

## CAPÍTULO 2

# LAS SUCESIONES ESTRATIGRÁFICAS DEL PALEOZOICO INFERIOR Y MEDIO



*Alternancias cuarcíticas del Arenigiense medio (parte alta de la Cuarcita Armoricana) en la sección del río Estena, Parque Nacional de Cabañeros.*

Gutiérrez-Marco, J.C.  
Rábano, I.  
Liñán, E.  
Gozalo, R.  
Fernández Martínez, E.  
Arbizu, M.  
Méndez-Bedia, I.  
Pieren Pidal, A.  
Sarmiento, G.N.

Ya se ha visto que la formación del Macizo Ibérico, donde aflora el basamento de la Península Ibérica, está íntimamente ligada al desarrollo de la orogenia Varisca del Paleozoico Superior. La consecuencia fue el acortamiento y deformación intensa de los sedimentos marinos depositados previamente a lo largo de los extensos márgenes continentales de Gondwana durante el Paleozoico Inferior y Medio. El Macizo Ibérico contiene los afloramientos más extensos y fosilíferos de cuantos componen la Cadena Varisca europea. Sus distintas zonas estructurales y paleogeográficas albergan importantes sucesiones estratigráficas de los períodos Cámbrico a Devónico (García-Cortés *et al.*, 2000, 2001; Gutiérrez-Marco, 2006), que configuran uno de los contextos geológicos clave para conocer la evolución fini-precámbrica y paleozoica de la Península Ibérica y de Europa Occidental, y en donde se registran numerosos eventos geológicos y biológicos de alcance global.

Los materiales del **Cámbrico** presentan sucesiones excepcionales en las zonas Cantábrica y Ossa-Morena, así como en la Cordillera Ibérica. En el sector meridional de la Zona Centroibérica, las secciones del río Huso y El Membrillar (Montes de Toledo orientales-Villuercas) documentan los fósiles más antiguos de la Península Ibérica, así como un variado cortejo de icnofósiles en torno al límite Precámbrico-Cámbrico (Brasier *et al.*, 1979; Vidal *et al.*, 1994). Las formaciones calcáreas y terrígenas de la Cordillera Cantábrica, Cordillera Ibérica, Sierra de Córdoba y Extremadura meridional, han servido para tipificar una serie de unidades a partir de secciones estratigráficas excepcionalmente completas y fosilíferas, que han demostrado un enorme potencial de correlación con el norte de África, Terranova y Europa meridional. La escala regional mediterránea así formada comprende los pisos Cordubiense, Ovetiense, Marianiense y Bilbiliense (Cámbrico Inferior), así como Leoniense, Cesaraugustiense y Languedociense (Cámbrico Medio), casi todos ellos con estratotipos españoles (Liñán *et al.*, 1993).

Los materiales del **Ordovícico** del Macizo Ibérico compendian facies sedimentarias ampliamente desarrolladas en el borde del paleocontinente de Gondwana ("Cuarcita Armoricana", "Capas con Tristani", "Pelitas con fragmentos", etc.) en relación con las transgresiones y regresiones globales, así como con la glaciación finiordevónica. El registro fósil está muy condicionado por las facies someras de plataforma y ha servido, entre otros, para caracterizar el piso Oretaniense de la escala regional mediterránea (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2002). Las secciones más importantes se localizan en la Zona Centroibérica meridional (regiones de Almadén, Campo de Calatrava, Montes de Toledo y Sierra Morena oriental), Cordillera Ibérica (Cadenas Ibéricas orientales), Zona de Ossa-Morena (norte de las provincias de Huelva y Sevilla) y noroeste de España (costa asturiana, Manto de Mondoñedo) (Julivert y Truyols, 1983; Gutiérrez-Marco *et al.*, 2002).

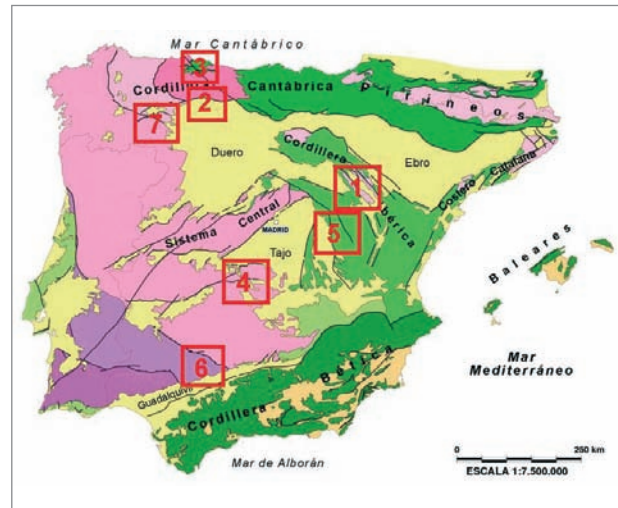


Figura 1. Puntos de Interés Geológico descritos en el texto: 1) Murero, 2) Barrios de Luna, 3) Arnao, 4) Cabañeros, 5) Checa, 6) Sinclinal del Valle y 7) Salas de la Ribera.

La sucesión del **Silúrico** es especialmente continua y fosilífera en el norte de Sevilla (Zona de Ossa-Morena), ligada a los ambientes más distales de las plataformas perigondwánicas, donde se desarrollan facies de pizarras negras graptolíticas con algunas intercalaciones calcáreas. Las secciones de los sinclinales del Valle y Cerrón del Hornillo tienen una relevancia mundial (Rábano *et al.*, 1999) y en ellas se pueden estudiar con detalle numerosos eventos físicos y biológicos dentro del Silúrico (Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996), así como el límite Silúrico-Devónico (Jaeger y Robardet, 1979). En el resto del Macizo Ibérico predominan depósitos más someros, con el desarrollo de unidades detríticas de grano grueso poco o nada fosilíferas (Robardet y Gutiérrez-Marco, 2002). No obstante, la presencia de pizarras negras graptolíticas en la base de muchas de estas sucesiones, brinda secciones relevantes del Llandovery y del Wenlock inferior en la Zona Centroibérica (Almadén, Corral de Calatrava) y Cordillera Ibérica (noreste de la provincia de Guadalajara), así como en términos más altos de la sucesión en el límite galaico-leonés (La Cabrera-Valdeorras) (Robardet y Gutiérrez-Marco, 2002), que ya comienzan a utilizarse como referentes mundiales en biocronoestratigrafía de alta resolución.

Las sucesiones del **Devónico** del Macizo Ibérico poseen fama internacional, en especial las formaciones del Dominio Astur-Leonés de la Zona Cantábrica y de Celtiberia, que representarían los ambientes perigondwánicos someros en general, con notables endemismos faunísticos (García-Alcalde, 1996). Pero también existen sucesiones completas en facies más pelágicas (magnafacies "hercínica"), como ocurre en el Dominio Palentino de la Zona Cantábrica o en la Zona Sudportuguesa. Estos últimos materiales permiten correlacionar la mayor parte de los límites cronoestratigráficos y eventos físicos o biológicos ocurridos a nivel mundial (García-Alcalde *et al.*, 1990).



Además de las sucesiones señaladas, los afloramientos paleozoicos del Macizo Ibérico poseen una **importancia paleontológica excepcional**. Ello se debe a la situación paleogeográfica del área en el borde del paleocontinente de Gondwana, que evoluciona desde latitudes peripolares (Cámbrico y Ordovícico) a intermedias y paleotropicales (Silúrico y Devónico), tipificando ambientes casi desconocidos en otras áreas mundiales. Los abundantes endemismos han conducido a la caracterización de decenas de géneros y centenares de especies nuevas de todos los grupos de invertebrados, a lo largo de siglo y medio de investigaciones.

En la figura 1 se recogen los Puntos de Interés Geológico seleccionados y la situación de las sucesiones estratigráficas más representativas, que se van a desarrollar a continuación:

- 1 Cámbrico de Murero (Zaragoza),
- 2 Paleozoico del valle del Río Luna (León),
- 3 Arrecife y plataforma del Devónico de Arnao (Asturias),
- 4 Cámbrico y Ordovícico del Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real-Toledo),
- 5 Depósitos glaciomarinicos y yacimiento paleontológico de Checa (Guadalajara),
- 6 Paleozoico del sinclinal del Valle (Sierra Norte de Sevilla), y
- 7 Silúrico de Salas de la Ribera (León).

Entre las magníficas secciones paleozoicas de las zonas Cantábrica, Ossa-Morena y Cordillera Ibérica, se ha seleccionado la **sección estratigráfica de Murero** (Zaragoza) como la más representativa del Cámbrico en un contexto europeo e internacional, atendiendo a las correlaciones de alta resolución biocronológica que aporta con respecto a otros entornos de Norteamérica, África y Asia. Murero reúne estratotipos litoestratigráficos y cronoestratigráficos de relevancia especial, como por ejemplo el del piso Caesaraugustiense del Cámbrico mediterráneo, y el del límite entre los pisos Bilbiliense y Leonense. También es una localidad clave para el estudio de la crisis faunística global de finales del Cámbrico Inferior (Evento Valdemiedes de extinción).

La sucesión cámbrica de Murero ofrece un registro continuo desde el Bilbiliense al Languedociense inferior y está formada por lutitas, lutitas margosas y areniscas finas con frecuentes nódulos e intercalaciones carbonatadas, de naturaleza bioclástica y estromatolítica, en ciertas unidades y tramos (figura 2).

El contenido paleontológico es tan excepcional que la localidad recopila la sucesión faunística y los acontecimientos de extinción/radiación ocurridos a lo largo de unos 10 millones de años, a través del seguimiento de más de 100 especies de invertebrados: a los abundantes trilobites (30 géneros y 70 especies, figura 3) se suman braquiópodos, equinodermos, hiolítidos, poríferos, crustáceos bradoriidos, onicóforos, gusanos paleoescolécidos, celoscleritóforos, algas, cianobacterias filamentosas e icnofósiles. Los registros bioestratigráficos y biocronológicos obtenidos la han convertido en una sección de referencia internacional para el



Figura 2, arriba. *Detalle de algunos horizontes paleontológicos del Caesaraugustiense superior, en la parte alta de la Formación Murero.*

Figura 3, debajo. *Ejemplar completo de un trilobites (Conocoryphe heberti) de edad Caesaraugustiense en la Formación Murero, rambla de Valdemiedes.*

Cámbrico de la subprovincia mediterránea, que incluye también Alemania, Turquía y Jordania (Liñán y Gozalo, 1986; Sequeiros *et al.*, 1995; Liñán *et al.*, 1999; Gozalo *et al.*, 2000).

El yacimiento paleontológico de Murero fue declarado Bien de Interés Cultural por el Gobierno de Aragón (1997) y está integrado en el futuro Parque Cultural del Jiloca. Por su indudable interés científico, la localidad es de visita obligada en reuniones científicas nacionales e internacionales, y está avalada por la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del





Figura 4. Discordancia angular Cámbrico/Precámbrico al sur de Irede de Luna, entre la Formación "Areniscas de la Herrería" del Cámbrico Inferior (arriba y a la derecha de la fotografía) y las alternancias turbidíticas de la Formación "Pizarras del Narcea-Mora", que aquí contienen microfósiles ediacáricos (Neoproterozoico).

Cámbrico (ICS-IUGS). Murero es uno de los pocos pueblos del mundo que incorpora a su escudo heráldico la figura de un trilobites, en alusión a la importancia internacional de su legado paleontológico, conocido desde el siglo XIX.

La sección estratigráfica del valle del río Luna (León), constituye un lugar de observación privilegiado de las formaciones paleozoicas de la vertiente meridional de la Zona Cantábrica, las cuales documentan, en unos 5.000 m de espesor de materiales, el equivalente a casi 250 millones de años de historia de la Tierra. Aunque esta sección es complementaria de otras similares (valles del Bernesga, Porma y Esla), el continuado estudio científico y la realización de numerosas tesis doctorales españolas y extranjeras desde mediados del siglo pasado, ha brindado un mayor renombre internacional al corte centrado en torno a Los Barrios de Luna (Aramburu y García-Ramos, 1993; Keller, 1997; Aramburu, 2006).

La sucesión paleozoica local se inicia en discordancia (figura 4) sobre turbiditas precámbricas (Formación

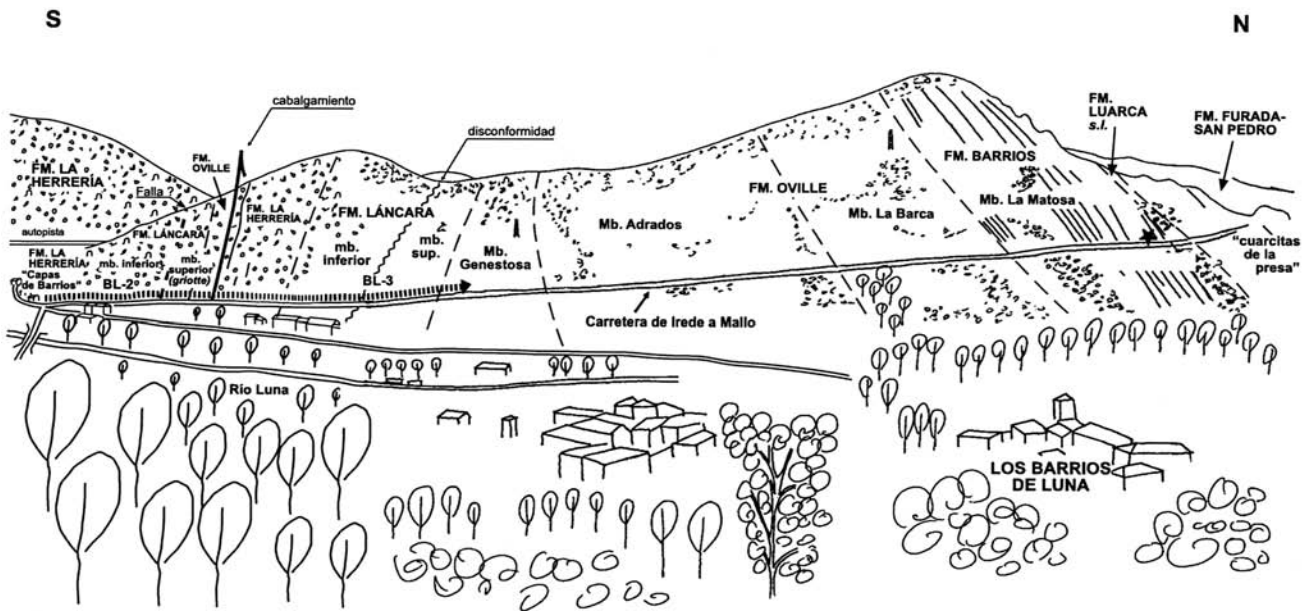


Figura 5. Corte geológico esquemático de parte de la sucesión Cámbrico-Ordovícica representada en la fotografía (reproducidos de Aramburu., 2006). Debajo, vista general de las formaciones: Láncara (margen izquierdo de la fotografía), Oville (centro de la fotografía, con mayor vegetación) y Barrios (crestas cuarcíticas a la derecha), en el margen derecho del valle del río Luna en el corte de la carretera de Irede a Mallo de Luna. La población de Los Barrios de Luna destaca en primer término.



Figura 6. Sucesión de areniscas ferruginosas de la Formación San Pedro (en primer término) y crestones de calizas devónicas de las Formaciones Santa Lucía y Portilla (al fondo), a orillas del embalse de Luna en el flanco sur del sinclinal de Alba.

Narcea-Mora) y abarca un registro muy completo del Cámbrico (figura 5), representado por las formaciones Herrería (cuarzoarenitas), Láncara (carbonatos, incluye una paraconformidad y facies condensadas de tipo "griotte") y Oville (pizarras y areniscas). Las características del Cámbrico cantábrico son las que sirvieron para nominar los pisos regionales Ovetiense y Leoniense de la escala regional nor-gondwánica. El Ordovícico está representado por la Formación Barrios (cuarcitas) y algunas pizarras. El Silúrico se apoya en paraconformidad sobre la cuarcita en el embalse del Luna y comprende dos unidades, la Formación Formigoso (pizarras) y la Formación San Pedro (areniscas con hierros sedimentarios o "ironstones"), en la segunda de las cuales se verifica el tránsito Silúrico-Devónico.

Los materiales devónicos (figura 6) se agrupan en una decena de formaciones en las que alternan unidades detríticas y carbonatadas muy fosilíferas y representativas del Lochkoviense-Emsiense (formaciones del Grupo La Vid), Emsiense-Eifeliense (Formación Santa Lucía, con importante desarrollo arrecifal), Eifeliense-Givetiense (Formación Hurgas), Givetiense (Formación Portilla, con desarrollo arrecifal), Givetiense-Frasniense (Formación Nocedo) y Fameniense (Formaciones Ermita y Baleas, la primera disconforme sobre la precedente y la segunda en tránsito al Carbonífero).

La sucesión del Carbonífero marino propiamente dicha, se inicia con unidades potentes de calizas (formaciones Barcaliente y Valdeteja, conocidas popularmente como "caliza de montaña") y las unidades sinorogénicas formaciones Cuevas y San Emiliano, con pizarras, areniscas, calizas y carbón. En la parte meridional del valle del Luna, la sucesión paleozoica se reanuda en el Carbonífero Superior con los depósitos discordantes (post-fase Astúrica) en facies continentales de la Formación Prado (Estefaniense B Superior), que incluyen varios ciclotemas de carbón explotados en la cuenca de La Magdalena.

Además de este excepcional registro sedimentario, a la fama de la sección paleozoica del valle del río Luna han contribuido decisivamente los numerosos descubrimientos paleontológicos pioneros, entre ellos la "fauna de *Dolerolenus*" del Cámbrico Inferior, el yacimiento de trilobites del Cámbrico Medio, los icnofósiles de las formaciones Oville y Barrios, la presencia de trilobites del Ordovícico Medio "dentro" de la Formación Barrios, los palinomorfos continentales silúrico-devónicos, las bioconstrucciones y las ricas asociaciones de braquiópodos, equinodermos y corales de las unidades devónicas, etc.

En definitiva, el valle del río Luna constituye una de las áreas de referencia clásicas para el Paleozoico Ibérico, donde en pocos kilómetros se reúnen estratotipos o paraestratotipos de diversas formaciones, bajo unas circunstancias excepcionales de afloramiento, buena accesibilidad y valores científicos de rango nacional e internacional, conjugados con otros rasgos paisajísticos y didácticos, que se suman al reconocido patrimonio natural e histórico-artístico de la comarca donde se enclava.

Los acantilados costeros contiguos a **Arnao** (Castrillón, Asturias) ofrecen una espectacular sección estratigráfica muy fosilífera del **Devónico Inferior** (figura 7), que comprende la parte alta del Grupo Rañeces (formaciones La Ladróna-Ferroñes y Aguión) y la Formación Moniello (Emsiense). Se trata de uno de los mejores ejemplos, a escala europea, del desarrollo de un arrecife paleozoico de corales y estromatoporoides, y del impacto de los procesos evolutivos de extinción/radiación globales en las plataformas marinas de este periodo (Méndez-Bedia, 1976; García-Alcalde, 1992; Méndez-Bedia *et al.*, 1994; Arbizu y Méndez-Bedia, 2006).

El **Arrecife de Arnao** aflora entre las playas del Cuerno y de la fábrica de Arnao, a la altura del túnel de carretera que además lo atraviesa de parte a parte,



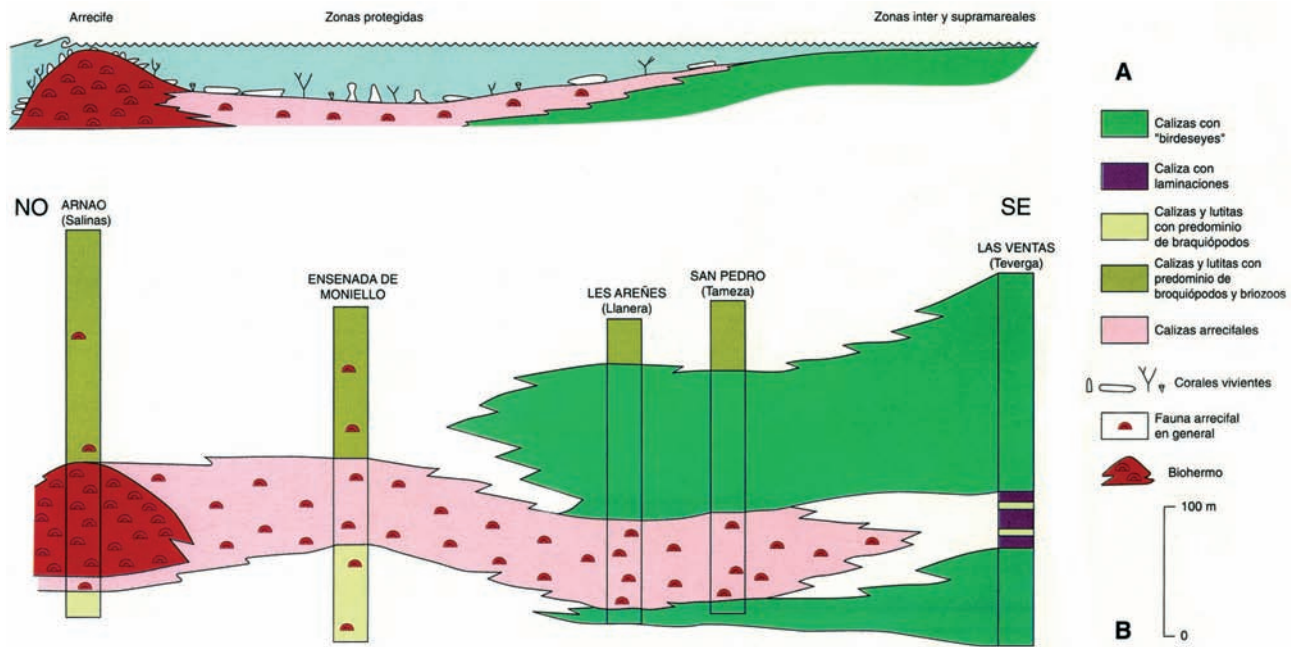


Figura 7. Ambientes y facies sedimentarias durante el depósito de la Formación Moniello (A), y correspondencia con las secciones levantadas en diversas localidades asturianas en sentido noroeste-sureste (B). El arrecife de Arnao destaca a la izquierda (Según Méndez-Bedia, 1976), reproducido en el libro Geología de Asturias (Ediciones Trea, 1995).

y en donde la masa bioconstruida alcanza un espesor de cerca de 150 m. El arrecife, con desarrollo de calizas masivas, se emplaza sobre las facies estratificadas de plataforma de la Formación Moniello (figura 8), distinguiéndose con claridad cuatro etapas consecutivas en su formación (estabilización, colonización, diversificación y dominación), sucedidas por su desaparición vinculada con una profundización de la cuenca y el retorno al depósito de calizas estratificadas.

Los principales organismos bioconstructores (figura 9) son los corales tabulados masivos y lamelares (alveolíticos, favosítidos, tamnopóridos, etc.), los corales rugosos coloniales y los estromatoporoideos (masivos y lamelares), que crecen a menudo interconectados y se conservan en posición de vida. Además de ellos aparecen numerosas algas y briozoos, junto a frecuentes braquiópodos, moluscos (bivalvos, gasterópodos), equinodermos (esencialmente crinoideos) y trilobites. Un punto especial de observación de las facies biohermales y el techo arrecifal se sitúa en la antigua cantera ubicada junto al túnel frente a la fábrica de Arnao, que sirve de aparcamiento a los visitantes.

Además del arrecife de Arnao, las unidades infrayacentes a la Formación Moniello componen una sucesión excepcional para la Formación Ferroñes/La Ladrona en Sta. M<sup>a</sup> del Mar y la parte inferior de la Formación Aguión en el Cabo La Vela, al oeste de la playa de Arnao, donde las capas afloran invertidas y el Devónico cabalga al Carbonífero productivo de la mina de Arnao. En estas formaciones devónicas destaca el yacimiento paleontológico clásico conocido como Plataforma de Arnao, en alusión a los abundantísimos fósiles neríticos en buen estado de conservación ("capas de *Trybliocrinus*", figura 10) presentes en



Figura 8. Vista general del Arrecife de Arnao desde el extremo oriental de la playa del Cuerno (en marea alta). Se aprecia en primer término la parte estratificada en la base de la Formación Moniello previa al desarrollo arrecifal. La bioconstrucción principal destaca detrás por su aspecto masivo, intersectada además por el túnel de la carretera.

el acantilado y rocas sueltas batidas por el oleaje (Arbizu *et al.*, 1995). El tramo fosilífero corresponde a la Formación Aguión, que se inicia con el desarrollo, sobre barras bioclásticas, de una estructura biostromal de corales tabulados y briozoos de tipo "patch-reef", sucedida por diversas comunidades bentónicas de plataforma condicionadas por variaciones en el régimen de aportes terrígenos, hasta alcanzarse la estabilización de la rampa carbonatada que define a la parte inferior de la Formación Moniello. Esta última brinda





Figura 9. Detalle de corales ramificados (*Favosites*) junto a estromatopóridos lamelares y masivos, estos últimos en parte removidos, correspondientes a la etapa de declive del arrecife de Arnao.



Figura 10. Encrinita con grandes placas columnares y fragmentos del cáliz del crinoideo camerado *Triblyocrinus flatheanus* (ex "*Hadrocrinus hispaniae*") que da nombre a una de las comunidades más características del Emsiense de la Plataforma de Arnao.

una interesante "Fauna de *Cyathaxonia*" (corales solitarios que no forman arrecifes) silicificada, tanto en el afloramiento costero de la punta de Requeixu, como en excavaciones temporales en la localidad de Piedras Blancas (Castrillón), al sur de Arnao.

En el **Parque Nacional de Cabañeros** (Ciudad Real - Toledo) aflora una **sucesión ordovícica** en la que están representadas las unidades litoestratigráficas más emblemáticas de la Zona Centroibérica meridional (Cuarcita Armoricana, Capas con Tristani), que aparecen discordantes sobre un basamento Neoproterozoico-Cámbrico Inferior. La ruta del Boquerón del Estena recopila buena parte de las formaciones con mayor interés estratigráfico y paleontológico, incluyendo la Discordancia Toledánica

(figura 11) vinculada con la transgresión ordovícica, en afloramientos de amplia relevancia internacional (San José Lancha *et al.*, 1974, 1997; Gutiérrez-Marco *et al.*, 2007).

En la Zona Centroibérica se utilizó la denominación "Complejo Esquisto-grauváquico" para designar las

Figura 11. *Discordancia Toledánica en el itinerario del Boquerón del Estena (Parque Nacional de Cabañeros), que pone en contacto angular el basamento preordovícico, representado a la izquierda de la foto por limolitas subverticales del Cámbrico Inferior (Areniscas del Azorejo), con las cuarcitas del Ordovícico Inferior, inclinadas al noreste ("Capas Intermedias", a la derecha).*





potentes sucesiones pelítico-areniscosas que aparecen por debajo de la "Cuarcita Armoricana". Este complejo anteordovícico fue datado por microfósiles, icnofósiles e isótopos de U-Pb como Ediacárico (= "Vendienne") superior-Cámbrico Inferior (transición Neoproterozoico-Cámbrico). Presenta un grupo inferior, fundamentalmente turbidítico, de edad Ediacárico; sobre el cual aparecen una serie de unidades litoestratigráficas (Alcudiense Superior y Grupo Pusa) con fósiles extraordinarios del Cámbrico Inferior. La secuencia ordovícica se dispone en discordancia angular (figura 11) sobre las rocas infrayacentes (Discordancia Toledánica).

El Ordovícico Inferior corresponde a un episodio transgresivo, que se generaliza en el Arenigiense medio con ubicuas facies de ortocuarcitas blancas con *Cruziana*, figura 12 ("Cuarcita Armoricana"), sucedidas por alternancias de cuarcitas y pizarras del Arenigiense medio y superior. El Ordovícico Medio (Oretaniense-Dobrotoviense) es fundamentalmente pizarroso, muy fosilífero, con intercalaciones cuarcíticas a techo. El Ordovícico Superior está constituido por pizarras, alternancias de pizarras y areniscas y un nivel calcáreo discontinuo a techo, que culmina con una discontinuidad (evento erosivo de naturaleza glacioeustática); sobre ella aparecen diamictitas del Ordovícico terminal (pizarras y grauvacas hirnantienses, con cantos de origen glaciomarino). Sobre los materiales anteriores siguen ortocuarcitas a cuyo techo se sitúa el límite Ordovícico-Silúrico.

Los materiales del límite **Ordovícico-Silúrico** de **Checa** (Guadalajara, Castilla-La Mancha) se enclavan en el denominado Macizo del Nevera, que constituye uno de los núcleos con las rocas marinas más antiguas de la Rama Castellana del Sistema Ibérico, ahora incorporadas como basamento geológico al gran anticlinorio alpino de la Sierra de Albarracín (Herranz Araújo *et al.*, 2003). Desde el punto de vista del patrimonio geológico con relevancia internacional, el Macizo del Nevera destaca por sus afloramientos paleozoicos excepcionales situados al Este de Checa y en la carretera entre dicha localidad y Orea (Guadalajara).

En este conjunto destaca el afloramiento espectacular de la Formación Orea (Hirnantiense) que incluye **diamictitas de origen glaciomarino** (Fortuin, 1984) esencialmente pizarras y grauvacas con "dropstones" removilizados de calizas y areniscas (figura 13), así como tramos cuarcíticos replegados y deslizados, contemporáneos de la glaciación gondwánica del Ordovícico terminal, cuando el polo sur y el casquete glacial se centraban en el actual desierto del Sahara. En los *dropstones* calizas se han descubierto microfósiles (conodontos) del Ordovícico Superior, correspondientes a unidades depositadas durante un episodio de calentamiento global (Evento Boda) previo a la glaciación, y que por tanto fueron las primeras en ser erosionadas durante el eustatismo glacial y acarreadas por el hielo de la banquisa.

Las rocas glaciomarinas terminan con una cuarcita de base erosiva y notables variaciones de espesor lateral



Figura 12, arriba. *Detalle de la cara inferior de un estrato de cuarcita, con numerosos ejemplares de Cruziana rugosa del Ordovícico inferior. Boquerón del río Estena.*

Figura 13, debajo. *Detalle de un canto de arenisca en las diamictitas glaciomarinas de la Formación Orea (Hirnantiense) al este de Checa, depositado originalmente como un dropstone en un sedimento luego afectado por deslizamiento en masa.*

(Cuarcita de Los Puertos), depositada en los ambientes someros generados por el rebote isostático tras la glaciación, y en cuyo seno se localiza el paso Ordovícico-Silúrico. La unidad cuarcítica da paso a una potente sucesión de pizarras negras extraordinariamente fosilíferas (Formación Bádenas), en cuyos 60 m basales (figura 14) han sido encontrados más de 60 graptolitos distintos, de ellos varios taxones nuevos de gran interés paleobiogeográfico. La sucesión de especies de graptolitos en la columna estratigráfica (apariciones, extinciones, relevos) ha permitido establecer siete divisiones temporales sucesivas en el yacimiento, las cuales permiten establecer correlaciones de elevada resolución biocronológica con otras secciones de referencia para el Llandovery en Europa (Bohemia, Cerdeña, Turingia, Gales, Borholm), Norteamérica y Australia, en torno a los 428-436 millones de años de antigüedad (dentro del Telychiense o Silúrico Inferior tardío, figura 15).





Además de los graptolitos, la sección de Checa tiene interés por el hecho de brindar restos de otros grupos fósiles tales como conodontos, moluscos y artrópodos (trilobites, euriptéridos), conservados en sedimentos propios de ambientes marinos con fondos anóxicos a disaeróbicos, en los que se debieron formar gran cantidad de hidrocarburos (por desgracia desaparecidos millones de años después).

El yacimiento de graptolitos de Checa, aunque conocido desde el siglo XIX, inició su reconocimiento internacional a partir del trabajo de Gutiérrez-Marco y Storch (1998) con la visita de delegados de 14 países pertenecientes a la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Silúrico (ICS-IUGS) y al Grupo de Trabajo de Graptolitos de la Asociación Paleontológica Internacional (IPA). Los estudios en curso refuerzan la consideración de la localidad de Checa como un referente bioestratigráfico preciso para el conocimiento del periodo Silúrico a nivel mundial.

La sucesión paleozoica del Sinclinal del Valle (Cazalla de la Sierra, Sevilla), materializa un contexto paleogeográfico

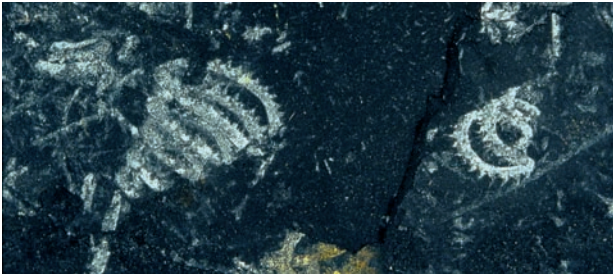


Figura 14, arriba. Concentraciones de graptolitos (*Oktavites spiralis*) en pizarras de la Formación Bâdenas, yacimiento de Checa (Guadalajara).

Figura 15. *Spirograptus guerichi*, colonias de graptolitos con morfología turriculada procedente del Telychiense de Checa.

Figura 16, abajo. Panorámica hacia el oeste del núcleo Silúrico-Devónico del sinclinal del Valle, con el embalse de El Pintado en periodo de estiaje.







Figura 17. Afloramiento de la Caliza de Pelmatozoos en una cantera abandonada al sur del embalse de El Pintado, con niveles paleokarstificados del Ordovícico terminal.

y paleoambiental muy diferente al de las restantes zonas del Macizo Ibérico, con predominio de sedimentos y faunas pelágicas de ambientes marginales de la plataforma perigondwánica, y cuyo registro local es sorprendentemente completo y fosilífero (Rábano *et al.*, 1999; Robardet y Gutiérrez-Marco, 2004). El sinclinal consiste en una estrecha estructura delimitada por fallas entre calizas y vulcanitas del Cámbrico, cuyo eje coincide aproximadamente con el de la rama suroriental del Embalse de El Pintado (figura 16). Los principales afloramientos silúrico-devónicos se sitúan a orillas del embalse y a lo largo de los arroyos que vierten al mismo desde el norte, en tanto que la sucesión ordovícica aflora preferentemente en tres localidades adyacentes (Cortijo de las Cañas, finca del Valle y el km 14 de la carretera SE-179).

La secuencia ordovícica se inicia con pizarras verdes del Areginiense al Oretaniense inferior, sucedidas por

areniscas del Dobrotiviense y por una sucesión de limolitas y calizas del Ordovícico Superior, entre las que destaca la "Caliza de Pelmatozoos" del Kralodvoriense (figura 17). En disconformidad sobre esta última se apoyan pizarras y limolitas con niveles de "slumps" y de cantos dispersos ("Pizarras del Valle"), asignables al Hirnantiense.

La sucesión del Silúrico y Devónico basal se desarrolla en facies de pizarras negras graptolíticas, con dos intercalaciones calcáreas en su mitad superior: la "caliza de *Orthoceras*" (Ludlow superior), de escaso espesor y relevancia (0,5-0,8 m), y la "Caliza de *Scyphocrinites*" (figura 18). Esta segunda unidad es esencialmente del Pridoli y divide la sucesión en unas "Pizarras con Graptolitos Inferiores", con notorias intercalaciones de liditas (Llandovery-Ludlow), y unas "Pizarras con Graptolitos Superiores" (Pridoli-Lochkoviense), donde se verifica el tránsito Silúrico-Devónico. El resto de la sucesión devónica está representada por el Grupo El Pintado, que incluye una unidad inferior de limolitas y pizarras verdes a marrones (Praguense a Emsiense inferior) sobre la que se apoyan calizas, areniscas calcáreas y pizarras del Fameniense, implicando en su base una paraconformidad equiparable con la "laguna mesodevónica".

Desde el punto de vista paleogeográfico y paleoambiental, el registro sedimentario Ordovícico-Devónico del Sinclinal del Valle ilustra la yuxtaposición tectónica entre las zonas de Ossa-Morena y Centroibérica, que originalmente representaban sectores distintos de un mismo margen pasivo en la plataforma perigondwánica. En este sentido, en el norte de Sevilla predominaron ambientes más profundos y alejados de la costa con biofacies de tipo bohémico-mediterráneo, frente a unas sucesiones centroibéricas más someras con potentes unidades cuarcíticas (entre ellas la "Cuarcita Armoricana") y faunas neríticas que no existen en la Zona de Ossa-Morena.

La abundancia de fósiles pelágicos en el Sinclinal del Valle ha permitido reconocer una sucesión completa del Silúrico al Devónico Inferior, con 25 biozonas consecutivas de graptolitos. Éstas posibilitan tanto una correlación de alta resolución con otras áreas mundiales, como una contribución al conocimiento detallado de grandes acontecimientos climáticos y oceanográficos globales, entre ellos el calentamiento y la glaciación del Ordovícico terminal, o los eventos de radiación y extinción silúricos. Así por ejemplo, el Evento Lundgreni (Wenlock) tiene uno de sus paraestratotipos internacionales en este sector del macizo Ibérico (Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996), en tanto que la base de las pizarras hirnantienses sella un notable paleokarst desarrollado en las calizas ordovícicas (figura 17).

Aunque el descubrimiento y estudio de este geositio es relativamente tardío (mediados del siglo XX), su importancia para la paleogeografía prevarisca y las correlaciones internacionales aconsejan catalogarlo entre las sucesiones más interesantes del Paleozoico marino del Macizo Ibérico. En este sentido, ya ha sido visitado





Figura 18, arriba. *Placa columnar de Scyphocrinites, un crinoideo planctónico característico de las sucesiones silúrico-devónicas en facies pelágicas, paradigmática-mente representadas en el sinclinal del Valle.*

Figura 19, a la derecha. *Aspecto de campo de las pizarras fosilíferas del yacimiento leonés, con numerosos graptolitos (Colonograptus ludensis) visibles "in situ".*

Figura 20, abajo. *Detalle de un sinrabdosoma aislado de Colonograptus deubeli, Homeriense de Salas de la Ribera.*



oficialmente por la Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Silúrico (ICS-IUGS) y por el Grupo de Trabajo de Graptolitos de la Asociación Paleontológica Internacional.

El yacimiento paleontológico del Silúrico de Salas de la Ribera (León) se sitúa en el término de Puente de Domingo Flórez y es una de las localidades clásicas con fósiles de graptolitos silúricos del noroeste peninsular. Además de presentar una sucesión continua desde el Wenlock al Ludlow en pizarras de la Formación Llagarinos (figura 19), que consta de siete biozonas de graptolitos, el yacimiento es único y célebre internacionalmente por compilar el 90% del registro mundial de sinrabdosomas (Gutiérrez Marco y Lenz, 1998), unos agregados radiales de graptolitos cuya verdadera entidad paleobiológica fue demostrada gracias a los fósiles leoneses (figura 20).



## BIBLIOGRAFÍA

- ARAMBURU, C. (Coord.) (2006). *Paleontología y Estratigrafía del Paleozoico Inferior en Los Barrios de Luna (León)*. Excursión B de las XXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología (ISBN 84-9-773-295-2). Universidad de León, 1-75.
- ARAMBURU, C. y GARCÍA-RAMOS, J.C. (1993). La sedimentación cambro-ordovícica en la Zona Cantábrica (NO de España). *Trabajos de Geología*, Oviedo, 19, 45-73.
- ARBIZU, M. y MÉNDEZ-BEDIA, I. (2006). El Patrimonio Natural y Cultural de Castrillón (Asturias): Geología, fósiles e historia minera. *Trabajos de Geología*, Oviedo, 26, 73-91.
- ARBIZU, M., MÉNDEZ-BEDIA, I. y SOTO, F. (1995). Fossil communities in the Aguión Formation (Lower Devonian) of the Arnao Platform. *Geobios*, 28 (5), 567-571.
- BRASIER, M.D. PEREJÓN, A. y SAN JOSÉ LANCHÁ, M.A. (1979). Discovery of an important fossiliferous Precambrian-Cambrian sequence in Spain. *Estudios Geológicos*, 35, 379-383.
- FORTUIN, A.R. (1984). Late Ordovician glaciomarine deposits (Orea Shale) in the Sierra de Albarracín, Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 48, 245-261.
- GARCÍA-ALCALDE, J.L. (1992). El Devónico de Santa María del Mar (Castrillón, Asturias, España). *Revista Española de Paleontología*, 7 (1), 53-79.
- GARCÍA-ALCALDE, J.L. (1996). El Devónico del Dominio Astur-Leonés en la Zona Cantábrica (N de España). *Revista Española de Paleontología*, Nº Extraordinario, 1996, 58-71.
- GARCÍA-ALCALDE, J.L., ARBIZU, M., GARCÍA-LÓPEZ, S., LEYVA, F., MONTESINOS, R., SOTO, F. y TRUYOLS-MASSONI, M. (1990). Devonian stage boundaries (Lochkovian/Pragian, Pragian/Emsian, and Eifelian/Givetian) in the Cantabric region (NW Spain). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 180 (2), 177-207.
- GARCÍA-CORTÉS, A., RÁBANO, I., LOCUTURA, J., BELLIDO, F., FERNÁNDEZ-GIANOTTI, J., MARTÍN-SERRANO, A., QUESADA, C., BARNOLAS, A. y DURÁN, J.J. (2000). Contextos geológicos españoles de relevancia internacional: establecimiento, descripción y justificación según la metodología del proyecto Global Geosites de la IUGS. *Boletín Geológico y Minero*, 111 (6), 5-38. Madrid.
- GARCÍA-CORTÉS, A., RÁBANO, I., LOCUTURA, J., BELLIDO, F., FERNÁNDEZ-GIANOTTI, J., MARTÍN-SERRANO, A., QUESADA, C., BARNOLAS, A. y DURÁN, J.J. (2001). First Spanish contribution to the Geosites Project: list of the geological frameworks established by consensus. *Episodes*, 24 (2), 79-92.
- GONZALO, R., LIÑÁN, E., SDZUY, K. y DIES, M.E. (2000). The Lower and Middle Cambrian of Murero (West Asturian-Leonese Zone, Western Iberian Chain). *Monografías de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza*, 16, 51-57.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (2006). *Sucesiones estratigráficas del Paleozoico inferior y medio del Macizo Hespérico*. Informe final para el "Proyecto Global Geosites", IGME.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. y LENZ, A.C. (1998). Graptolite synrhabdosomes: biological or taphonomic entities?. *Paleobiology*, 24, 37-48.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. y STORCH, P. (1998). Graptolite biostratigraphy of the Lower Silurian (Llandovery) shelf deposits of the Western Iberian Cordillera, Spain. *Geological Magazine*, 135, 71-92.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., LENZ, A.C., ROBARDET, M. y PIÇARRA, J.M. (1996). Wenlock-Ludlow graptolite biostratigraphy and extinction: a reassessment from the southwestern Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Canadian Journal of Earth Sciences*, 33, 656-663.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I., SÁ, A.A., SAN JOSÉ, M.A., PIEREN PIDAL, A.P., SARMIENTO, G.N., PIÇARRA, J.M., DURÁN, J.J., BAEZA, E. y LORENZO, S. (2007). Public dissemination of knowledge regarding Ordovician geological and palaeontological heritage in protected natural areas of Iberia. *Acta Palaeontologica Sinica*, 46 (Suppl.), 163-169.



- 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. Chapter 4 En: Gibbons, W. y Moreno, T. (Eds.), *The Geology of Spain. The Geological Society*, London, 31-49.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., SAN JOSÉ LANCHA, M.A. de, PIEREN, A.P. y RÁBANO, I., (2007). La sucesión paleozoica del Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real-Toledo). *Cuadernos del Museo Geominero*, 8, 417-434
- HERRANZ ARAÚJO, P., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., PIEREN PIDAL, A.P., ROBARDET, M., SAN JOSÉ LANCHA, M.A. de, RÁBANO, I. y SARMIENTO, G.N. (2003). The Ordovician succession from the western Iberian Ranges (NE Spain): A review with new data. *Correlación Geológica*, 17, 417-424.
- JAEGER, H. y ROBARDET, M. (1979). Le Silurien et le Dévonien basal dans le Nord de la Province de Séville (Espagne). *Géobios*, 12, 687-714.
- JULIVERT, M. y TRUYOLS, J. (1983). El Ordovícico en el Macizo Ibérico. En: Comba, J.A. (coord.), *Geología de España vol.1*, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 192-246.
- KELLER, M. (1997). Evolution and sequence stratigraphy of an Early Devonian carbonate ramp, Cantabrian Mountains, northern Spain. *Journal of Sedimentary Research*, 67 (4), 638-652.
- LIÑÁN, E. y GOZALO, R. (1986). Trilobites del Cámbrico Inferior y Medio de Murero (Cordillera Ibérica). *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 2, 1-104.
- LIÑÁN, E., ANDRÉS, J.A., MARTÍN, E. y GOZALO, R. (1999). La puesta en valor del yacimiento paleontológico del Cámbrico de Murero. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26 (2), 394-398.
- LIÑÁN, E., PEREJÓN, A. y SDZUY, K. (1993). The Lower-Middle Cambrian stages and stratotypes from the Iberian Peninsula: a revision. *Geological Magazine*, 130 (6), 817-833.
- MÉNDEZ-BEDIA, I. (1976). Biofacies y litofacies de la Formación Moniello-Santa Lucía (Devónico de la Zona Cantábrica, NW de España). *Trabajos de Geología*, 9, 1-93.
- MÉNDEZ-BEDIA, I., SOTO, F. y FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E. (1994). Devonian reef types in the Cantabrian Mountains, NW Spain) and their faunal composition. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 172, 161-183.
- RÁBANO, I., ROBARDET, M. y GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (1999). The Valle syncline: an exceptional geological area in the Natural Park of the Sierra Norte of Seville (Andalusia, southern Spain). En: Baretto, D., Vallejo, M. y Gallego, E. (Eds.), *Towards the Balanced Management and Conservation of the Geological Heritage in the New Millenium*. Sociedad Geológica de España e Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 262-265.
- ROBARDET, M. y GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (2002). Silurian. Chapter 5 En: Gibbons, W. y Moreno, T. (Eds.), *The Geology of Spain*. The Geological Society, London, 51-66.
- ROBARDET, M. y GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. (2004). The Ordovician, Silurian and Devonian sedimentary rocks of the Ossa Morena Zone (SW Iberian Peninsula, Spain). *Journal of Iberian Geology*, 30, 73-92.
- SAN JOSÉ LANCHA, M.A. de, GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. y RÁBANO, I. (1997). Geología y Paleontología del Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real). En: García Canseco, V. (Coord.), *El Parque Nacional de Cabañeros y sus pueblos* (ISBN 84-920.909-2-8), Ed. Eco-hábitat, 51-76.
- SAN JOSÉ LANCHA, M.A., PELÁEZ PRUNEDA, J.R., VILAS MINONDO, L. y HERRANZ ARAÚJO, P. (1974). Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo. *Boletín Geológico y Minero*, 85, 21-31.
- SEQUEIROS, L., LIÑÁN, E. y GOZALO, R. (1995). Guía didáctica del Cámbrico de Murero. En: *Gámez Vintaned, J.A. y Liñán, E. (Eds.), Memorias de las IV Jornadas Aragonesas de Paleontología*. "La expansión de la vida en el Cámbrico". Libro homenaje al Prof. Klaus Sdzuy Institución "Fernando el Católico", Zaragoza, publicación 1.717, 169-193.
- VIDAL, G., PALACIOS, T, GÓMEZ-VINTANED, J.A., DíEZ-BALDA, M.A. y GRANT, S.W.F. (1994). Neoproterozoic-early Cambrian geology and palaeontology of Iberia. *Geological Magazine*, 131, 729-765.