

## EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DEL PALEOZOICO MARINO DE LA REGIÓN DE ALMADÉN (CIUDAD REAL)

Juan Carlos Gutiérrez-Marco<sup>1</sup>, Isabel Rábano<sup>2</sup> y Saturnino Lorenzo Álvarez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), Facultad de Ciencias Geológicas, José Antonio Nováis 2, 28040 Madrid.  
jcgrapto@geo.ucm.es

<sup>2</sup> Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. i.rabano@igme.es

<sup>3</sup> Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén,  
Universidad de Castilla-La Mancha, Plaza Manuel Meca 1, 13400 Almadén (Ciudad Real).  
Saturnino.Lorenzo@uclm.es

### RESUMEN

La región de Almadén se integra en la Paleontología mundial del Paleozoico a mediados del siglo XIX, tras el descubrimiento de importantes yacimientos fosilíferos de los sistemas Ordovícico, Silúrico y Devónico, que permitieron establecer correlaciones con el Macizo Armoricano francés y la región de Bohemia (República Checa). Se trata de un área de referencia para la geología española, consagrada por más de siglo y medio de estudios, que alberga las localidades tipo de más de medio centenar de especies paleontológicas entre braquiópodos, trilobites, moluscos, equinodermos, graptolitos, corales e icnofósiles, descubiertos y nombrados por vez primera en la región de Almadén. Desde el punto de vista del patrimonio paleontológico de relevancia nacional e internacional, destacan los yacimientos tipo de muchos fósiles, a veces únicos a nivel mundial, y también el gran número de colecciones paleontológicas de Almadén depositadas en museos e instituciones de España y otros países europeos.

**PALABRAS CLAVE:** Patrimonio geológico, colecciones paleontológicas, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Almadén, España.

### ABSTRACT

The Almadén region was incorporated to the world palaeontology in the mid nineteenth century after the discovery of important Ordovician, Silurian and Devonian fossil sites that provided correlation with those of the Armorican Massif (western France) and Bohemia (Czech Republic). This is also a reference area for Spanish geology, based on more than 150 years of studies, that includes sites with over fifty paleontological species of brachiopods, trilobites, molluscs, echinoderms, graptolites, corals and trace fossils, discovered and named for the first time in the Almadén region. Among its paleontological heritage of national and international relevance, we can mention type fossil sites for many taxa, some of them unique at world level, and also the large number of paleontological collections from Almadén that are today deposited in many museums and institutions in Spain and other European countries.

**KEY WORDS:** Geological heritage, paleontological collections, Ordovician, Silurian, Devonian, Almadén, Spain.

Recibido: 1 de diciembre, 2012 • Aceptado: 5 de diciembre, 2012

### INTRODUCCIÓN

La inscripción de Almadén en la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, aprobada el 30 de junio de 2011 en candidatura conjunta con la mina de mercurio de Idrija (Eslovenia), nos da pie a resaltar el importante papel que la minería de Almadén ha jugado en el conocimiento científico del Paleozoico español, hasta el punto de que muchos de los yacimientos paleontológicos de la región poseen un evidente valor patrimonial. Tam-

bién lo tienen parte de las colecciones de fósiles procedentes del área de Almadén, hoy en día repartidas por varias instituciones nacionales y extranjeras. Los aspectos históricos de la Paleontología de Almadén han sido detallados recientemente por Pardo Alonso y Gozalo Gutiérrez (1999) para los fósiles y yacimientos del Devónico, y por Gutiérrez-Marco y Rábano (2011) para los materiales del Ordovícico y Silúrico, por lo que aquí nos limitaremos a presentar un resumen orientado al patrimonio paleontológico.

Desde el punto de vista geográfico, la literatura paleontológica clásica sitúa los yacimientos de la "región de Almadén" en un área extensa de la Zona Centroibérica meridional, repartida por el suroeste de la provincia de Ciudad Real, más su prolongación hacia el norte de la de Córdoba. Para algunos autores, la región de Almadén fue considerada como sinónima de "Sierra Morena central", en tanto que otros trabajos amplían la misma a sectores de las comarcas de los Montes de Toledo, Malagón y Campo de Calatrava (Ciudad Real) o incluso a Los Pedroches (Córdoba), siguiendo esencialmente a Prado (1855) y a Verneuil y Barrande (1855).

Almela *et al.* (1962) restringieron la región de Almadén a una circunscripción minera circular, en torno a la mina homónima, de aproximadamente 24 km de radio, lo que fue seguido por la gran mayoría de autores posteriores. No obstante, Pardo Alonso y Gozalo Gutiérrez (1999) conciben a la región de Almadén, "en su sentido más amplio", como abarcando los sinclinales variscos de Herrera del Duque, Almadén, Guadalmez y parte del flanco norte del sinclinal de Pedroches, más sus correspondientes áreas anticlinales donde aflora el basamento pizarroso anteordovícico (Ediacárico a Cámbrico inferior). A los efectos de la presente nota, consideraremos a la región de Almadén en su sentido minero más tradicional (Almela *et al.*, 1962), descartando los sectores septentrionales de Herrera del Duque y los más orientales del Campo de Calatrava. La prolongación de las mismas unidades geológicas paleozoicas en ellos, es consecuencia de su pertenencia al dominio geológico común de la Zona Centroibérica meridional, si bien fuera del ámbito histórico-minero de la región de Almadén.

## ALMADÉN EN LA HISTORIA DE LA PALEONTOLOGÍA ESPAÑOLA

Los primeros fósiles documentados en el Paleozoico ibérico, fueron los trilobites ordovícicos encontrados en Pardos (Guadalajara) por el franciscano José de Torrubia (1698-1761). Éste los identificó como "una especie de cangrejo", en una obra muy avanzada para su época (Torrubia, 1754), en la que defendió el origen orgánico de los fósiles en relación con el Diluvio Universal bíblico. Tal interpretación se opuso a su consideración generalizada como meros "juegos de la naturaleza", discrepando también de las ideas del benedictino Benito Jerónimo Feijoo (1676-1764), para quien los fósiles no eran sino el fruto de un "jugo lapidífico" petrificador (tanto de sustancias minerales como orgánicas), sin relación alguna con el Diluvio (Pelayo, 1994).

Ya en los albores del siglo XIX, se había constatado la presencia de restos vegetales entre los carbones paleozoicos de diversas minas asturianas (Real Comisión de Minas, 1831). Sin embargo, hubo de transcurrir justo un siglo desde el trabajo de Torrubia (1754), para que volvieran a citarse nuevos fósiles del Paleozoico marino en España, y ahí es donde inicia su papel la región de Almadén. En ella es donde Le Play (1834) halló diversos braquiópodos (*Terebratula* y *Spirifer*) que permitieron resituar su famoso yacimiento de mercurio, hasta entonces considerado del Triás, en el "terreno de Transición".

Este antiguo término cronoestratigráfico aludía a la *transición* entre el "terreno Primitivo" (ígneo-metamórfico) y el "terreno Secundario" (estratos *acuosos* con fósiles marinos), del que en 1822 se segregó el "terreno Carbonífero". Al año siguiente de los hallazgos de Almadén (verificados en la localidad homónima, Santa Eufemia y Espiel), Schulz (1835) localizó otros fósiles del "terreno de Transición" en el Manto de Mondoñedo (Lugo), concretamente "Trilobitos y Orthoceratitos y algunos pólipos", que representan los primeros hallazgos paleontológicos en el Ordovícico ibérico (Gutiérrez-Marco y Rábano, 2005).

Ezquerria del Bayo (1838, 1844) citó nuevos fósiles ordovícicos y devónicos en la región de Almadén. Los primeros corresponden a diversos trilobites, braquiópodos y otros (equinodermos y supuestos corales) del "terreno de Transición" o "de la Grauvaka", y los segundos a varias especies de braquiópodos y bivalvos "de terrenos más modernos de la grauvaka". Ambos conjuntos fueron referidos más tarde al Siluriano superior, equivalente a las formaciones Wenlock y Ludlow de Murchison, según hizo constar el propio autor en unas notas a la traducción española de la primera edición de los *Elementos de Geología* de Charles Lyell (Ezquerria del Bayo, 1847)

Posteriormente Verneuil (in Murchison, 1850; Anónimo, 1850), trabajando en la realización de un corte geológico de Almadén a Córdoba, citó en Almadenejos seis especies de trilobites (*Calymene Tristani*, *C. Arago*, *Cheirurus* o *Calymene Tournemini*, *Ogygia Buchii*, *Iliaenus crassicauda* o *Iliaenus lusitanicus* y *Phacops*), *Bellerophon bilobatus* y otros, que en su opinión son comparables a las capas del Siluriano inferior de Bretaña y a la "fauna segunda" (piso D) de Bohemia. Al norte de Córdoba descubrió dos yacimientos: uno con *C. Tristani* del Siluriano inferior y otro con nódulos fosilíferos (*Cardiola interrupta*, *Orthoceras styloideum*, *O. bohemicum*) del Siluriano superior. El terreno Devoniano lo identificó por vez primera al norte y sur de Almadén, en varios puntos conteniendo braquiópodos y trilobites (*Productus subaculeatus*, *Spirifer Archiaci*, *S. Verneuili*, *S. Bouchardi*, *Leptaena Dutertrii*, *Terebratula concentrica*, *T. Orbigniana*, *Orthis striatula*, *Phacops latifrons*). También citó fósiles del terreno Carbonífero marino (*Productus semireticulatus*) en Espiel y Belmez (Córdoba). Con dichos hallazgos paleontológicos, Verneuil consideró posible que las minas de Almadén y Almadenejos, comprendidas entre rocas devonianas, pudieran corresponder tanto al Siluriano superior (en Anónimo, 1850) como al Devoniano (en Murchison, 1850).

Luján (1851) reprodujo las citas paleontológicas de Ezquerria del Bayo y Verneuil, considerando que "en las inmediaciones de Almadén las formaciones cambriana, siluriana y devoniana se hallan muy desenvueltas y caracterizadas, tanto por las rocas que las constituyen, como en razón a los fósiles que las caracterizan".

Verneuil y Collomb (1853) reiteraron lo citado por el primero de los autores para el Siluriano inferior y Devoniano de la región de Almadén, y avanzaron el descubrimiento inédito de graptolitos silúricos hecho en 1852

por Casiano de Prado tanto en la mina de Almadén, como 4-5 km al norte de la misma (Verneuil y Collomb, 1853, pág. 131). También reencontraron los trilobites ordovícicos de Pardos y descubrieron varios yacimientos con graptolitos del Siluriano superior en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.

La visita a Almadén del francés Philippe-Edouard Poullletier de Verneuil (1805-1873), una de las grandes figuras de la Geología europea del XIX, se vio precedida por sus trabajos sobre los fósiles del Devónico y Carbonífero de la Cordillera Cantábrica, recolectados tanto en Ferroñes (Asturias) por Paillette (Verneuil y d'Archiac, 1845; Verneuil, 1846), como en Sabero (León) por Prado (Verneuil, 1850). Entre 1849 y 1862, Verneuil realizó doce viajes a España, cuyos descubrimientos dieron lugar a 26 publicaciones y al primer mapa geológico de la Península Ibérica a escala 1:1.500.000 (Verneuil, 1864). La colaboración de Verneuil con Casiano de Prado y Vallo (1797-1866) se había iniciado en 1847, tiempo después del cese del segundo como director de las minas de Almadén (1841-1843). La persecución política del español propició su marcha a la empresa privada entre 1844 y 1848, año en el que reingresa al Cuerpo de Minas y algo después se incorpora a la primera Comisión del Mapa (Gutiérrez-Marco y Rábano, 2011, con referencias previas). El trabajo geológico-minero realizado por Prado para la Sociedad Palentino-Leonesa, complementado por el estudio de Verneuil (1850), convirtió a la cuenca de Sabero en un lugar de gran interés para la paleontología del Paleozoico (Prado, 1848, 1850, 1852). Las investigaciones conjuntas de ambos autores prosiguieron con el descubrimiento de la "fauna primordial" del Cámbrico en los Montes de Toledo (Prado, 1855; Verneuil y Barrande, 1855) y la Cordillera Cantábrica (Prado *et al.*, 1860) y, sobre todo, con la identificación de notables asociaciones paleontológicas del Ordovícico, Devónico y Carbonífero en la región de Almadén (Prado, 1855; Verneuil y Barrande, 1855).

La *Memoria sobre la geología de Almadén* (Prado, 1855; Prado *et al.*, 1856: Fig. 1) constituye un hito en la exploración sistemática de un área paleozoica muy extensa y sin apenas antecedentes, que tuvo que ser ampliada a medida que se hacía necesario incrementar la observación de ciertas unidades. En la obra se integraron los datos geológicos publicados en un trabajo previo sobre la mina de Almadén (Prado, 1846), que incluyó el plano geológico subterráneo iniciado por el autor en 1830, durante sus tiempos de estudiante en la Escuela de Minas de la localidad. El deslinde estratigráfico de los terrenos silurianos y devonianos, con criterios esencialmente paleontológicos, le permitió a Prado reunir gran cantidad de fósiles. Parte de ellos se los envió para su estudio a Verneuil, quien ya contaba con una colección propia, derivada de su viaje de 1850. Ante la enorme diversidad del material, y por la necesidad de contar con identificaciones fiables, Verneuil invitó a sumarse al trabajo a Joachim Barrande (1799-1883), experto conocedor de los fósiles paleozoicos y autor de una obra monumental sobre el *Sistema Siluriano del Centro de Bohemia* (22 tomos + 7 volúmenes editados

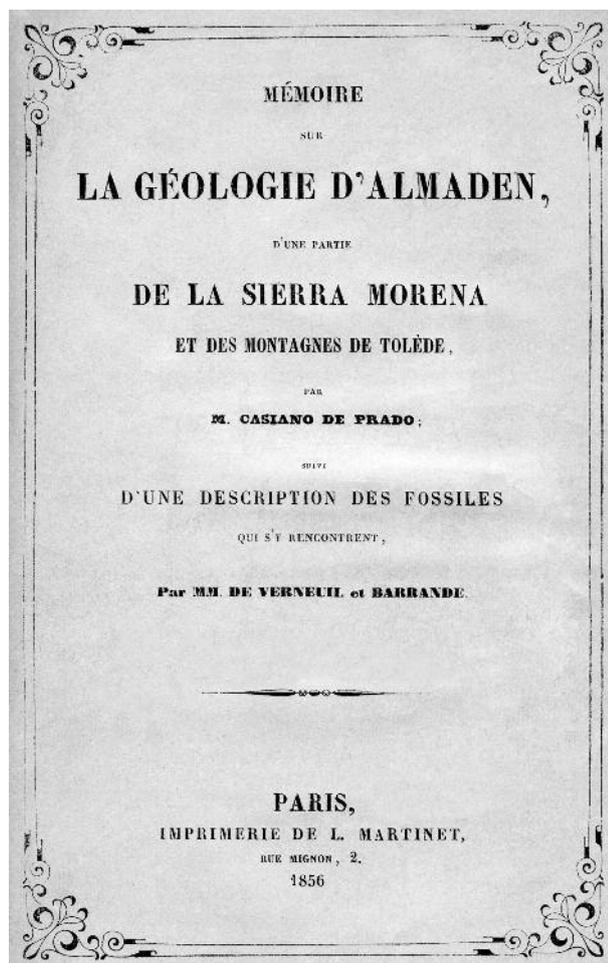


Figura 1. Portada de la *Memoria sobre Almadén* (1856), según la separata publicada en París con los trabajos de Prado (1855) y Verneuil y Barrande (1855).

tras su fallecimiento). La monografía paleontológica anexa a la *Memoria sobre Almadén* (Verneuil y Barrande, 1855; Anónimo, 1856) identificó en la región 120 especies de trilobites (10 nuevas), moluscos (10 nuevos), braquiópodos (2 nuevos), equinodermos (1 nuevo), briozoos, tentaculitoideos, graptolitos, corales (2 nuevos, descritos por J. Haimé) y un icnofósil considerado como un cuerpo vegetal; sumando un total de 62 especies devonianas, 56 del Siluriano (inferior y superior), una del Cámbrico y una del Carbonífero (Fig. 2). Más allá del gran número de especies nuevas o descritas por vez primera en España, el trabajo tiene el mérito de reconocer la existencia, en el centro de la Península Ibérica, de las llamadas faunas *primordial*, *segunda* y *tercera* definidas por Barrande en Bohemia, más un elemento carbonífero, en unas localidades relativamente próximas y con claras relaciones geológicas (Fig. 3). Ello permitió también estrechar la correlación con el centro de Europa para el Cámbrico, y con Francia y Portugal para el Siluriano inferior y Devoniano, si bien las faunas ibéricas resultaron ser mucho más pobres que las de Bohemia, aunque implicaban relaciones a nivel específico compatibles con su pertenencia al mismo sistema de mares paleozoicos.

Con todo, la monografía de Verneuil y Barrande (1855) supuso el nacimiento de la paleontología cámbrica y ordovícica en España, además de reforzar el cono-

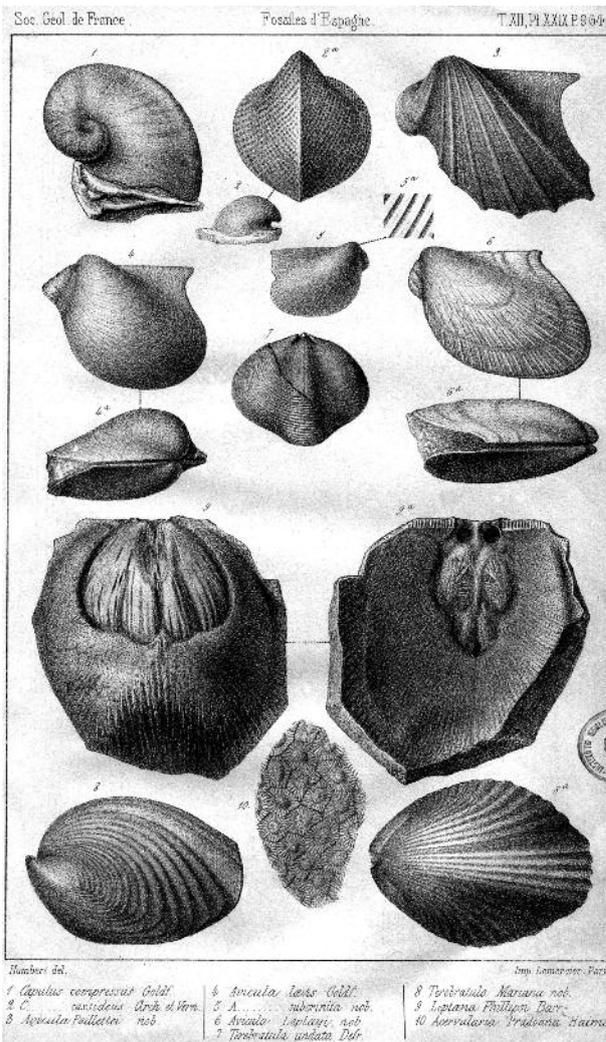


Figura 2. Lámina original de trabajo de Verneuil y Barrande (1855) que, entre otras especies de moluscos y braquiópodos devónicos, ilustra la famosa "Terebratula Mariana" -8, 8ª [= *Cyphoterorhynchus marianus* (Verneuil & Barrande)], dedicada a Sierra Morena, procedente de las areniscas del Frasnense del Puerto del Ciervo, al norte de Almadén.

cimiento sistemático de las formas devónicas, ya iniciado en la Cordillera Cantábrica. Murchison (1856) elogió el trabajo estratigráfico llevado a cabo en Almadén por Prado (1855), y destacó el descubrimiento de extensos afloramientos del Siluriano inferior, recubiertos directamente por el Devoniano fosilífero, además de las dificultades propias que entrañaba su estudio.

La publicación de la Memoria sobre Almadén, reimpresa en 1856, abrió una nueva etapa en la geología del Paleozoico español, en la que los fósiles comenzaron a utilizarse como herramientas geológicas de primer orden por los miembros del Cuerpo de Minas. Éstos, reunidos en torno a la *Comisión del Mapa*, terminaron por adoptar la clasificación estratigráfica del Paleozoico británico propuesta sucesivamente por Murchison, Sedgwick y Lapworth (Cambriano, Siluriano inferior u *Ordoviciense*, Siluriano superior o *Gothlandés*, Devoniano, etc.), en lugar de los pisos bohémicos de Barrande (1852). Para el conjunto de la región de Almadén, las aportaciones paleontológicas más importantes de este periodo fueron las de Bernáldez y Rúa Figueroa (1861), Mallada (1875, 1880), Gonzalo y Tarín (1879) y Cortázar (1880). Todos ellos revitalizaron la lista de fósiles de

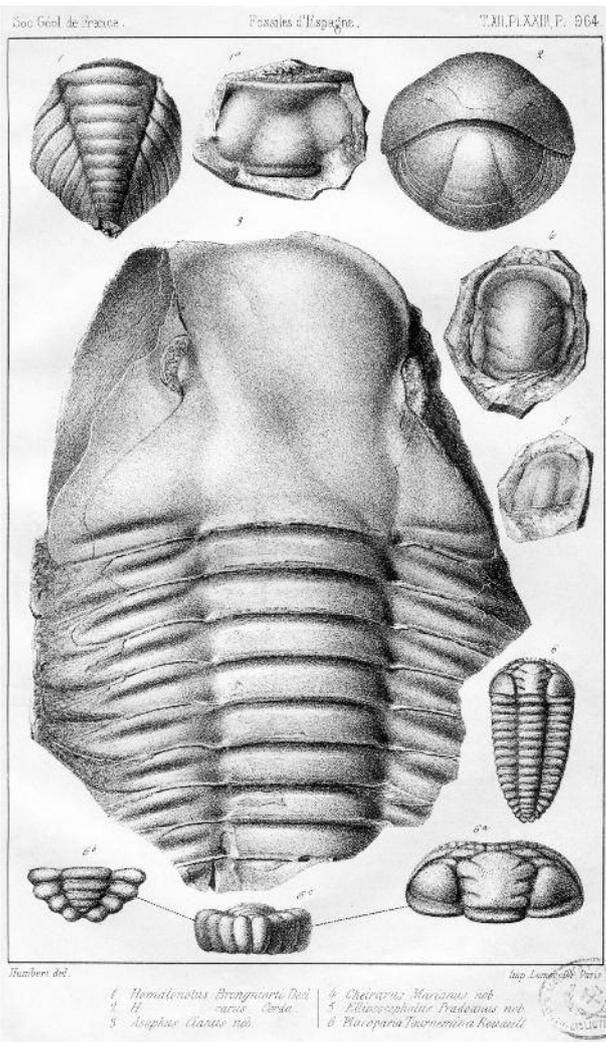


Figura 3. Lámina original de trabajo de Verneuil y Barrande (1855), con diversos trilobites de las "faunas" *primordial, segunda y tercera* (Cámbrico, Ordovícico y Devónico) de la región de Almadén y uno de los Montes de Toledo (el ejemplar número 5).

Verneuil y Barrande (1855) con la incorporación de nuevas localidades y especies, procedentes de las provincias de Ciudad Real, Córdoba y Badajoz. Bernáldez y Rúa Figueroa (1861) reasignaron los yacimientos de graptolitos en la pizarra negra ampelítica al terreno Siluriano superior (en vez de al inferior). En el primer fascículo de su *Sinopsis*, Mallada (1875) tradujo al castellano las descripciones de todas las formas citadas en el Paleozoico de la región de Almadén, acompañadas por ilustraciones de variada procedencia (Rábano y Gutiérrez-Marco, 1999). Gonzalo y Tarín (1879) realizó aportaciones esencialmente geológicas, entre ellas la diferenciación del Devónico y el descubrimiento de graptolitos silúricos en Cabeza del Buey. En sus reconocimientos geológicos provinciales, Mallada (1880) citó nuevos afloramientos fosilíferos del Devónico en el norte de la provincia de Córdoba, en tanto que Cortázar (1880) amplió cualitativamente el listado de los fósiles paleozoicos de la provincia de Ciudad Real, en especial los considerados del "Siluriano primordial" (= Cambriano), los icnofósiles de las cuarcitas del Siluriano inferior, los graptolitos de las "capas superiores del sistema Siluriano" y los fósiles devonianos. En paralelo con los estudios españoles, las

contribuciones extranjeras de estos finales del siglo XIX se habían limitado a mencionar brevemente fósiles en tres trabajos. El primero es el de Kuss (1878), quien citó graptolitos y "fauna tercera" en la mina de Almadén y en otras cuatro localidades de los alrededores, más una adicional en Corral de Calatrava; casi todas ya descubiertas por Prado (1855). El segundo es el de Malaise (1897), quien creyó ser el primero en registrar graptolitos silurianos en la mina de Almadén. Finalmente, Oehlert (1895) propuso la nueva especie *Trinucleus malladai* para los trilobites ilustrados y descritos erróneamente como *T. goldfussi* por Verneuil y Barrande (1855).

Tras las vicisitudes experimentadas por la *Comisión del Mapa* (disuelta en 1859 y refundada en 1870), junto con la finalización del Mapa Geológico a escala 1:400.000 (1883) y su correspondiente *Explicación* desglosada por sistemas, las investigaciones españolas decrecieron ostensiblemente en la región de Almadén en el medio siglo siguiente. Salvo el breve paréntesis relacionado con el Congreso Geológico Internacional de 1926, en general no se restablecieron hasta tiempo después de superada la Guerra Civil Española. La parálisis fue tal que el empleo del Cambriano, Devoniano, etc. pervivió inalterado entre amplios colectivos profesionales hasta la segunda mitad del siglo XX, incluyendo la distinción entre el Siluriano inferior (u *Ordoviciense*) y superior (o *Gotlandiense*) como parte de un mismo Sistema.

En los albores del siglo XX, numerosos investigadores extranjeros organizaron expediciones geológicas en España, vinculadas directa o indirectamente con el resurgir minero nacional. La región de Almadén fue investigada por el profesor alemán Fritz Drevermann (1875-1932), quien discriminó con criterios paleontológicos los yacimientos del Devónico inferior y Superior (Drevermann, 1909). Sus importantes colecciones paleontológicas del Ordovícico y del Devónico, fueron estudiadas en detalle por Born (1918), Müller (1929) y Paeckelmann (1942). El primero describió 47 especies (3 nuevas) entre trilobites, braquiópodos, moluscos, equinodermos y ostrácodos del Ordovícico Medio, y propuso tres subdivisiones bioestratigráficas para el "Piso de Calymene" (zonas del *Orthis ribeiroi*, *Placoparia tourneminei* y *Orthis calligramma*). Por su parte, Müller (1929) describió 34 especies (9 nuevas) entre los bivalvos y braquiópodos del Frasnense, reconociendo 5 unidades bioestratigráficas (Areniscas de Lamelibranquios, Areniscas con *Orthis*, Areniscas de *S. verneuili*, Areniscas de Espiriféridos y Areniscas de *R. mariana*) que sirvieron de germen a la biozonación de Pardo y García-Alcalde (1984). Paeckelmann (1942) completó el estudio precedente con el añadido de una especie nueva de braquiópodo (Fig. 4). Con posterioridad a los hallazgos de Drevermann, Groth (1911, 1914a, 1914b) reemprendió el estudio estratigráfico detallado del Paleozoico (esencialmente el Devónico) de los sinclinales de Almadén y Guadalmez, atendiendo a criterios bioestratigráficos y señalando por vez primera la concordancia existente en la sucesión ordovícico-devónica (a través del Silúrico fosilífero), al tiempo que atribuyó una probable edad

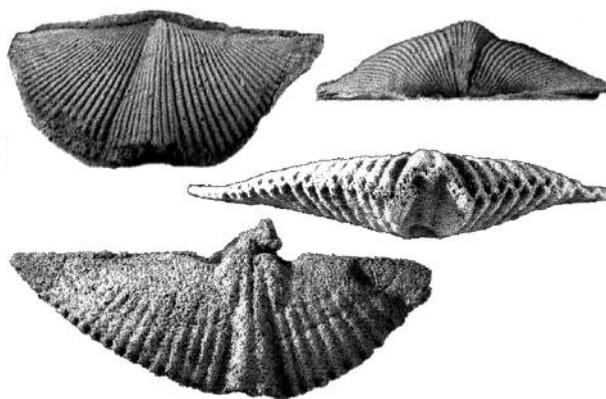


Figura 4. Dos de las especies de braquiópodos frasnenses dedicadas a Almadén: *Cyrtospirifer almadenensis* (Paeckelmann, 1942) (arriba, molde externo de una valva dorsal en vista dorsal y posterior) y *Apousiella almadenensis* Pardo y García-Alcalde, 1984 (abajo, molde interno articulado en vista anterior y dorsal). Fotografías reproducidas de las láminas 15 y 27 de la tesis doctoral de Pardo Alonso (1997).

Fameniense a las asociaciones más modernas de cefalópodos y bivalvos registradas en Guadalmez.

El año 1926 coincide con dos aportaciones significativas para el conocimiento paleontológico del Silúrico de Almadén. La primera es la nota de Hernández Sampelayo (1926), que describe tres yacimientos con graptolitos (uno en la propia mina, el de la estación de Chillón y otro en realidad del Ordovícico Medio), y la segunda el trabajo de Henke (1926) más el apéndice de Henke y Hundt (1926), que estudiaron fósiles de Jaén, pero también graptolitos de la mina de Almadén. La contribución del primer autor fue reiterada en un trabajo póstumo (Hernández Sampelayo, 1960), en tanto que las identificaciones de graptolitos presentadas por los autores alemanes se vieron pronto criticadas y rectificadas por un especialista austriaco (Haberfelner, 1931), quien revisó los fósiles originales en un trabajo lleno de descalificaciones personales hacia R. Hundt.

Ciry (1936) prosiguió la labor iniciada por Groth, con el estudio del material original de este autor y la realización de nuevas observaciones sobre el terreno. Éstas fructificaron en un acertado corte geológico que distinguía las principales unidades Cámbrico-devónicas, y aportaba nuevas listas de fósiles del Ordovícico y Devónico.

Hernández Sampelayo (1948) publicó un nuevo cefalópodo ordovícico de la región de Almadén; en tanto que Meléndez (1951a) propuso una nueva especie de cistoideo del Ordovícico Medio de Almadenejos, revisando la descrita por Verneuil y Barrande (1855).

Como ya indicamos, el trabajo póstumo de Hernández Sampelayo (1960) aportó descripciones incompletas de los graptolitos silúricos encontrados en la mina y en otros cuatro yacimientos de la región de Almadén, ilustrando 330 ejemplares de 11 géneros, con algunas especies nuevas que son casos claros de *nomina oblita*.

Márquez Triguero (1961, 1963) realizó diversos estudios estratigráficos en la sucesión ordovícica a devónica del flanco norte del sinclinorio de Los Pedroches, aportando interesantes yacimientos paleontológicos y dos nuevas divisiones para el "Silúrico inferior" (zonas "del *Didymograptus*" y "del *Orthis actoniae*"), a añadirse a las establecidas por Born (1918).

Almela *et al.* (1962) publicaron una monografía fundamental para el conocimiento geológico de la región de Almadén, en la que aportan la primera visión cartográfica y litoestratigráfica moderna de toda la zona, a resultas de un contrato suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España y los responsables de Minas de Almadén, para la realización de una investigación geológica detallada en la amplia concesión circular en torno a la mina principal de mercurio. En el terreno de la estratigrafía, dividieron la sucesión ordovícica-devónica en dieciséis unidades cartografiadas, desglosadas en una del Cambriano, ocho del Siluriano (5 "ordovicenses" y 3 "gothlandienses"), seis del Devoniano y una del supuesto Carbonífero marino. La edad de la mayoría de ellas fue establecida con criterios bioestratigráficos, fijados por la posición de 133 localidades paleontológicas donde identificaron un total de 130 taxones distintos (43 braquiópodos, 29 moluscos, 21 graptolitos, 9 trilobites, además de equinodermos, briozoos, corales, tentaculídeos, briozoos, ostrácodos, etc.), 17 de ellos parcialmente descritos e ilustrados. Los autores analizaron en profundidad la estructura tectónica y ofrecieron una interpretación totalmente nueva, apoyada por el trazado fotogeológico de las principales crestas cuarcíticas (Armoricana, Canteras, Criadero y Base -del Devónico-). Con ello precisaron el conocimiento estructural de los sinclinales de Guadalmez y Chillón (= Almadén), así como su prolongación occidental en el sinclinal de Garlitos, coherente además con la distribución de las unidades fosilíferas. Como consecuencia del análisis paleontológico desarrollado por uno de los autores en la zona, Quintero y Revilla (1966) propusieron una nueva especie de braquiópodo para el Devónico Inferior de Chillón.

Poco después de la monografía de Almela *et al.* (1962), vuelven a interesarse por el Paleozoico de la región numerosos geólogos extranjeros, principalmente franceses, aunque sorprendentemente ninguno de la escuela alemana de Münster que, bajo la dirección de Franz Lotze (1903-1971), llegó a emplazar 12 tesis doctorales en la Zona Centroibérica meridional, finalizadas entre los años 1954 y 1973. Únicamente Redlin (1955) y Maass (1961, 1963) trabajaron en las áreas vecinas de San Benito y Fuencaliente, así como de Castuera y Cabeza del Buey, respectivamente, sin aportar datos paleontológicos relevantes. Tanto es así que el primero asignó la sucesión devónica al Silúrico, y el segundo defendía que los materiales del Devónico Superior se hallaban discordantes sobre el Ordovícico.

Las contribuciones paleontológicas francesas para la región de Almadén se reinician con Bouyx (1962), quien encontró cistoideos del Ordovícico Medio entre Almadenejos y Fontanosas, y con Bouyx y Saupé (1966) quienes redescubrieron el yacimiento de graptolitos mencionado por Hernández Sampelayo (1926, 1960) en el paraje del Chorrillo al sur de Almadén, asignándolo correctamente al Ordovícico Medio en lugar de al Silúrico. El mismo autor (Bouyx, 1970) estudiaría más tarde los icnofósiles de la Cuarcita Armoricana y de las Capas Pochico en el pequeño anticlinal de Asnarón.

Entre los autores alemanes, Puschmann (1967) realizó un estudio estratigráfico detallado en la sucesión paleozoica del sector de San Benito (flanco norte del sinclinal de Los Pedroches), con importantes descubrimientos paleontológicos de cardiólidos silúricos, conodontos del Carbonífero inferior y braquiópodos y otros invertebrados de distintos niveles del Devónico. Seilacher (1970) asignó los "bilobites" del Ordovícico Superior de la sierra de la Cárcel, en el borde meridional de la población de Almadén, a una nueva icnoespecie (Fig. 5).

En el decenio de 1970 concurren en Almadén diversos investigadores franceses del CNRS y de las universidades de Nancy y París-sur (Orsay), que orientan los estudios geológicos a vertientes esencialmente mineras, en distintos ámbitos de Sierra Morena, en especial las relacionadas con el volcanismo e hidrotermalismo. La escuela de Nancy está representada por Francis Saupé, quien aportó interesantes datos estratigráficos a la sucesión Ordovícico-devónica, incorporando numerosas dataciones paleontológicas originales (Saupé, 1971a, 1971b, 1973). Por su parte el grupo de Orsay, liderado por Guy Tamain, planificó diversas tesis de tercer ciclo en el Paleozoico de la región de Almadén, desarrolladas por Lauret (1974), Lozac'h y Vidal (1976), Blachère (1978) y Prost-Dame (1980). El primero estudió el sector comprendido entre Almadén y Almadenejos, con diversos hallazgos paleontológicos del Paleozoico, entre los que identificó o describió con detalle (acompañado por ilustraciones) diversos icnofósiles e invertebrados del Ordovícico inferior y Medio, así como del Llandovery. Del Devónico aportó nuevos yacimientos y figuró icnofósiles y plantas carboníferas encontradas en el sinclinal de Guadalmez. Lozac'h y Vidal (1976) estudiaron los materiales paleozoicos del extremo occidental de los sinclinales de Almadén y Guadalmez, así como de un pequeño sector del flanco norte del sinclinal de Los Pedroches, al este de Cabeza del Buey, encontrando también varios yacimientos paleontológicos nuevos para el Ordovícico, Silúrico y Devónico. En el tercero de los trabajos de tesis, Blachère (1978) analizó la sucesión paleozoica en la transversal de Chillón (sinclinal de Almadén), con un total de 35 yacimientos paleontológicos del Ordovícico al Devónico inferior. Finalmente, Prost-Dame (1980) estudió un sector del flanco norte del sinclinal de Los Pedroches, al este de Castuera (Badajoz), que libró 11 puntos fosilíferos.

A lo largo del mismo decenio y en el de 1980, la región de Almadén atrajo a diversos especialistas en variados grupos fósiles, que comenzaron a actualizar el conocimiento paleontológico del Ordovícico, Silúrico, Devónico y Carbonífero inferior, una labor que prosigue en nuestros días. El mayor número de publicaciones se centró en el estudio de los fósiles ordovícicos, principalmente trilobites (Hammann, 1974, 1976, 1983; Romano, 1980; Rábano y Gutiérrez-Marco, 1983; Rábano *et al.*, 1985; Gutiérrez-Marco y Rábano, 1987; Hammann y Rábano, 1987; Rábano, 1983, 1989a-1989e), equinodermos (Chauvel y Meléndez, 1978, 1986; Gutiérrez-Marco *et al.*, 1984; Hammann y Schmincke, 1986; Gutiérrez-

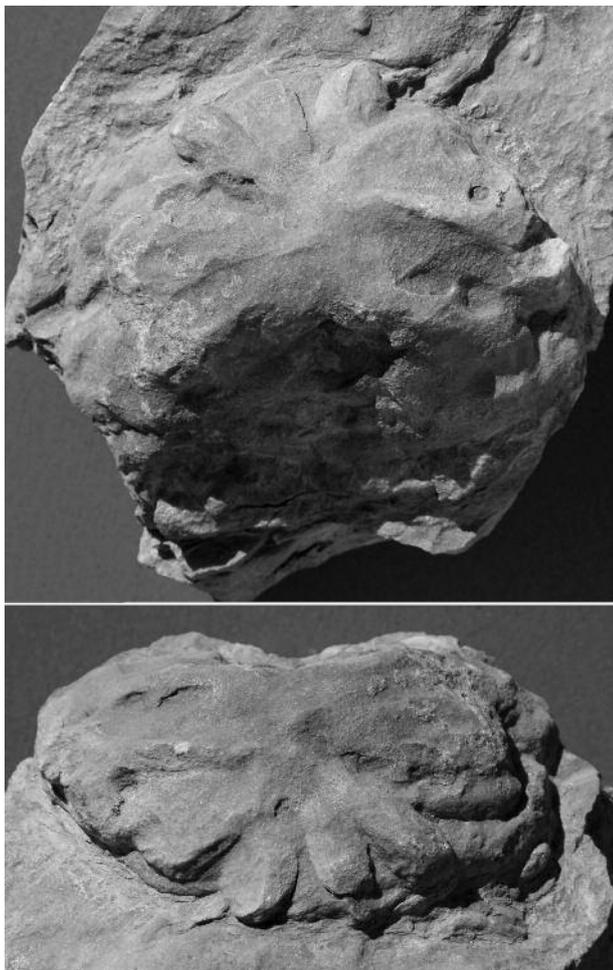


Figura 5. Ejemplar de *Cruziana? almadensis* Seilacher, 1970 en vista inferior (arriba) y anterior (abajo), mostrando los elementos radiales propios del extremo de la traza. Niveles del Ordovícico Superior en la Cuarcita de Canteras. Sierra de la Cárcel, Almadén (Lorenzo y Gutiérrez-Marco, 2008).

Marco y Meléndez, 1987; Domínguez Alonso y Gutiérrez-Marco, 1990; Gutiérrez-Marco, 2000, 2001; Gutiérrez-Marco y Colmenar, 2011), moluscos (Babin y Gutiérrez-Marco, 1991, 1992), graptolitos (Gutiérrez-Marco, 1986; Gutiérrez-Marco y Rábano, 1987; Mitchell *et al.*, 2011), braquiópodos (Villas *et al.*, 1999; Reyes-Abril *et al.*, 2010, 2011), conodontos (Sarmiento, 1993; Del Moral, 2002; Del Moral y Sarmiento, 2008), ostrácodos (Vannier, 1986a, 1986b) e icnofósiles (Lorenzo y Gutiérrez-Marco, 2008). Entre los yacimientos paleontológicos del Silúrico se estudiaron algunos bivalvos (Kříž, 2005) y graptolitos (Lorenzo *et al.*, 2009). Los grupos fósiles del Devónico estudiados con mayor detalle, son los braquiópodos (Pardo Alonso y García-Alcalde, 1984; Pardo Alonso, 1997, 1998, 2002a, 2002b, 2008), conodontos (García-Alcalde *et al.*, 1984; García-López *et al.*, 1999), cefalópodos (House y Price, 1985) y ostrácodos (Gozalo *et al.*, 2002). El conjunto de estos trabajos ha permitido caracterizar en la región 6 géneros y 25 especies nuevas, adicionales a las ya descritas en los 120 años precedentes (Pardo Alonso y Gozalo Gutiérrez, 1999; Gutiérrez-Marco y Rábano, 2011). También sirvieron de base para mejorar la datación y correlación de las distintas unidades litoestratigráficas, e incluso para la redefinición completa de la sucesión devónica (García-Alcalde y

Pardo Alonso, 1984; Pardo Alonso y García-Alcalde, 1984, 1996).

Además de las publicaciones reseñadas en esta breve síntesis histórica, existen otros datos paleontológicos de interés contenidos en numerosos informes mineros y cartográficos inéditos, así como en la documentación complementaria al proyecto MAGNA de la región de Almadén. Los mapas correspondientes se completaron entre los años 1983 (hojas de Siruela, Valdemanco de Esteras, Tirteafuera, Hinojosa del Duque y San Benito), 1985 (Almadén) y 1995 (Chillón), si bien su publicación por parte del IGME se demoró hasta 1987, 1990 y 2005, respectivamente.

### FÓSILES EN LA MINA DE ALMADÉN

Casiano de Prado (en Verneuil y Collomb, 1853, p. 130) fue el primer autor que descubrió fósiles en el interior de la mina de Almadén, concretados en "graptolitos un poco borrosos", procedentes de "las pizarras que se hallan en contacto con el cinabrio", así como en "Bilobites" de la "piedra frailesca" siluriana (Prado, 1855, pág. 186 y 192, respectivamente). Mallada (1875) citó en Almadén *Monograpsus Nilsoni* Barr. y *M. Priodon* Bronn, sin especificar si el material procedía de la explotación subterránea. Kuss (1878) mencionó nuevo material de la mina, similar al encontrado por Prado (1855), especificando que los graptolitos aparecen también en las pizarras negras ampelíticas intercaladas en las cuarcitas con bilobites del criadero. Y que los bilobites de la "frailesca" están representados también en pizarras, tanto en las intercaladas en las cuarcitas del cerco de Buitrones, como en fragmentos de las mismas engastados en la antedicha toba volcánica.

Cortázar (1880) confirmó la presencia en Almadén del graptolito *M. Nilsoni* Barr., al que añadió *Monograpsus convolutus* Barr., así como el "fósil vegetal" *Butrotrephis gracilis*, Hall (= *Chondrites* isp.). Dedujo además que los nódulos de pirita intercalados en la pizarra graptolítica, serían el residuo de las sustancias orgánicas "sin duda producidas por los *Graptolites* que vivieron en las aguas donde se depositaron los légamos que han dado origen a las pizarras".

Malaise (1897) aportó la identificación de *Monograptus priodon* en la mina de Almadén, a partir de unas muestras facilitadas por el ingeniero D. Enrique Jubés.

Hernández Sampelayo (1926) presentó nuevos fósiles recolectados dentro de la mina, concretamente un "precioso conjunto gotlandiense" de graptolitos, hallado "en el techo del criadero de San Nicolás, al Norte y en contacto con el cinabrio". Entre ellos identificó *Monograptus priodon* Bronn, *M. turriculatus* Barr., *M. convolutus* His., *Orthograptus*, *Diplograptus* y "quizás Climacograptidos, a los que se unen grandes Pterópodos, *Rhynchonella* semejantes a la *wilsoni* y algunos Lamelibránquios". Los mismos datos del trabajo de Hernández Sampelayo (1926) fueron reproducidos parcialmente por Hernández Sampelayo *et al.* (1926) y Hernández Sampelayo (1960).

Henke (1926) describió una asociación de graptolitos procedente del piso 12 y de la ladera norte de la mina

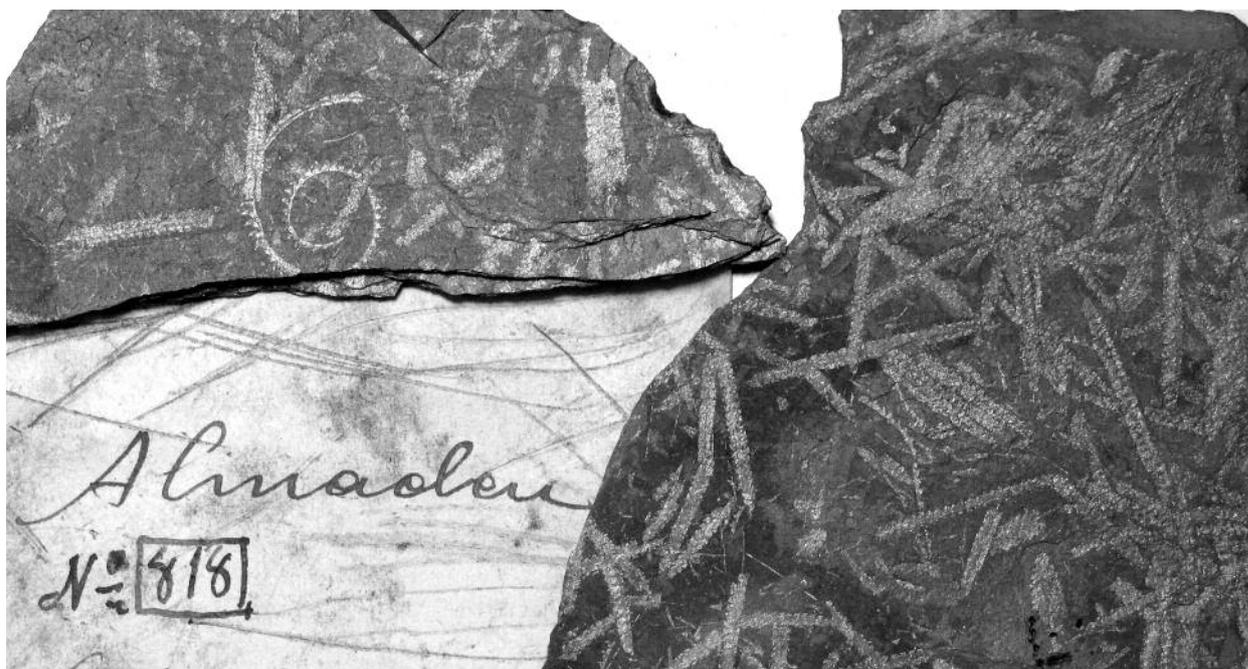


Figura 6. Muestras de pizarra negra con graptolitos silúricos, recogidas hacia 1940 en el interior de la mina de Almadén, pertenecientes a las colecciones históricas del Museo Geominero (IGME, Madrid).

de Almadén, compuesta por *Monograptus dubius* Suess, *M. priodon* Bronn, *M. exiguus* Barr., *M. millipeda* M' Coy, *M. gemmatus* Barr., *M. galaensis* Lapw., *M. Becki* Barr., *M. Sedgwicki* Portl., *M. leptotheka* Lapw.-sic-, *M. turriculatus* Barr., *Diplograptus palmeus* Barr. y *Cyrtograptus attenuatus*. El conjunto lo atribuye al Llandovery superior y Tarannon. Parte de los ejemplares fueron ilustrados en el informe de Henke y Hundt (1926; lám. 8, fig. 1-2). Las identificaciones taxonómicas precedentes fueron criticadas duramente por Haberfelner (1931), quien revisó gran parte del material original y citó en las muestras de la mina *Petalograptus hispanicus* nov. sp., *P. minor* Elles, *P. altissimus* Elles et Wood, *Petalograptus* sp. a (nov. sp.), *Petalograptus* sp. b (aff. *P. hispanicus*?), *Petalograptus* sp. c (aff. *P. palmeus* et var. *tenuis*), *Climacograptus bohemicus* (Perner), *C. hughesi* (Nicholson), *C. phrygionius* Toernquist, *Climacograptus* sp. a, *Glyptograptus* cf. *tamariscus* (Nicholson), *Monograptus gregarius* Lapworth, *M. concinnus* Lapworth, *M. regularis* Toernquist, *M. regularis* Tqt. var. *latus* nov. var., *M. nudus* (Lapworth), *M. distans* (Portlock), *M. sedgwicki* (Portlock), *M. lobiferus* (Mc Coy), *M. runcinatus* (Lawporth), *M. communis* var. *rostratus* (Elles et Wood), *M. intermedius* (Carruthers) y *Rastrites* sp. La asociación de graptolitos la asignó al Llandovery medio o superior, descartando la concurrencia de formas de edades dispares, por ejemplo la "extraña asociación entre *Monograptus dubius* y *Petalograptus palmeus*", dada por Henke y Hundt (1926) para el yacimiento de Almadén, y que para Haberfelner (1921) fue fruto de la identificación errónea de éstas y otras especies mencionadas. El trabajo del autor austriaco tiene la virtud de aportar descripciones y dibujos de todos los taxones de graptolitos, por lo que tras su traducción española (1952), la monografía se convirtió en fuente primordial (y también de errores) para la identificación de graptolitos en otras localidades silúricas centroibéricas. En su apartado sistemático cabe resaltar la definición, con

material de la mina de Almadén, de la nueva especie "*Petalograptus*" *hispanicus* [= *Parapetalolithus hispanicus* (Haberfelner, 1931)]. El taxón se halla ampliamente difundido por numerosos yacimientos del Telychiense de todo el mundo, y Bouček y Příbyl (1941) seleccionaron como lectotipo a uno de los ejemplares figurados por Haberfelner (1931, lám. 1, fig. 11a). Sin embargo, la posible desaparición del material tipo, en tiempos la II Guerra Mundial, deja pendiente la designación de un neotipo entre el material topotípico de la especie, a seleccionar entre las colecciones existentes de la mina de Almadén.

El trabajo póstumo de Hernández Sampelayo (1960, láms. 1-19) ilustró 292 ejemplares de graptolitos procedentes de la mina de Almadén, sin precisar si al material original de 1926, se unen otros puntos de hallazgo en diferentes lugares de la explotación subterránea, representativos de más de un horizonte fosilífero. Las identificaciones taxonómicas comprenden numerosas especies asignadas a los géneros *Climacograptus*, *Petalograptus*, *Orthograptus*, *Glyptograptus*, *Mesograptus*, *Lasiograptus*, *Glossograptus*, *Dimorphograptus*, *Monograptus*, *Rastrites* y *Cyrtograptus*. No obstante, las ilustraciones acompañantes son demasiado esquemáticas como para poder corroborar la mayoría de las formas citadas, ni siquiera a nivel genérico en la mayor parte de los casos. Esto es especialmente claro para las 33 formas nuevas propuestas por el autor con material de la mina de Almadén, por ejemplo *Monograptus Almadeni*, *M. haberfelneri*, *Monograptus communis-hispanus*, *Climacograptus ancylus*, *Glossograptus (Tecacanthus) loxos*, *Lasiograptus ritmicus*, etc. Los ejemplares tipo de todas las especies pretendidamente nuevas, corresponden a fragmentos de rabdosomas, virtualmente indeterminables por la tosca factura de sus dibujos, que llegan a representar estructuras estafalarias, nunca observadas entre los graptolitos de la mina o de otras localidades del Silúrico centroibérico.

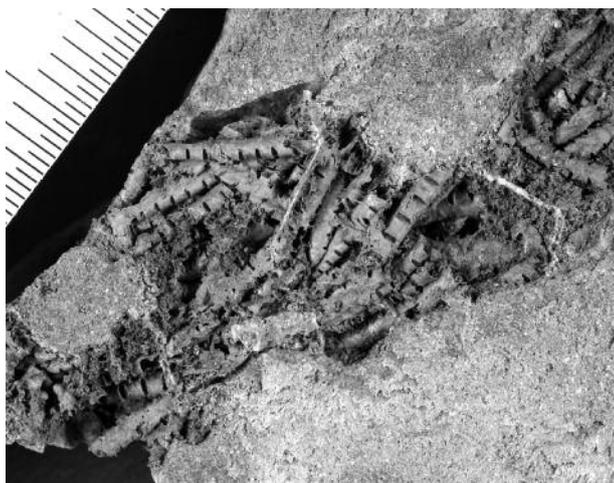


Figura 7. Nódulo piritoso descompuesto, procedente de la parte alta de la Cuarcita del Criadero del flanco norte del sinclinal de Almadén, mostrando numerosos rhabdosomas del graptolito *Normalograptus scalaris* (Hisinger, 1837), huecos y conservados con su relieve original (Lorenzo y Gutiérrez-Marco, 2009).

La referencia más moderna de fósiles en la mina de Almadén procede de Saupé (1971a), quien citó graptolitos "en viejas labores del subsuelo de la mina de Almadén, 50 m al noroeste del pozo San Aquilino y algunos metros por debajo de la planta 11". Allí, y en contacto con el techo de la cuarcita, mencionó el hallazgo de *Monograptus communis* (Lapworth), *M. distans* (Portlock) -sic-, *M. lobiferus* (M'Coy), *M. jaculum* (Lapworth), *M. cf. turriculatus* (Barrande), *Climacograptus scalaris* (Hisinger), *Petalograptus palmeus* (Barrande) y *Petalograptus* sp. Las identificaciones taxonómicas corrieron a cargo del especialista francés André Philipot, quien atribuyó la asociación al "Valentiense medio" (zonas 20 a 22 de Elles y Wood).

Del conjunto de fósiles encontrado en las minas de Almadén cabe realizar dos consideraciones. En primer lugar, se echa en falta un estudio que establezca la constitución precisa de los horizontes fosilíferos del Silúrico representados en la mina, bien a través del examen de colecciones históricas, o mediante nuevas recolecciones, en principio difíciles de emprender tras haberse culminado la explotación del cinabrio y permanecer cerradas las plantas 11 y 12, de donde procede buena parte del material citado por los autores previos. En segundo lugar, nadie excepto Prado (1855) y Kuss (1878) volvió a citar "bilobites" (= trazas bilobadas) en la "piedra fraileasca" de la mina, cuyo material original se considera perdido en ambos casos. El hallazgo de estas huellas, equiparables con reservas al icnogénero *Cruziana*, tanto en la mina como en la sierra de La Cárcel (Fig. 5), dio pie a la introducción de errores geológicos en la estructura de pliegues (por multiplicación de los mismos), que perduraron hasta bien entrado el siglo XX (Hernández Sampelayo *et al.*, 1926). El trabajo de Almela *et al.* (1962), aclaró definitivamente la estructura isoclinal de todo el flanco sur del Sinclinal de Almadén, donde la mina se emplaza dentro de una sucesión paleozoica geoméricamente concordante y poco replegada.

## YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS Y FÓSILES SINGULARES DE LA REGIÓN DE ALMADÉN

Las síntesis modernas realizadas por Pardo Alonso y Gozalo Gutiérrez (1999), Aguirre y Rábano (1999), Lorenzo *et al.* (2009), Gutiérrez-Marco y Rábano (2011) y Gutiérrez-Marco *et al.* (2011), han dejado clara la relevancia histórica que la región de Almadén posee para la Paleontología española, así como el enorme interés científico y patrimonial que brindan muchos de sus yacimientos paleontológicos, en especial para los sistemas Ordovícico y Devónico. En ellos se han descrito numerosas especies nuevas, de las que más de medio centenar continúan siendo válidas. Y a las que cabría sumar al menos una decena de formas nuevas que aún se hallan en vías de formalización. Parte de estos taxones llevan nombres dedicados a la región, por ejemplo el género *Almadenorthis* (braquiópodo ordovícico) o las especies *Eccoptychile almadenensis*, *Chattiaspis almadenensis* (ambos trilobites ordovícicos), *Hedstroemia almadenensis* (braquiópodo ordovícico), *Apousiella almadenensis*, *Cyrtospirifer almadenensis* (braquiópodos devónicos, Fig. 4), *Leptodesma almadenensis* (bivalvo devónico) y *Cruziana? almadenensis* (icnofósil ordovícico, Fig. 5). El inicio tan temprano de las investigaciones en el área condujo a que muchos taxones descubiertos por vez primera en la región de Almadén, recibieran nombres alusivos a España (*Gracquina hispanica*, *Leptodesma? hispanica*, *Dzeruska hispanica*, *Sinuities hispanicus*, *Parapetalolithus hispanicus*, *Geragnostus hispanicus*, *Zetillaenus ibericus*, *Taeniaster ibericus...*) o a Sierra Morena (*Cyphoterorhynchus marianus*, *Combophyllum marianum*, *Hispaniaspis morenaica*, *Oretanocalix...*; Fig. 2). Las dedicatorias taxonómicas se extienden también a muchos de los autores que desarrollaron estudios pioneros en la región: "*Avicula? leplayi*, *Pradoella pradoi*, *Pradochonetes muelleri*, "*Acervularia? pradoana*, *Kerfornella barrandei*, *Deanaspis malladai*, *Priorncheilus almelai*, etc.

Desde el punto de vista del patrimonio geológico y paleontológico, la localidad y estratotipo de cada una de las 53 especies fósiles descritas en la región de Almadén (25 ordovícicas, 4 silúricas y 23 devónicas), debería considerarse a todos los efectos como patrimonio de tipo "inmueble", por tratarse de lugares de interés científico con necesidades especiales de conservación. Sin embargo, muchos de los yacimientos clásicos del siglo XIX y principios del XX, o bien no han vuelto a ser localizados con precisión (Fig. 8), o bien han desaparecido por su carácter efímero, al hallarse vinculados con explotaciones mineras, canteras restauradas o con la traza de antiguos caminos. Aún así, el conjunto de la región conserva muchas localidades paleontológicas de gran valor patrimonial: no sólo las localidades tipo de diversas especies (en ocasiones un mismo yacimiento del Devónico Superior constituye la localidad tipo de dos o más taxones, algunos únicos a nivel mundial), sino también puntos con especial relevancia internacional, como por ejemplo la sección del límite Ordovícico-Silúrico del flanco norte del sinclinal de Almadén. En el mismo se localiza uno de los raros puntos con la Fauna

de Hirnantia en España, además del único con conservación tridimensional de graptolitos silúricos (por piritización multifásica) en rocas detríticas de grano grueso (Fig. 7).

Desde el punto de vista del patrimonio paleontológico "mueble", las colecciones más importantes de fósiles procedentes de Almadén se conservan en distintas instituciones nacionales y extranjeras, en donde cobran una importancia inequívoca los ejemplares correspondientes al material tipo de las especies nuevas definidas en el área, y también el material histórico, en especial el derivado de yacimientos desaparecidos. A continuación expondremos una breve relación de instituciones con colecciones paleontológicas procedentes de Almadén.

Alemania.- El Museo Senckenberg de Frankfurt alberga las importantes colecciones reunidas por Drevermann (1909), que fueron descritas en detalle por Born (1918), Müller (1929) y Paeckelmann (1942). En la misma institución se conserva la colección de trilobites ordovícicos de los trabajos de Hammann (1974, 1976, 1983). El material de Redlin (1955) y Maass (1961, 1963) se halla depositado en el Instituto Geológico y Paleontológico de la Universidad de Münster, y el de Seilacher (1970) en el Instituto y Museo de la Universidad de Tübingen. No se ha logrado identificar por el momento el paradero de los fósiles estudiados por Puschmann (1967) y Henke y Hundt (1926). Haberfelner (1931) logró revisar gran parte del material del último trabajo citado, pero sin duda fue devuelto a Alemania, porque no consta en la base de datos de las colecciones paleontológicas austriacas, donde en cambio figuran los fósiles originales de gran parte de sus publicaciones.

Francia.- El material original de Verneuil (in Murchison, 1850; Anónimo, 1850), así como el que le fue enviado por Casiano de Prado y aparece ilustrado en Verneuil y Barrande (1855), fue transferido desde la Escuela Nacional Superior de Minas de París a la Agencia Nacional de Colecciones Paleontológicas Francesas, y está depositado actualmente en la Universidad de Lyon. Los fósiles identificados en los trabajos de Groth (1911, 1914a, 1914b) y Ciry (1936) se conservaron en el Laboratorio de Geología de la universidad parisina de La Sorbona, pero se carece de referencias ciertas sobre su depósito actual. Lo mismo sucede con los fósiles ordovícicos y silúricos obtenidos por Bouyx (1970), Bouyx y Saupé (1966) y Saupé (1971a, 1971b, 1973), que no especifican su lugar de depósito. Sin embargo, tanto el último autor como los de los trabajos realizados en Orsay (Lauret, 1974; Lozac'h y Vidal, 1976; Blachère, 1978; Prost-Dame, 1980) citaron el envío de las muestras paleontológicas a distintos especialistas, que tras su estudio podrían haberlas retenido en sus respectivos centros de trabajo, algo común en la época. En ese sentido, los autores franceses distribuyeron los fósiles de Almadén entre diversos especialistas en flora paleozoica (H. Broutin), moluscos ordovícicos (C. Babin), equinodermos ordovícicos (J. Chauvel), braquiópodos ordovícicos y devónicos (V. Havlíček, J. Drot), trilobites ordovícicos y devónicos (J. Pillet, J.-L. Henry), cornulítidos (H. Lardeux), briozoos (F. Bigey), graptolitos ordovícico-

silúricos (B. Boucek, H. Jaeger, A. Philippot), quitinozoos ordovícicos (R. Rauscher) e icnofósiles ordovícicos y devónicos (J.M. Poutiers). En Lyon se conservan los ostrácodos ordovícicos del sinclinal de Almadén estudiados por Vannier (1986a, 1986b), que le fueron remitidos por W. Hammann y J.C. Gutiérrez-Marco.

Gran Bretaña.- En el Museo de Historia Natural de Londres se conserva el material tipo del goniatites descrito por House y Price (1985) en el Devónico Superior del sinclinal de Guadalmez.

España.- El Instituto Geológico y Minero de España, como institución centenaria heredera de la *Comisión del Mapa*, conserva en su Museo Geominero gran parte de las colecciones de los pioneros de la geología española (Rábano, 2010). Esto incluye gran número de fósiles recolectados en la región de Almadén por Prado (1855) y otros miembros de la Comisión (Rábano y Arribas, 1997; Rábano, 1998), entre ellos Mallada (1875, 1880) y Cortázar (1880). El problema es que entre su fundación en 1927 y 1990 el Museo careció de inventario de la colección. Al desconocerse el nombre del depositante y la fecha de ingreso de cada ejemplar, desde 1993 viene haciéndose una investigación sistemática de los fondos a fin de averiguar su procedencia, con alentadores resultados (Menéndez y Rábano, 2010, con referencias previas). Para los fósiles procedentes de la región de Almadén, y aparte de los recolectados por los autores antes citados, en la colección del museo se ha localizado la totalidad o parte de los ejemplares ilustrados o mencionados en los trabajos de Hernández Sampelayo (1948), Meléndez (1951a), Márquez Triguero (1961, 1963), Almela *et al.* (1962) y Quintero y Revilla (1966). Por el contrario, de la colección de graptolitos silúricos reunida por Hernández Sampelayo (1926, 1960) no sobreviven más que las escasas piezas que en 1992 se encontraban expuestas en vitrina. El resto de los fósiles del museo sin procedencia etiquetada fue desechado y destruido ese año, por decisión de su entonces director, D. Ramón Rey-Jorissen, y su conservador de Paleontología, D. Jorge Esteban Arleguá. Entre otras desapareció una colección antigua de graptolitos, verosíblemente la de P. Hernández Sampelayo, que acababa de ser reunida por el primero de los firmantes de esta nota en siete cajones, a los efectos de un futuro estudio. Los fósiles originales de Hammann y Schmincke (1986), donados al museo por esas fechas, incomprensiblemente también desaparecieron, pese a que se hallaban correctamente identificados.

La reapertura del Museo Geominero, realizada casi en paralelo con el primer inventario general de todos sus fondos, propició la investigación de las colecciones históricas que permanecían ignoradas, y el establecimiento de una moderna política de conservación y difusión. Las colecciones se vieron incrementadas con el depósito del material de la región de Almadén procedente de los trabajos de Rábano y Gutiérrez-Marco (1983), Rábano *et al.* (1985), Gutiérrez-Marco y Rábano (1987), Rábano (1983, 1989a-1989e), Sarmiento (1993), Gutiérrez-Marco (2000, 2001), Del Moral (2002), Kříž (2005), Del Moral y Sarmiento (2008), Lorenzo *et al.*

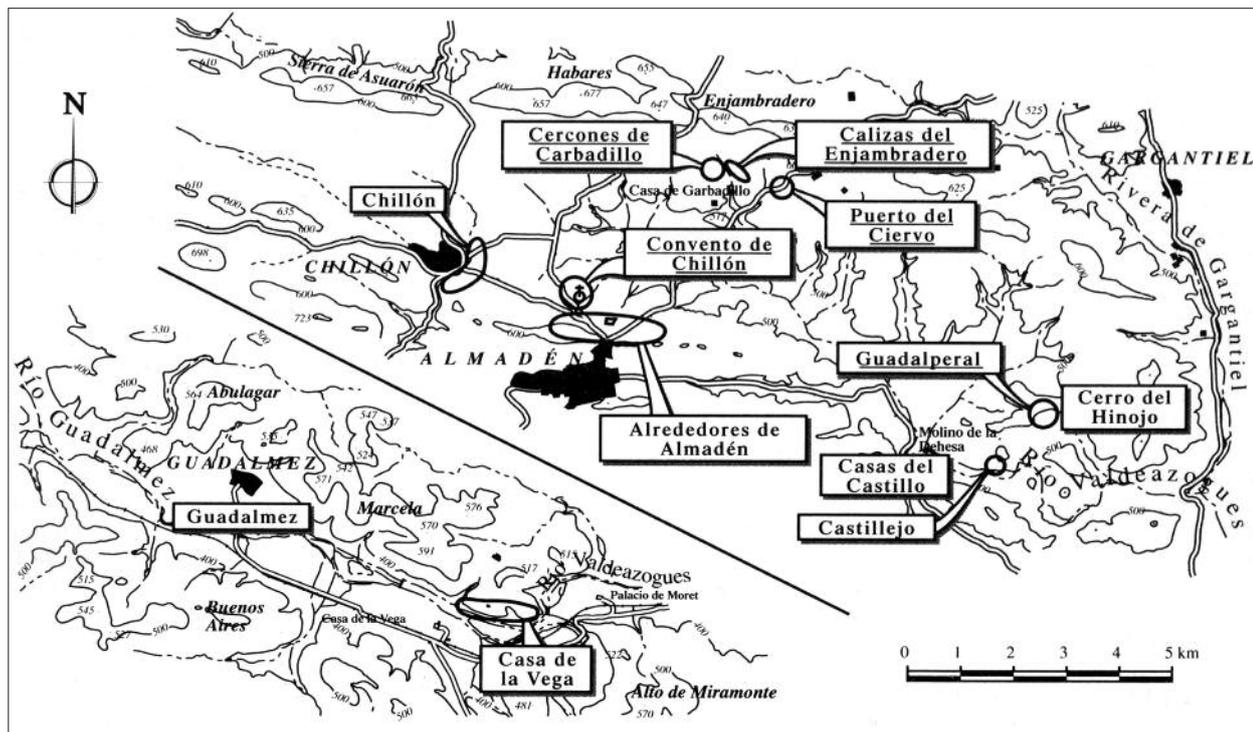


Figura 8. Mapa de yacimientos clásicos de fósiles devónicos de los sinclinales de Almadén (arriba derecha) y Guadalmez (abajo izquierda), en su mayoría citados por Prado (1855) y Verneuil y Barrande (1855). Las localidades subrayadas son las que han podido identificarse con precisión y sufrieron un gran expolio en el último tercio del siglo XX. Ilustración reproducida de Pardo Alonso y Gozalo Gutiérrez (1999, fig. 2), por cortesía de la Sociedad Española de Paleontología.

(2009), Reyes-Abril *et al.* (2010) y Mitchell *et al.* (2011). También en el Instituto Geológico y Minero de España, pero en diferente dependencia (Litoteca MAGNA) fueron depositados los originales de muchas muestras paleontológicas recogidas durante la realización de las seis hojas geológicas de la región de Almadén, aunque parte de ellas no llegaron a entregarse y quedaron retenidas en la Universidad de Oviedo.

El ámbito universitario es otro de los lugares que alberga colecciones paleontológicas de la región de Almadén. Es el caso de la Universidad de Zaragoza y su museo paleontológico, donde se depositaron los braquiópodos ordovícicos descritos por Villas *et al.* (1999). En el Departamento de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid se conservan los equinodermos descritos por Bouyx (1962), Chauvel y Meléndez (1978, 1986), Gutiérrez-Marco *et al.* (1984), Gutiérrez-Marco y Meléndez (1987), Domínguez Alonso y Gutiérrez-Marco (1990) y Babin y Gutiérrez-Marco (1991, 1992). En el Área de Paleontología y Museo de Geología de la Universidad de Oviedo se depositaron los braquiópodos y conodontos devónicos, originales de Pardo Alonso y García-Alcalde (1984), García-Alcalde *et al.* (1984) y García-López *et al.* (1999). Las colecciones de braquiópodos devónicos, posteriores al primero de los trabajos citados, se conservan en el Área de Paleontología y Museo de Geología de la Universidad de Valencia (Pardo Alonso, 1997, 1998, 2002a, 2002b, 2008), así como los braquiópodos y ostrácodos del trabajo de Gozalo *et al.* (2002). La mayoría de estos trabajos paleontológicos sobre el Devónico de Almadén, considera también otros notables ejemplares, procedentes de colecciones históricas depositadas tanto en el Museo Geominero, como en el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid.

La importancia de los yacimientos paleontológicos de Almadén ha hecho que otras muchas instituciones

españolas y extranjeras se dotaran de colecciones propias obtenidas durante los siglos XIX y XX. Se trata en todos los casos de ejemplares destinados a exhibición en museos o a nutrir las colecciones de comparación y docencia universitaria, sin que formen parte del material original publicado por ningún estudio. En este último grupo se inscribe el material paleontológico expuesto en el Museo del Parque Minero de Almadén, en el Museo histórico-minero "Francisco Holgado" de la Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén, en el Museo Provincial de Ciudad Real o en el Museo histórico-minero "D. Felipe de Borbón y Grecia" de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, por citar tan sólo cuatro ejemplos correspondientes a colecciones de instituciones públicas españolas.

## CONCLUSIONES

La región de Almadén es uno de los lugares clave desde donde irradió el conocimiento científico de la Paleontología del Paleozoico marino en España. La sucesión-tipo de Almadén figura destacada en todas las síntesis estratigráficas sobre los materiales Ordovícico-Devónicos para la región surcentroibérica: Mallada (1895, 1898), Hernández Sampelayo (1942), Meléndez (1951b, 1953), Hammann *et al.* (1982), Julivert y Truyols (1983), Truyols y Julivert (1983), Julivert *et al.* (1983), San José *et al.* (1990), Gutiérrez-Marco *et al.* (1998, 2002), Robardet y Gutiérrez-Marco (2002), García Alcalde *et al.* (2002) y Martínez Poyatos *et al.* (2004).

En Almadén se sitúan las localidades tipo de 53 especies paleontológicas de invertebrados, más otras 35 adicionales que cayeron en sinonimia con formas preexistentes, o bien fueron invalidadas por trabajos posteriores. Las localidades donde fueron definidas las especies paleontológicas en vigor deberían ser objeto, en lo posible, de catalogación como LIGs y, además, para alguno

de los yacimientos más notables sería necesario emprender acciones de demarcación y geoconservación.

Finalmente, se constata que el material paleontológico derivado de la región de Almadén se halla disperso en numerosas instituciones públicas de varios países, por lo que a efectos patrimoniales convendría investigar la relación y tipo de material que se encuentra depositado en cada una de ellas. Todo ello con vistas a la realización de un catálogo unificado que facilite la prosecución de las investigaciones con fósiles procedentes tanto de los yacimientos clásicos, como de los ya desaparecidos (por ejemplo, por causa del cierre de la mina o la colmatación de canteras); así como para tratar de localizar el material original derivado de aquellos trabajos previos y que permanece en paradero incierto o desconocido.

## AGRADECIMIENTOS

A Luis Mansilla Plaza (Universidad de Castilla-La Mancha), editor invitado de este volumen, por sus comentarios y por la paciencia demostrada en la entrega tardía de nuestro manuscrito. A Miguel V. Pardo (Universidad de Valencia), por su permiso para reproducir los ejemplares de braquiópodos devónicos de la figura 4. A Carlos Alonso (Universidad Complutense de Madrid), por su ayuda con las ilustraciones que acompañan al artículo. Este trabajo es una contribución al Grupo Español de la Comisión Internacional para la Historia de la Geología (INHIGEO) de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS).

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, E. y Rábano, I. (Coords.) 1999. *La Huella del pasado. Fósiles de Castilla-La Mancha*. Serie Patrimonio Histórico - Arqueología, Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 381 pp.
- Almela, A., Alvarado, M., Coma, J., Felgueroso, C. y Quintero, I. 1962. Estudio geológico de la región de Almadén. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 73, 193-327.
- Anónimo, 1850. Apuntes sobre algunos fósiles hallados por el Sr. De Verneuil en España. *Revista Minera*, 1, 95.
- Anónimo, 1856. Lista de fósiles del terreno paleozoico del centro de España, tomada de la descripción de los mismos por Mrs. de Verneuil y Barrande, que hace parte de la memoria del Sr. D. Casiano de Prado sobre la geología de Almadén y de una parte de Sierra Morena y Montes de Toledo, publicada en París últimamente. *Revista Minera*, 7, 414-421.
- Babin, C. y Gutiérrez-Marco, J.C. 1991. Middle Ordovician bivalves from Spain and their phyletic and palaeogeographic significance. *Palaeontology*, 34, 109-147.
- Babin, C. y Gutiérrez-Marco, J.C. 1992. Intérêt paléobiogéographique de la présence du genre *Trocholites* (Cephalopoda, Nautiloidea) dans le Dobrotivá (Llandeilo) inférieur d'Espagne. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, 1992, 519-541.
- Barrande, J. 1852. *Système Silurien du centre de la Bohême. 1<sup>ère</sup> Partie: Recherches Paléontologiques. Volume 1, Crustacés: Trilobites*. Prague & Paris, xxx+935 pp.
- Bernaldez, F. y Rúa Figueroa, R. 1861. *Memoria sobre las minas de Almadén y Almadenejos*. Imprenta Nacional, Madrid, 325 pp.
- Blachère, H. 1978. *Etude géologique et minière de la région de Chillón-El Borracho (synclinal d'Almadén)*. Ciudad Real/Espagne. Thèse 3ème cycle, Université de Paris-Sud, Orsay, 163 pp. (Inédito)
- Born, A. 1918. Die *Calymene tristani*-Stufe (mittleres Untersilur) bei Almadén, ihre Fauna, Gliederung und Verbreitung. *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, 36, 309-358. [Traducido al español en 1953: El tramo de *Calymene tristani* en Almadén (Ordoviciense medio) su fauna, división y extensión. *Publicaciones Extranjeras sobre Geología de España*, 7 (3), 173-264].
- Bouček, B. y Příbyl, A. 1941. O rodu *Petalolithus* Suess českého siluru (Über die Gattung *Petalolithus* Suess aus dem böhmischen Silur). *Rozprawy 2. Třída České Akademie Veda Umeni*, 51 (11), 1-22.
- Bouyx, E. 1962. Sur un gisement de Cystidés de l'Ordovicien moyen de la Sierra Morena. *Comptes Rendus de la Société géologique de France*, 1962 (7), 197-199. [Traducido al español en 1963: Sobre un yacimiento de cistideos del Ordoviciense medio de Sierra Morena. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 69, 255-258].
- Bouyx, E. 1970. Contribution à l'étude des formations Anté-Ordoviciennes de la Meseta Meridionale (Ciudad Real et Badajoz). *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*, 73, 1-263.
- Bouyx, E. y Saupé, F. 1966. Précision sur la limite Arenig-Llandeilo dans l'Ordovicien d'Almadén (Province de Ciudad Real, Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série D*, 263, 321-323.
- Chauvel, J. y Meléndez, B. 1978. Les Echinodermes (Cystoïdes, Asterozoaires, Homalozoaïres) de l'Ordovicien moyen des Monts de Tolède (Espagne). *Estudios Geológicos*, 34, 75-87.
- Chauvel, J. y Meléndez, B. 1986. Note complémentaire sur les échinodermes ordoviciens de Sierra Morena. *Estudios Geológicos*, 42, 451-459.
- Ciry, G. 1936. Contribution à l'étude géologique de la région d'Almadén. *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, 36, 295-300.
- Cortázar, D. de. 1880. Reseña física y geológica de la provincia de Ciudad Real. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 7, 289-330.
- Del Moral, B. 2002. Conodontos de la Formación Caliza Urbana (Kralodvoriense) en el Sinclinal de Guadalmez (Ciudad Real, España). *Coloquios de Paleontología*, 53, 69-85.
- Del Moral, B. y Sarmiento, G.N. 2008. Conodontos del Katiense (Ordovícico Superior) del sector meridional de la Zona Centroeibérica (España). *Revista Española de Micropaleontología*, 40 (3), 169-245.
- Domínguez Alonso, P. y Gutiérrez-Marco, J.C. 1990. Primeros representantes ibéricos del género *Anatífopsis* (Homalozoa, Stylophora) y su posición sistemática. *Acta Salmanticensia*, 68, 121-131.
- Drevermann, F. 1909. Paläozoische Notizen. 2. Über Unter- und Oberdevon bei Almadén in Spanien. *Bericht der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, 40, 76-78.
- Ezquerro del Bayo, J. 1838. Apuntes geognósticos y mineros sobre una parte del mediodía de España. *Anales de Minas*, 1, 322-360.
- Ezquerro del Bayo, J. 1844. Descripción geognóstica y minera de los criaderos de Sta. Cruz de Mudela. *Boletín Oficial de Minas*, 11, 125-127.
- Ezquerro del Bayo, J. 1847. *Traducción del libro "Elementos de Geología", de Charles Lyell (1838), con adiciones sobre los terrenos de España*. Imprenta de Don Antonio Yenes, Madrid, 652

- pp. [Con ediciones facsímiles de 1998 y 2003, publicadas en Madrid por la Sociedad Geológica de España y el IGME, respectivamente]
- García-Alcalde, J.L. y Pardo Alonso, M.V. 1984. El Devónico de la Región de Almadén (Ciudad Real, España). *I Congreso Español de Geología*, Segovia, 1, 473-482.
- García-Alcalde, J.L., Arbizu, M.A., Pardo Alonso, M.V. y García-López, S. 1984. El límite Devónico-Carbonífero en el área de Almadén-Santa Eufemia (Prov. de Ciudad Real y Córdoba, Sierra Morena, España). *I Congreso Español de Geología*, Segovia, 1, 421-430.
- García-Alcalde Fernández, J.L., Carls, P., Pardo Alonso, M.V., Sanz López, J., Soto, F., Truyols-Massoni, M. y Valenzuela-Ríos, J.I. 2002. Devonian. En: Gibbons, W. y Moreno, T. (Eds.), *The Geology of Spain*. The Geological Society, London, 67-91.
- García-López, S., Sanz López, J. y Pardo Alonso, M.V. 1999. Conodontos (bioestratigrafía, biofacies y paleotemperaturas) de los sinclinales de Almadén y Guadalmez (Devónico-Carbonífero Inferior), zona Centroibérica meridional, España. *Revista Española de Paleontología*, nº extraordinario homenaje al prof. J. Truyols, 161-172.
- Gonzalo y Tarín, J. 1879. Reseña físico-geológica de la provincia de Badajoz. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 6, 389-412.
- Gozalo Gutiérrez, R., Pardo Alonso, M.V. y Valenzuela Ríos, J.I. 2002. Estratigrafía y paleontología del yacimiento QUIN-18 (Formación Valmayor, Frasnense, Sinclinal de Almadén, España). *Revista Española de Paleontología*, 17 (1), 83-100.
- Groth, J. 1911. Sur le Primaire de la Sierra Morena. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 150, 231-232.
- Groth, J. 1914a. Les schistes à Goniatites de Guadalmez. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 158, 525-526.
- Groth, J. 1914b. La Sierra Morena. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 158, 1722-1724.
- Gutiérrez Marco, J.C. 1986. *Graptolitos del Ordovícico español*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 3 vols., 701 pp. (Inédito).
- Gutiérrez-Marco, J.C. 2000. Revisión taxonómica de "Echinophaerites" *murchisoni* Verneuil y Barrande, 1855 (Echinodermata, Diploporita) del Ordovícico Medio centroibérico (España). *Geogaceta*, 27, 121-124.
- Gutiérrez-Marco, J.C. 2001. Cistoideos rombíferos (Echinodermata) de la Caliza Urbana (Ordovícico Superior) de la Zona Centroibérica, España. *Coloquios de Paleontología*, 52, 107-116.
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Colmenar, J. 2011. Biostratigraphy of the genus *Calix* (Echinodermata, Diploporita) in the Middle Ordovician of the southern Central Iberian Zone (Spain). En: Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I. y García-Bellido, D. (Eds.), *Ordovician of the World*. Cuadernos del Museo Geominero, 14. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 189-197.
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Meléndez, B. 1987. Nuevos hallazgos de Estilóforos (Homalozoos) en los materiales ordovícicos de la Zona Centroibérica. *Coloquios de Paleontología*, 41, 41-50.
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Rábano, I. 1987. Trilobites y graptolitos de las lumaquelas terminales de los "Bancos Mixtos" (Ordovícico superior de la zona Centroibérica meridional). *Boletín Geológico y Minero*, 93, 647-669.
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Rábano, I. 2005. Fósiles ordovícicos del noroeste de España en la obra de Guillermo Schulz. En: Rábano, I. y Truyols, J. (Eds.), *Miscelánea Guillermo Schulz (1805-1877)*. Cuadernos del Museo Geominero, 5. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 179-190.
- Gutiérrez-Marco, J.C. y Rábano, I. 2011. El descubrimiento científico del Paleozoico centroibérico: la contribución de Casiano del Prado (1797-1866) al conocimiento de la región de Almadén y áreas limítrofes de los Montes de Toledo y Sierra Morena. En: Gutiérrez-Marco, J. C., Rábano, I., Mansilla Plaza, L. y García-Bellido, D. C. (Eds.), *Geología y Paleontología de Almadén en el siglo XIX*. Universidad de Castilla-La Mancha, Escuela de Ingeniería Minera e Industrial de Almadén y SEDPGYM, Madrid, 7-64.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Mansilla Plaza, L., Rábano, I. y García-Bellido, D.C. 2011. *Ordovician stratigraphy and paleontology of the province of Ciudad Real*. ISOS Field Trip Guide, May 12<sup>th</sup>-13<sup>th</sup>, 2011. 11<sup>th</sup> International Symposium on the Ordovician System, Madrid, 18 pp.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Robardet, M. y Piçarra, J.M. 1998. Silurian Stratigraphy and Paleogeography of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 23, 13-44.
- Gutiérrez-Marco, J.C., San José, M.A. y Pieren, A. 1990. Post-Cambrian Palaeozoic Stratigraphy, Central Iberian Zone. En: Dallmeyer, R.D. y Martínez García, E. (Eds.), *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. Springer Verlag, Berlín, 160-171.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Robardet, M., Rábano, I., Sarmiento, G.N., San José Lancha, M.A., Herranz Araújo, P. y Pieren Pidal, A. P. 2002. Ordovician. En: Gibbons, W. y Moreno, T. (Eds.), *The Geology of Spain*. The Geological Society, London, 31-49.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Chauvel, J., Meléndez, B. y Smith, A.B. 1984. Los equinodermos (Cystoidea, Homalozoa, Stelleroidea, Crinoidea) del Paleozoico inferior de los Montes de Toledo y Sierra Morena (España). *Estudios Geológicos*, 40 (3-4), 421-253.
- Haberfelner, E. 1931. Eine Revision der Graptholiten der Sierra Morena (Spanien). *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, 43, 19-66. [Traducido al español en 1952: Revisión de los graptolitos de Sierra Morena. *Publicaciones Extranjeras sobre Geología de España*, 6, 41-105].
- Hammann, W. 1974. Phacopina und Cheirurina (Trilobita) aus dem Ordovizium von Spanien. *Senckenbergiana lethaea*, 53 (1-5), 1-151.
- Hammann, W. 1976. Trilobiten aus dem oberen Caradoc der östlichen Sierra Morena (Spanien). *Senckenbergiana lethaea*, 57, 35-85.
- Hammann, W. 1983. Calymenacea (Trilobita) aus dem Ordovizium von Spanien; ihre Biostratigraphie, Ökologie und Systematik. *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, 542, 1-177.
- Hammann, W. y Rábano, I. 1987. Morphologie und Lebensweise der Gattung *Selenopeltis* (Hawle & Corda, 1847) und ihre Vorkommen im Ordovizium von Spanien. *Senckenbergiana lethaea*, 68, 91-137.
- Hammann, W. y Schmincke, S. 1986. Depositional environment and systematics of a new ophiuroid, *Taeniaster ibericus* n.sp., from the Middle ordovician of Spain. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 173: 47-74.
- Hammann, W., Robardet, M. y Romano, M. 1982. *The Ordovician System in southwestern Europe (France, Spain and Portugal)*. International Union of Geological Sciences, Ottawa, Publication 11, 1-47.
- Henke, W. 1926. Beitrag zur Geologie der Sierra Morena nördlich von La Carolina (Jaén). Mit einer Palaeontologisch-stratigraphischer Beitrag von A. Born. *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, 39 (2), 199-204. [Traducido al español en 1953: Aportación a la geología de Sierra Morena en la parte norte de "La Carolina" (Jaén). Con un informe paleontológico-estratigráfico por A. Born. *Publicaciones*

- Extranjeras sobre Geología de España*, 7 (2), 71-99].
- Henke, W. y Hundt, R. 1926. Bericht über einige Graptolithenfund in der Sierra Morena. *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, 39 (2), 205-213. [Traducido al español en 1952: Informe sobre algunos hallazgos de graptolitos en Sierra Morena. *Publicaciones Extranjeras sobre Geología de España*, 6, 27-39].
- Hernández Sampelayo, P. 1926. Yacimientos de graptolítidos en la zona de Almadén. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 26 (8), 435-438.
- Hernández Sampelayo, P. 1942. Explicación del Nuevo Mapa Geológico de España. Tomo II. El Sistema Siluriano. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*, 45 (1-2), 1-592, 593-848.
- Hernández Sampelayo, P. 1948. "*Pradoceras (Kotoceras) kobayashi*" n.sp. del Ordoviciense de Ciudad Real. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 61, 49-53.
- Hernández Sampelayo, P. 1960. Graptolítidos españoles, recopilados por Rafael Fernández Rubio. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 57, 3-78.
- Hernández Sampelayo, P., Sierra y Yoldi, A. de, Menéndez Puguet, L. y Mata y Martí, C. 1926. *Minas de Almadén. Criadero de mercurio de Almadén del Azogue*. Excursión B-1, XIV Congreso Geológico Internacional. Instituto Geológico de España, Madrid, 102 pp.
- House, M.R. y Price, J.D. 1985. New Late Devonian genera and species of tornoceratid goniatites. *Palaeontology*, 28 (1), 159-188.
- Julivert, M. y Truyols, J. 1983. El Ordovícico en el Macizo Ibérico. En: Comba, J.A. (Coord.), *Libro Jubilar J.M. Ríos, Geología de España*, 1. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 192-246.
- Julivert, M., Truyols, J. y Vergés, J. 1983. El Devónico en el Macizo Ibérico. En: Comba, J.A. (Coord.), *Libro Jubilar J.M. Ríos, Geología de España*, 1. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 265-311.
- Kříž, J. 2005. Telychian (Llandovery, Silurian) Bivalves from Spain. *Palaeontology*, 48 (3), 455-477.
- Kuss, H. 1878. Mémoire sur les mines et usines d'Almaden. *Annales des Mines [7<sup>e</sup> sér.]*, 13, 39-151.
- Lauret, J. 1974. *Recherches géologiques et minières dans la région d'Almaden-Almadenejos (Espagne)*. Thèse 3ème cycle, Université de Paris-Sud, Orsay, 149 pp. (Inédito)
- Le Play, F. 1834. Observations sur l'Extremadure et le Nord de l'Andalousie et essai d'une carte géologique de cette contrée. *Annales des Mines*, 13, 297-500 [Traducido al español en 1841: Descripción Geognóstica de Extremadura y Norte de Andalucía. *Annales de Minas*, 2, 143-196].
- Lorenzo, S. y Gutiérrez-Marco, J.C. 2008. *Cruziana? almadenensis* Seilacher: problemática icnotaxonomía y revisión de su localidad tipo. En: Ruiz-Omeñaca, J.I., Piñuela, L. y García-Ramos, J.C. (Eds.), *Libro de Resúmenes XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, 39-40.
- Lorenzo, S.E. y Gutiérrez-Marco, J.C. 2009. Occurrence and 3D-preservation of Llandovery graptolites in the Criadero Quartzite of the Almadén mining district (Spain). En: Corrigan, M.G. y Piras, S. (Eds.), *Time and life in the Silurian: a multidisciplinary approach*. *Rendiconti della Società Paleontologica Italiana*, 3 (3), 311-312.
- Lorenzo, S.E., Gutiérrez-Marco, J.C. y Rábano, I. 2009. Silurian geoheritage of the Almadén Mining Park (central Spain). En: Corrigan, M.G. y Piras, S. (Eds.), *Time and life in the Silurian: a multidisciplinary approach*. *Rendiconti della Società Paleontologica Italiana*, 3 (3), 313-314.
- Lozac'h, Y. y Vidal, M. 1976. *Etude géologique de la terminaison occidentale de la vallée de l'Alcudia, province de Badajoz. Espagne*. Thèse 3ème cycle, Université de Paris-Sud, Orsay, 160 pp. (Inédito).
- Luján, F. de. 1851. Estudios y observaciones geológicas relativos á terrenos que comprenden parte de la provincia de Badajoz, y de las de Sevilla, Toledo y Ciudad Real, y cortes geológicos de estos terrenos. Parte Segunda. *Memorias de la Real Academia de Ciencias de Madrid*, 1 (2), 1-71.
- Maass, R. 1961. Die Geologie, insbesondere das Devon, im Bereich der Orte Castuera-Cabeza del Buey-Monterrubio (Extremadura, Südspanien). *Akademie der Wissenschaften und der Literatur. Abhandlungen der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Klasse*, 1961 (2), 1-84.
- Maass, R. 1963. Geologische Beobachtungen in der östlichen Extremadura (Spanien). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 117, 185-207.
- Malaise, C. 1897. Découverte de graptolithes à Almaden, province de Ciudad Real, Espagne. *Bulletin de la Société Géologique de Belgique*, 24, 26.
- Mallada, L. 1875. Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España. Introducción. Terreno Paleozoico. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 2, 1-160.
- Mallada, L. 1880. Reconocimiento geológico de la provincia de Córdoba. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 7, 3-55.
- Mallada, L. 1895. Explicación del Mapa Geológico de España. Tomo II. Sistemas Cambriano y Siluriano. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 20, 1-515.
- Mallada, L. 1898. Explicación del Mapa Geológico de España. Tomo III. Sistemas Devoniano y Carbonífero. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 21, 1-405.
- Márquez Triguero, E. 1961. Estratigrafía del Paleozoico en la región del río Guadalmez: aportación a la geología de Sierra Morena en la parte norte del Valle de los Pedroches. *Estudios Geológicos*, 17, 187-201.
- Márquez Triguero, F. 1963. Nueva división del Silúrico de Almadén. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 72, 199-218.
- Martínez Poyatos, D., Gutiérrez-Marco, J.C., Pardo Alonso, M.V., Rábano, I. y Sarmiento G. 2004. La secuencia paleozoica postcámbrica (Dominio del Complejo Esquistos-grauváquico). En: Vera, J.A. (Ed.), *Geología de España*. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 81-83.
- Meléndez, B. 1951a. Sobre un notable Cistideo del Silúrico español, *Echinosphaerites murichisoni* de Vern. y Barr. *Libro Jubilar (1849-1949) del Instituto Geológico y Minero de España*, 2, 1-15.
- Meléndez, B. 1951b. El sistema Devónico en la Península Hispánica. *Las Ciencias*, 16, 468-479.
- Meléndez, B. 1953. El Devónico de España. *Estudios Geológicos*, 9, 395-406.
- Menéndez, S. y Rábano, I. 2010. Fósiles de Extremadura en la colección paleontológica histórica del Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid): catálogo y puesta en valor. *Boletín Geológico y Minero*, 121 (2), 169-178.
- Mitchell, C.E., Storch, P., Holmden, C., Melchin, M.J. y Gutiérrez-Marco, J.C. 2011. New stable isotope data and fossils from the Hirnantian stage in Bohemia and Spain: implications for correlation and paleoclimate. En: Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I. y García-Bellido, D. (Eds.), *Ordovician of the World*. Cuadernos del Museo Geominero, 14. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 371-378.

- Müller, W. 1929. Die Fauna der Frasnies-Stufe bei Almadén (Sierra Morena, Spanien). *Abhandlungen der senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft*, 41 (5), 243-282.
- Murchison, R.I. 1850. Notice on the Geological Structure of Spain, to explain an Outline General Map of the Peninsula. By M.E. de Verneuil. *Report of the 20<sup>th</sup> meeting of the British Association*, 108, 1-4.
- Murchison, R.I. 1856. Anniversary Address of the President. Award of the Wollaston Medal and Donation Fund. *Quarterly Journal of the Geological Society*, London, 12 (1), xxi-cxix.
- Oehlert, D.-P. 1895. Sur les *Trinucleus* de l'Ouest de la France. *Bulletin de la Société Géologique de France [3<sup>e</sup> série]*, 23, 299-336.
- Oliveira, J.T., García-Alcalde, J.L., Liñán, E. y Truyols, J. 1986. The Famennian of the Iberian Peninsula. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 109, 159-174.
- Paeckelmann, W. 1942. Beiträge zur Kenntnis devonischer Spiriferen. *Abhandlungen des Reichsamts für bodenforschung [Neue Folge]*, 197, 1-188.
- Pardo Alonso, M.V. 1997. *Geología del Devónico meridional de la Zona Centroibérica*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 472 pp. (Inédita).
- Pardo Alonso, M.V. 1998. Update on the Silurian-Devonian transition in the Almadén area, Central-Iberian Zone, Spain. En: Gutiérrez-Marco, J.C. y Rábano, I. (Eds.), *Proceedings Sixth International Graptolite Conference & 1998 Field Meeting of the IUGS Subcommittee on Silurian Stratigraphy. Temas Geológico-Mineros ITGE*, 23, 110-114.
- Pardo Alonso, M.V. 2002a. Revisión de Douvillinae (Brachiopoda) de la zona Centroibérica meridional (Devónico Superior, España). *Revista Española de Paleontología*, 17 (1), 157-164.
- Pardo Alonso, M.V. 2002b. Revisión de "*Paraspirifer chillonensis*" (Quintero y Revilla, 1966), del Devónico inferior de Almadén (España). *Boletín Geológico y Minero*, 113 (1), 71-84.
- Pardo Alonso, M.V. 2008. El "nivel de monstruos" de Guadalperal, una fauna de braquiópodos singular en el Emsiense del sinclinal de Almadén (Devónico, Zona Centroibérica, España). En: Ruiz de Omeñaca, J.I., Piñuela, L. y García-Ramos, J.C. (Eds.), *Libro de resúmenes, XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, 244-245.
- Pardo Alonso, M.V. y García-Alcalde, J.L. 1984. Biostratigrafía del Devónico de la región de Almadén (Ciudad Real, España). *Trabajos de Geología*, Oviedo, 14, 79-120.
- Pardo Alonso, M.V. y García-Alcalde, J.L. 1996. El Devónico de la Zona Centroibérica. *Revista Española de Paleontología*, N<sup>o</sup> extraordinario en homenaje a J. Truyols, 72-81.
- Pardo Alonso, M.V. y Gozalo Gutiérrez, R. 1999. Historia de los estudios paleontológicos en el Devónico de la región de Almadén (Zona Centroibérica, España): período 1834-1990. *Revista Española de Paleontología*, n<sup>o</sup> extr. Homenaje al Prof. J. Truyols, 217-228.
- Prado, C. de. 1846. *Minas de Almadén. De la constitución geológica de sus criaderos, con una noticia sobre el sistema seguido en su laboreo y en el beneficio de sus minerales*. Imprenta y Fundición de Don Eusebio Aguado, Madrid, 75 pp.
- Prado, C. de. 1848. *Descripción de los terrenos de Valdesabero y sus cercanías en las montañas de León, donde se hallan las minas de carbón de piedra y de hierro de la Sociedad Palentino-Leonesa*. Imprenta y Fundición de Don Eusebio Aguado, Madrid, 17 pp.
- Prado, C. de. 1850. Note géologique sur les terrains de Sabero et de ses environs dans les montagnes de Léon (Espagne). *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 7, 137-155.
- Prado, C. de. 1852. Notice sur le terrain carbonifère d'Espagne. *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 9, 381-384
- Prado, C. de. 1855. Sur la géologie d'Almadén, d'une partie de la Sierra Morena et des montagnes de Tolède. *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 12, 182-204.
- Prado, C. de, Verneuil, E. de y Barrande, J. 1856. *Mémoire sur la géologie d'Almadén, d'une partie de la Sierra Morena et des Montagnes de Tolède*. Imprimerie de Martinet, Paris, 86 pp. [Separata de los trabajos de Prado, 1855 y Verneuil & Barrande, 1855].
- Prado, C. de., Verneuil, E. de y Barrande, J. 1860. Sur l'existence de la faune primordiale dans la chaîne cantabrique (C. de P.: 516-526); suivie de la Description des fossiles (E. de V. & J. B.: 526-554). *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 17, 516-554.
- Prost-Dame, V. 1980. *Géologie et géologie de la région de Castuera, Province de Badajoz (Espagne)*. Thèse 3ème cycle, Université de Paris-Sud, Orsay, 288 pp. (Inédito).
- Pelayo, F. 1994. El Aparato para la Historia Natural Española de José Torrubia (1698-1761): diluvismo, gigantes y la naturaleza de los fósiles en el pensamiento español del siglo XVIII. En: Gutiérrez-Marco, J.C. (Coord.), *Edición facsímil numerada del Aparato para la Historia Natural Española*. Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Madrid, 3-45.
- Puschmann, H. 1967. Das Paläozoikum im gebiet zwischen San Benito und Torrecampo (Sierra Morena/Espanien). *Geologie en Mijnbouw*, 46 (11), 383-391.
- Quintero, I. y Revilla, J. de la. 1966. Algunas especies nuevas y otras poco conocidas. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 82, 27-86.
- Rábano, I. 1983. The Ordovician trilobite *Hungioides Kobayashi*, 1936 (Asaphina, Dikelocephalinidae) from Spain. *Geobios*, 16 (4), 431-441.
- Rábano, I. 1989a. El género *Uralichas* Delgado, 1892 (Trilobita, Lichaida) en el Ordovícico de la Península Ibérica. *Boletín Geológico y Minero*, 100, 21-47.
- Rábano, I. 1989b-1989e. Trilobites del Ordovícico Medio del sector meridional de la Zona centroibérica española. *Boletín Geológico y Minero*, 100, 307-338 (parte 1), 541-609 (parte 2), 767-841 (parte 3), 971-1032 (parte 4). Reimpresas en 1990 como: *Publicaciones Especiales del Boletín Geológico y Minero*, 1-233.
- Rábano, I. 1998. La colección paleontológica de Casiano de Prado conservada en el Museo Geominero (ITGE, Madrid). *Geogaceta*, 23, 123-125.
- Rábano, I. 2010. Museos históricos en España: de los gabinetes de curiosidades a los modernos centros de investigación, conservación y comunicación. En: Gámez Vintaned, J.A. (Ed.), *La Paleontología en los museos*. Institución Fernando el Católico, Zaragoza, 29-39.
- Rábano, I. y Arribas, A. 1997. Los ejemplares tipo y figurados de las colecciones paleontológicas del Museo Geominero. I. Invertebrados e icnofósiles paleozoicos. *Boletín Geológico y Minero*, 108 (3), 229-233.
- Rábano, I. y Gutiérrez-Marco, J.C. 1983. Revisión del género *Ectillaenus* Salter, 1867 (Trilobita, Illaenina) en el Ordovícico de la Península Ibérica. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, 81, 225-246.
- Rábano, I. y Gutiérrez-Marco, J.C. 1999. La "Sinopsis" paleontológica de Lucas Mallada: fechas de publicación y otros aspectos editoriales. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26 (1), 103-110.
- Rábano, I., Pek, I. y Vanek, J. 1985. New Agnostina (Trilobita) from the Llanvirn (Ordovician) of Spain. *Estudios Geológicos*, 41, 439-445.

- Real Comisión de Minas, 1831. *Minas de Carbón de Piedra de Asturias*. Madrid, Imprenta de Don José del Collado, 62 pp. [Facsímil Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2006].
- Redlin, K. 1955. *Stratigraphie und Tektonik in der mittleren Sierra Morena im Bereich des Valle de Alcudia (Spanien)*. Dissertation der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 192 pp. (Inédito). [Resúmenes publicados en Walter (Ed., 1977), *Münster-sche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 42, 40-42, Anlage 13].
- Reyes-Abril, J., Villas, E. y Gutiérrez-Marco, J.C. 2010. Orthid brachiopods from the Middle Ordovician of the Central Iberian Zone (Spain). *Acta Palaeontologica Polonica*, 55 (2), 285-308.
- Reyes-Abril, J., Gutiérrez-Marco, J.C. y Villas, E. 2011. Biostratigraphy of the Middle Ordovician brachiopods from Central Spain. En: Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I. y García-Bellido, D. (eds.), *Ordovician of the World*. Cuadernos del Museo Geominero, 14. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 463-472.
- Robardet, M. y Gutiérrez-Marco, J.C. 2002. Silurian. En: Gibbons, W. y Moreno, T. (Eds.), *The Geology of Spain*. The Geological Society, London, 51-66.
- Romano, M. 1980. The trilobite *Eccoptochile* from the Ordovician of northern Portugal. *Palaeontology*, 23, 605-616.
- San José, M.A., Rábano, I., Herranz, P. y Gutiérrez-Marco, J.C. 1992. El Paleozoico Inferior de la Zona Centroibérica meridional. En: Gutiérrez-Marco, J.C., Saavedra, J. y Rábano, I. (Eds.), *Paleozoico Inferior de Ibero-América*. Universidad de Extremadura, 505-521.
- Sarmiento, G.N. 1993. *Conodontos ordovícicos de Sierra Morena (Macizo Hespérico meridional)*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 468 pp. (Inédito).
- Saupé, F. 1971a. Stratigraphie et pétrographie du "Quartzite du Criadero" (Valentien) à Almaden (Province de Ciudad Real, Espagne). *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 73, 139-147.
- Saupé, F. 1971b. La série ordovicienne et silurienne d'Almaden (Province de Ciudad Real, Espagne). Point des connaissances actuelles. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, 73, 355-365.
- Saupé, F. 1973. *La géologie du gisement de mercure d'Almadén (Province de Ciudad Real, Espagne)*. Thèse Docteur ès-Sciences, Université de Nancy I. Sciences de la Terre, Mémoire 29, 342 pp.
- Schulz, G. 1835. *Descripción geognóstica del Reino de Galicia, acompañada de un mapa petrográfico de este país*. Imprenta de los Herederos de Collado, Madrid, 52 pp. [Facsímil Edición de Castro, A Coruña, 1985]
- Seilacher, A. 1970. *Cruziana* stratigraphy of "non-fossiliferous" Palaeozoic sandstones. En: Crimes, T.P. y Harper, J.C. (Eds.), *Trace Fossils. Geological Journal Special Issue*, 3, 447-476.
- Torrubia, J. 1754. *Aparato para la Historia Natural Española. Tomo Primero*. Madrid, Imprenta de los Herederos de Don Agustín de Gordejuela y Sierra, xxiv + 234 + 34 pp. [Con dos ediciones facsímiles de 1994, publicadas en Madrid por el IGE-CSIC y el ITGE, respectivamente]
- Truyols, J. y Julivert, M. 1983. El Silúrico en el Macizo Ibérico. En: Comba, J.A. (Coord.), *Libro Jubilar J.M. Ríos, Geología de España*, 1. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 246-265
- Vannier, J. 1986a. Ostracodes Palaeocopa de l'Ordovicien (Arenig-Caradoc) ibéro-armoricain. *Palaeontographica Abt A*, 193, 77-143.
- Vannier, J. 1986b. Ostracodes Binodocopa de l'Ordovicien (Arenig-Caradoc) ibéro-armoricain. *Palaeontographica Abt A*, 193, 145-218.
- Verneuil, E. de. 1846. Liste des fossiles du terrain carbonifère des Asturies (Espagne). *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 3, 454-458.
- Verneuil, E. de 1850. Note sur les fossiles dévoniens du district de Sabero (León) suivi d'une liste des fossiles du terrain dévonien des montagnes de León et des montagnes de Tolède. *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 7, 155-186.
- Verneuil, E. de 1864. Note sur la Carte géologique de l'Espagne. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 59, 417-422.
- Verneuil, E. de y d'Archiac, 1845. Note sur les fossiles du terrain paléozoïque des Asturies. *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 2, 458-482.
- Verneuil, E. de y Barrande, J. 1855. Descriptions des fossiles trouvés dans les terrains silurien et dévonien d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des montagnes de Tolède. *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 12, 964-1025.
- Verneuil, E. de y Collomb, E. 1853. Coup d'oeil sur la constitution géologique de quelques provinces de l'Espagne. *Bulletin de la Société Géologique de France [2<sup>e</sup> série]*, 10, 61-147.
- Villas, E., Lorenzo, S. y Gutiérrez-Marco, J.C. 1999. First record of a *Hirnantia* Fauna from Spain, and its contribution to the Late Ordovician palaeogeography of Northern Gondwana. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 89 (for 1998), 187-197.