatómica y presenta un grado de conservación bastante elevado. Otros restos del mismo género, pero sin asignación específica, y con grados de conservación similares han sido citados en el mismo yacimiento, así como en Zaragoza.

En cuanto al Ordovícico, la abundancia de restos de equinodermos es mucho mayor que en el Cámbrico (Arroyo y Lara, 2002), lo que incrementa las posibilidades de encontrar fósiles con un grado de conservación alto o muy alto. Esta mayor abundancia no se refiere solamente al número de fósiles encontrados, sino también al número de grupos representados, pasando de los tres del Cámbrico (cineta, cornuta y eocrinoideos) a nueve en el Ordovícico (diplopóridos, rombíferos, crinoideos, soluta, cornuta, estilóforos, asteroideos, edriosteroideos y blastoideos).

En este trabajo se han considerado únicamente dos yacimientos y sus áreas colindantes, los cuales han proporcionado unos fósiles de equinodermos cuya calidad de conservación se puede considerar como excelente. Se trata de los yacimientos de Navas de Estena y El Viso del Marqués (Ciudad Real). En ambos casos estamos ante pizarras de grano muy fino del Ordovícico Medio (Darriwilense), muy ricas en fósiles no solo de equinodermos sino también de moluscos, braquiópodos y trilobites.

El estudio litológico y faunístico del yacimiento de Navas de Estena sugiere un enterramiento rápido a causa de procesos de tempestad, condiciones en las que pueden darse casos de no desarticulación. El ejemplo más significativo es el del crinoideo *Heviacrinus melendezi*, que ha fosilizado manteniendo unidos todos los elementos estructurales, incluido un tallo muy flexible. También son muy importantes los restos de diplopóridos, organismos de cuerpo (teca) cónico con inserción de braquiolas en la parte superior y que vivían en sustratos fangosos. La parte más delicada del esqueleto de estos organismos es la región oral, que engloba el complejo hidroporo-gonoporo, la pirámide anal, la boca y el sistema ambulacral, que es donde se encuentra la zona de inserción de las braquiolas (Lámina 1, Figs. 10 y 11). De este complejo oral se han conservado gran cantidad de moldes, tanto internos como externos, en los que se puede

apreciar con bastante nitidez gran cantidad de elementos estructurales, lo que permite realizar reconstrucciones muy detalladas de esta región. También existen fósiles con una gran calidad de conservación del resto de la teca de los diplopóridos, pudiéndose observar el sistema de poros existente en la teca de estos animales. Otros restos con una calidad de conservación elevada corresponden a asteroideos (*Palaeura neglecta hispanica*), a partir de los cuales se han hecho reconstrucciones con un nivel de detalle muy alto.

Del yacimiento de El Viso del Marqués se han recuperado principalmente restos de crinoideos, muchos de ellos con una calidad que se puede considerar excelente. Este es el caso del *Coralcrinus sarachagorum*, el *Fresnedacrinus ibericus* y el *Morenacrinus silvani* (Lámina 1, Figs. 6a, 6b y 7). En estos tres casos los restos encontrados se mantenían en conexión anatómica, con un grado de desarticulación mínimo. Además, la cantidad de fósiles que aparecen juntos y con calidades similares es, en varios casos, considerables. Otros fósiles de gran calidad son los correspondientes a *Bohemiaecystis jefferiesi* (Cornuta) y *Homocystites geyeri* (Rhombifera). La morfología del *Bohemiaecystis* (Lámina 1, Fig. 8) recuerda vagamente a la de un cineta: un anillo externo de placas exterior que protege a otras más pequeñas interiores. A pesar de esta similitud, y aunque la conservación es buena, no alcanza a la de los cineta. En cuanto a *Homocystites* (Lámina 1, Figs. 9a y 9b), se ha conservado la teca junto con el pedúnculo, lo que permite hacer estimaciones sobre su morfología y tamaño muy cercanas a la realidad.

Este yacimiento ha suministrado además evidencias de otros equinodermos tales como *Equinosphaerites*, *Rhombifera bohémica*, Soluta, Mitrata y restos atribuibles a diplopóridos. Algunos de éstos han sido publicados y otros se encuentran en fase de redacción. La práctica totalidad del material de equinodermos de El Viso del Marqués puede ser considerada como de calidad excelente dada la conservación que presentan las muestras.

REFERENCIAS

- Arroyo, F. y Lara, R. (2002): Catálogo de las especies de equinodermos *s.l.* del Ordovícico español. *Coloquios de Paleontología*, 53: 87-108.
- Ausich, W. (2001): Echinoderm taphonomy. En: *Echinoderms studies 6* (M. Jangoux y J. M. Lawrence, Eds.). A.A. Balkema: 171-228.
- Gil Cid, M. D. y Domínguez, P. (1999): Diversidad de Equinodermos y Carpoideos en el Cámbrico Inferior y Medio de la Península Ibérica. *Coloquios de Paleontología*, 50: 105-116.