

GEOLOGÍA Y PALEONTOLOGÍA DEL PARQUE NACIONAL DE CABAÑEROS

JUAN C. GUTIÉRREZ-MARCO¹, MIGUEL A. DE SAN JOSÉ LANCHA²,
AGUSTÍN P. PIEREN PIDAL², ISABEL RÁBANO³, E. BAEZA CHICO³,
ARTUR A. SÁ⁴, ANTONIO PEREJÓN RINCÓN¹ Y GRACIELA N. SARMIENTO¹

RESUMEN

Se ha completado la primera cartografía geológica para el conjunto del Parque Nacional, y se han revisado algunas de las cartografías previas, que no cubrían enteramente sus 40.865 hectáreas. Para su realización se actualizó el conocimiento de las unidades prevariscas y su datación, se procedió al estudio paleontológico preliminar, y se adoptó una nomenclatura unificada para las principales estructuras geológicas del parque (pliegues, fallas, discontinuidades).

El trabajo de campo condujo al descubrimiento de yacimientos paleontológicos cambro-ordovícicos, obteniéndose datos nuevos y significativos tanto a escala del Macizo Ibérico como, en un caso, también internacional. Los hallazgos más antiguos son los icnofósiles de anémonas marinas y excavadores micrófagos de las areniscas del Cámbrico inferior. Los materiales del Ordovícico Inferior contienen las huellas fósiles más antiguas de gusanos gigantes, de hasta 11,6 m de longitud y 20 cm de anchura. También hay un amplio registro de huellas de trilobites, de las que destaca un gran panel de *Cruziana* que probablemente represente una congregación reproductiva, además de haber logrado redescubrir un yacimiento icnológico clásico, olvidado desde el siglo XIX, y caracterizar por vez primera huellas gigantes de artrópodos desconocidos (45 cm de anchura).

Como resultados derivados del proyecto, las sucesiones paleozoicas de Cabañeros han sido incluidas entre los siete Lugares de Interés Geológico españoles pertenecientes al Contexto "Sucesiones Estratigráficas del Paleozoico Inferior y Medio", catalogados por el IGME entre el Patrimonio Geológico Español de Relevancia Internacional, dentro del programa *Global Geosites* (IUGS-UNESCO).

Los descubrimientos paleontológicos derivados del proyecto, así como la aplicación de técnicas novedosas de geoconservación para superficies icnológicas gigantes, han posibilitado la selección de un mínimo de tres geositos relevantes dentro del Parque Nacional. Este patrimonio geológico debería tenerse en cuenta para futuras acciones de caracterización y divulgación de los valores naturales de Cabañeros.

Palabras clave: Parque Nacional, Geodiversidad, Geositos, Mapa Geológico, Cámbrico, Ordovícico, Icnofósiles, Paleontología de Invertebrados, España.

¹Departamento de Paleontología, Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), José Antonio Novais 2, 28040 Madrid. jcgrapto@geo.ucm.es, aparqueo@geo.ucm.es, gsarmien@geo.ucm.es

²Departamento de Estratigrafía, Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), José Antonio Novais 2, 28040 Madrid. masanjos@geo.ucm.es, apieren@geo.ucm.es

³Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. i.rabano@igme.es, e.baeza@igme.es

⁴Departamento de Geologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Quinta de Prados - Apt. 1013, 5001-801 Vila Real (Portugal). asa@utad.pt

SUMMARY

Geology and Paleontology of the Cabañeros National Park, central Spain.- The first complete geological map of the Cabañeros National Park has been produced, together with the review of previously published cartographies, which did not cover the whole of its 40,865 hectares. This survey includes the review and update of all the pre-Variscan lithostratigraphic units, the preliminary study of their fossils, the precise dating of the units and the adoption of a revised nomenclature for the main geological structures, such as the Variscan folds and faults, and a major Paleozoic unconformity.

Ongoing field-work has led to the discovery of several Cambrian and Ordovician fossil localities that bring out significant paleontological data relevant to the whole Iberian Massif, with one of them of international significance. The oldest data come from the Lower Cambrian sandstones, which has an ichnological record of sea-anemones and microphagous undermat miners. Lower Ordovician strata bear the first trace fossils of giant worms, measuring up to 1160 cm long and 20 cm wide. Abundant trilobite ichnofossils also occur, among them the rediscovery of a classic locality disregarded since the 19th Century. Apart of a large bedding plane covered by *Cruziana* hyporeliefs reflecting a possible matting attitude of their producers, we have discovered giant burrows (45 cm wide) of unknown arthropods, and a bivalve coquina formed by a catastrophic event. Middle Ordovician shales include rich fossil localities with some new brachiopod taxa.

The inclusion of the Cabañeros National Park as one of the seven Spanish Geosites belonging to the Context "Lower and middle Paleozoic Stratigraphic successions" has been accomplished, as an official contribution to the Global Geosites Programme (IUGS-UNESCO).

Geological and paleontological discoveries, together with the application of novel conservation techniques over giant ichnological surfaces, permit the choosing of at least three sites of outstanding geological or paleontological interest, allowing future actions towards public awareness, integrating this rather unknown heritage into the National Park's visitor activities.

Key words: National Park, geodiversity, geosites, geological map, Cambrian, Ordovician, ichnofossils, invertebrate paleontology, Spain.

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional de Cabañeros se ubica en la región de los Montes de Toledo centro-meridionales, en las provincias de Ciudad Real y Toledo. Desde el punto de vista geológico reúne extensos afloramientos de materiales cámbricos y ordovícicos, encuadrados en el Dominio del Complejo Esquisto-grauváquico, que comprende el sector meridional de la Zona Centroibérica del Macizo Ibérico (Fig. 1), así como interesantes formaciones cuaternarias, entre ellas las rañas y las pedrizas o canchales. Aún así, la geología del Parque está muy mal caracterizada. Las referencias más antiguas en su territorio se remontan a PRADO (1855) y a un mapa inédito de Guillermo Schulz, terminado en 1870 pero publicado recientemente (SAN

JOSÉ LANCHA *et al.* 2005), seguidas de los estudios cartográficos provinciales de Toledo y Ciudad Real (CORTÁZAR 1878, 1880). Los primeros mapas geológicos del siglo XX fueron sintetizados y en parte completados a escala 1:200.000 por SAN JOSÉ LANCHA (1970), y publicados poco después por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME 1971a, 1971b, 1972). La moderna cartografía MAGNA, a escala 1:50.000, permanece en parte inédita y no cubre la totalidad del territorio de Cabañeros (IGME 1989a, 1989b, 1989c). Como su realización fue abordada por empresas consultoras en diferentes épocas, la distribución de las distintas unidades y elementos geológicos, así como las dataciones correspondientes, manifiesta además una notable disparidad, dándose el

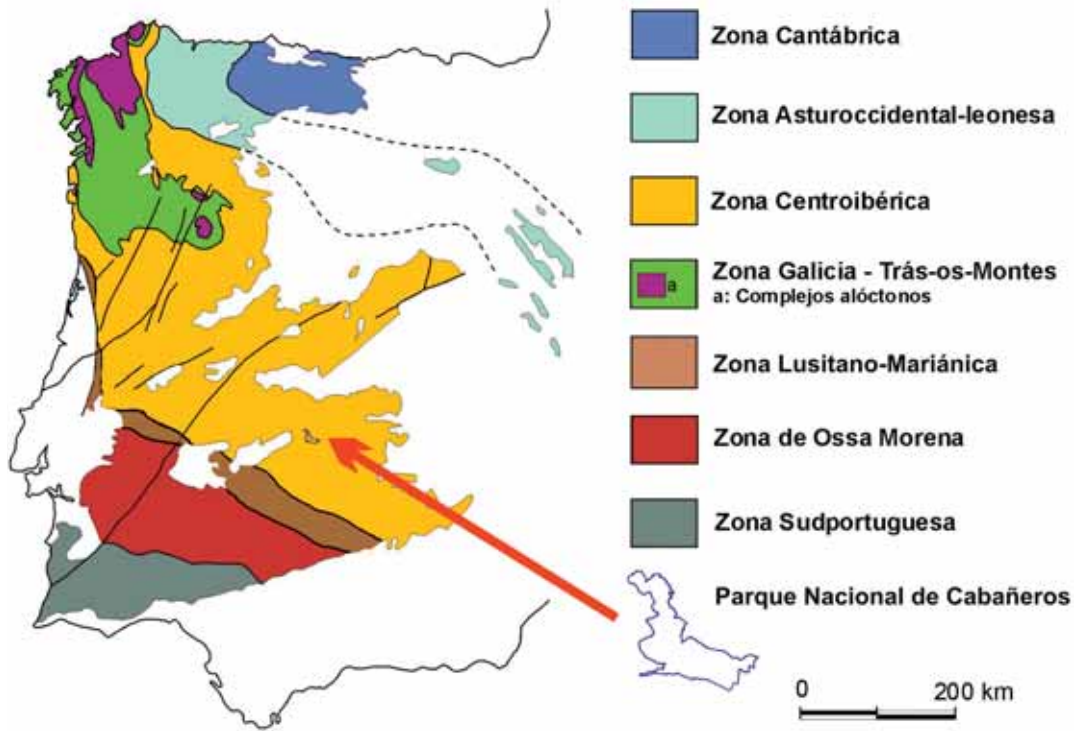


Figura 1. Esquema geológico del Macizo Ibérico, mostrando la ubicación del Parque Nacional de Cabañeros en el seno de la Zona Centroibérica.

Figure 1. Geological sketch map of the Iberian Massif, with the location of the Cabañeros National Park within the Central-Iberian Zone.

caso de que tres de las cinco Hojas geológicas tuvieron que ser repetidas sin que los problemas llegaran a subsanarse completamente.

El conocimiento geológico del Parque Nacional, desde su creación en 1995 y última ampliación (2005), es bastante imperfecto, puesto que la ausencia de una cartografía adecuada refleja fielmente el hecho de hallarse explorado en una parte proporcionalmente pequeña. No obstante, estudios científicos independientes aparecidos en el decenio de 1970 ya habían subrayado la importancia internacional de la sección Cámbrico-ordovícica del río Estena (SAN JOSÉ *et al.* 1974; MORENO *et al.* 1976), incluyendo el espectacular afloramiento de la Discordancia Toledánica, e interesantes icnofósiles de Cámbrico inferior y Ordovícico Inferior. La estratigrafía y paleontología del Ordovícico Medio y Superior se conocía

únicamente en las áreas de anteparque septentrional (Sinclinal de Navas de Estena) y meridional (Sinclinal de Guadarranque), objeto de diversos estudios por parte de GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (1984a, 1984b), GUTIÉRREZ-MARCO (1986), BABIN & GUTIÉRREZ-MARCO (1991, 1992) y RÁBANO (1990), entre otros.

Finalmente, cabe mencionar diversas síntesis estratigráficas y paleontológicas sobre áreas que abarcan el territorio del Parque Nacional, pero que no detallan pormenores sobre el mismo (MUÑOZ JIMÉNEZ 1976; MARTÍN-SERRANO & MOLINA 1989; SAN JOSÉ *et al.* 1992; VIDAL *et al.* 1994; GUTIÉRREZ-MARCO & RÁBANO 1999), así como el encuadre geológico y aspectos generales de los Montes de Toledo (MARTÍN ESCORZA 1977; ESPEJO 1986; MARTÍN-SERRANO 1991; SAN JOSÉ LANCHA 2003; VEGAS *et al.*

2004; BARBERO *et al.* 2005; MARTÍN-SERRANO & NOZAL MARTÍN 2006). Los únicos trabajos que resaltaron específicamente algunos de los valores geológicos del Parque Nacional de Cabañeros, con anterioridad a la presente fase de investigación, son los de SAN JOSÉ LANCHETA *et al.* (1997), GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* (2002) y GALLARDO MILLÁN *et al.* (2003).

RASGOS GEOLÓGICOS GENERALES

El sistema orográfico de los Montes de Toledo se sitúa, como ya dijimos, en el sector suroriental de la llamada Zona Centroibérica del Macizo Ibérico, el cual comprende el extenso afloramiento de rocas antiguas (terrenos precámbricos y paleozoicos) que configura toda la mitad occidental de la Península Ibérica (Fig. 1). El territorio del Parque Nacional de Cabañeros comparte los rasgos geológicos comunes a toda la comarca y a gran parte de la Submeseta meridional. En este sentido, sus materiales geológicos se estructuran en dos grandes conjuntos: por una parte, un *basamento antiguo*, fuertemente deformado, constituido por rocas detríticas depositadas en un ambiente marino o litoral, entre finales del Precámbrico y comienzos del Paleozoico inferior (hace aproximadamente 550-450 millones de años); y por otro, una *cobertera subhorizontal reciente*, de origen netamente continental, vinculada con las crisis climáticas características de fines del Terciario y comienzos del Cuaternario, con una antigüedad inferior a los tres millones de años.

Estos dos grandes conjuntos rocosos y sedimentarios condicionan netamente el relieve actual de Cabañeros, ya que los materiales paleozoicos son los que forman las áreas montañosas al norte, centro-norte y oeste del territorio, en tanto que la cobertera reciente es la que configura las rañas más típicas del sector suroriental del mismo. La razón estriba en la dureza y resistencia a la erosión que oponen las unidades cuarcíticas paleozoicas, plegadas durante la Orogenia Varisca o Hercínica (ocurrida hace unos 300 millones de años) y, desde entonces, arrasadas varias veces, coincidiendo con ciclos erosivos de edad incierta (pre-Triásico, pre-

Cretácico Superior y sucesivas etapas durante el Cenozoico, antes de los vinculados con las crisis glaciares del Cuaternario). También existió una fase, en la que los relieves rejuvenecieron, fracturándose en grandes bloques durante la Orogenia Alpina (ya en el Cenozoico). Pero sus efectos en la comarca no pueden constatarse más que por los saltos deducidos, de hasta 500 m, en las antiguas superficies de erosión, además de en la probable reactivación de antiguas fallas variscas, como denotan los manantiales de aguas mineralizadas profundas, en parte termales (= "baños"), conocidos en los alrededores del Parque Nacional.

Las estructuras geológicas principales del Parque son grandes pliegues erguidos, de plano axial subvertical o ligeramente volcados hacia el suroeste, que forman alineaciones sucesivas de sierras con orientación general noroeste-sureste, y cuyo principal elemento constructor son las formaciones cuarcíticas del Ordovícico Inferior. El territorio de Cabañeros se enmarca entre dos de estos grandes pliegues: el Sinclinal de Navas de Estena al norte, con unos 50 km de longitud; y el Sinclinal de Guadarranque al sur, de más de 100 km de extensión. Entre medias se sitúan los cinco anticlinales y seis sinclinales cuyo desarrollo, o terminaciones periclinales, están virtualmente circunscritos al Parque Nacional (Fig. 2), pero que pueden integrar, a su vez, estructuras más complejas. Como ejemplo de ello tenemos el Anticlinorio del Chorito, un macizo montañoso fuertemente erosionado, que comprende el extremo oriental del Anticlinal de Garbanzuelo, el Sinclinal de Navalgallo y el Anticlinal de La Sartén.

Todos los pliegues del Parque, así como los grandes sinclinales que lo enmarcan, se formaron durante la tercera fase de deformación varisca (MARTÍNEZ-POYATOS *et al.* 2004), si bien en Cabañeros existen importantes ejemplos de pliegues prevariscos, como los que afloran en el núcleo del Anticlinal de Garbanzuelo y los que forman, más al sur, el conjunto anticlinal-sinclinal de La Tejona-Valquejigoso. Los ejes de estos dos últimos pliegues chocan en dirección con el Sinclinal de La Chorrera (Fig. 2), e involucran un evento tectónico de edad Cámbrico Medio-Superior sellado por la Discordancia Toledánica. Ésta divide los afloramientos paleozoicos centroibéri-

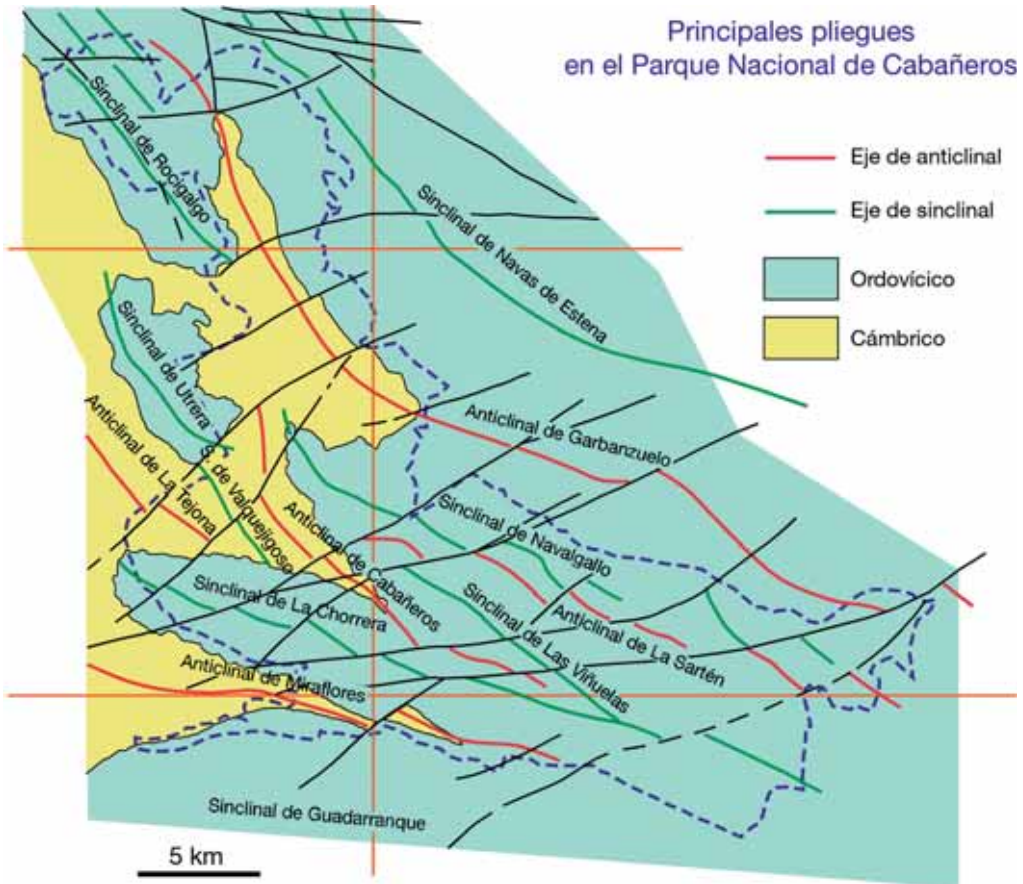


Figura 2. Traza axial de los principales pliegues variscos y prevariscos en el Parque Nacional de Cabañeros. El Anticlinorio del Chorito (no señalado) comprende la parte oriental del Anticlinal de Garbarzuelo, el Sinclinal de Navalgallo y el Anticlinal de La Sartén. **Figure 2.** Axes of the main Variscan and pre-Variscan folds in the Cabañeros National Park. The Chorito Anticlinorium (not indicated here), is formed by the eastern end of the Garbarzuelo Anticline, plus the Navalgallo Syncline and the La Sartén Anticline.

cos en dos grandes conjuntos, Ordovícico y ante-ordovícico, claramente delimitados en el Parque Nacional por la frontera geológica que supone el contacto Cámbrico-Ordovícico (Fig. 2 y 8), la cual implica un hiato cronológico que abarca desde el límite entre el Cámbrico inferior-medio, hasta el Tremadociense (Ordovícico basal).

El conjunto de pliegues paleozoicos está afectado por una tectónica de bloques limitados por fallas, con movimiento vertical y/o desgarramiento sub-horizontal de neta componente sinistral (desplazamiento de los bloques meridionales hacia el este). Estos últimos accidentes son los más nota-

bles, debido al desplazamiento escalonado que provocan tanto en los ejes de pliegues principales, como en las alineaciones duras de cuarcita que constituyen sus flancos (Fig. 3 y 7). La edad de la fracturación es posterior al plegamiento, pudiéndose considerar tardivarisca, sin descartar probables reactivaciones durante tiempos alpinos.

La Orogenia Varisca se produjo por el choque de las masas continentales de Gondwana y Laurasia, para formar el supercontinente Pangea. Como consecuencia de ello, los sedimentos marinos paleozoicos proto-ibéricos, situados en la periferia de Gondwana, emergieron para formar

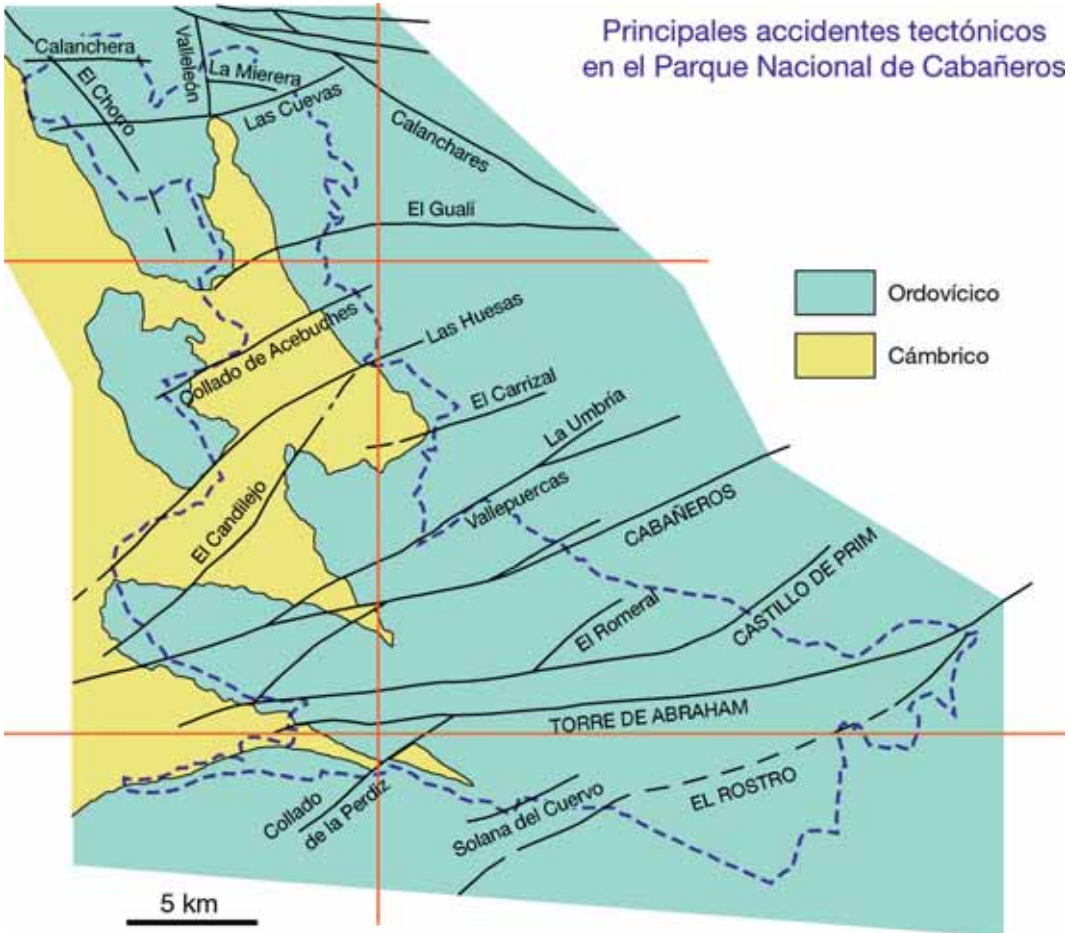


Figura 3. Principales accidentes tectónicos en el Parque Nacional de Cabañeros. Se representan únicamente las fallas con desplazamientos horizontales superiores al medio kilómetro.

Figure 3. Geological sketch showing the names of the main faults in the Cabañeros National Park, with horizontal displacement of over half kilometre.

una nueva cadena montañosa, desde entonces expuesta a la erosión. La larga y compleja historia erosiva de los materiales paleozoicos del Macizo Ibérico, eliminó también los posibles sedimentos continentales mesozoicos y del Terciario antiguo. En cuanto a los materiales de los períodos Silúrico y Devónico, se sabe con seguridad que se depositaron en toda la Zona Centroibérica y, por tanto, también en Cabañeros. Sin embargo, la geometría local de los pliegues paleozoicos, y sus niveles de arrasamiento, impiden reconocerlos en el Parque Nacional (en contra de

lo que afirman algunas guías y publicaciones geográficas), donde desaparecieron por erosión (antigua y moderna).

La denudación diferencial de los pliegues variscos merece también algunas consideraciones. Tanto los anticlinales como los sinclinales, aparecen enmarcados por los materiales cuarcíticos del Ordovícico Inferior que forman sus flancos. Estas unidades resisten bien la erosión y son los principales elementos constructores del relieve, en tanto que los núcleos de los pliegues forman depresio-

nes por estar constituidos mayoritariamente por pizarras, más fácilmente erosionables. Ello configura un estilo morfoestructural muy peculiar, que da lugar al denominado relieve apalachiano (por su semejanza con el paisaje de los Apalaches, en Norteamérica) donde, partiendo de una penillanura inicial, se genera una alternancia de sierras y valles, por el vaciado erosivo y diferencial de las rocas blandas. El apelativo “apalachiano” o “apalachense”, en el centro de España, debe utilizarse únicamente a efectos geomorfológicos, dado que el estilo tectónico de la cadena montañosa homónima es mucho más complejo (con cabalgamientos y despegues del basamento), que el suave patrón de pliegues y fracturas tardivariscas que caracteriza a los Montes de Toledo.

Testigos del inicio de la dilatada historia erosiva de los relieves montañosos de Cabañeros, son las espléndidas superficies de erosión escalonadas, cuyo testimonio más notable se encuentra en el conjunto de “rasos” que coronan el macizo montañoso del Chorito, formando un rígido nivel de cumbres cercano a los 1000 m (Fig. 4). Por encima de éste, tan sólo se conservan al noroeste del Parque algunas hombreadas erosivas que corresponden a un segundo nivel de cumbres, sobre los 1200 m, muy bien desarrollado en las sierras de San Pablo y Navahermosa. Del mismo emergen los relieves de Rocigalgo y Calamocho (hacia los 1400 m), vestigio probable, a su vez, de la fragmentación y desnivelado, ya en tiempos alpinos, de las antiguas super-



Figura 4. Vista del Anticlinorio del Chorito desde el noreste, mostrando (al fondo) la línea de cumbres casi horizontal (“rasos”), cercana a los 1000 m, correspondiente a una superficie mesozoica de arrasamiento.

Figure 4. Field view of the Chorito Anticlinorium, taken from the northeast, which corresponds to the horizontal skyline (= “rasos”), relict of a Mesozoic peneplain, now about 1000 m above sea level.

ficies de erosión mesozoicas. Esta diferencia de 400 m en la altitud de las líneas de cumbres de Cabañeros es atribuida a un gran accidente estructural (alineamiento Las Villuercas-Rocigalgo, equivalente al Cabalgamiento Guadalupe-Montánchez de ciertos autores), poco conocido en detalle, pero que tal vez se prolongue en la Falla de El Gualí, cuyo bloque septentrional (Rocigalgo) se habría levantado frente al meridional, al que pertenece el resto de las sierras del Parque.

En todo caso, la peneplanización de los relieves variscos, que se inicia a finales del Paleozoico y culmina en el Mesozoico, fue seguida por una intensa alteración edáfica durante el Jurásico y Cretácico, dado que Iberia se encontraba entonces en latitudes tropicales. La elevación del terreno consiguiente a la Orogenia Alpina, ocurrida a comienzos del Cenozoico, provoca la erosión diferencial de las rocas más alteradas en la etapa anterior (esencialmente las primitivas pizarras, ablandadas por el calor y la humedad o disgregadas completamente a arcillas), con lo que se genera un *relieve residual* muy parecido al actual, con alternancia de sierras de cuarcitas y valles o depresiones. La tectónica de bloques de finales de los tiempos alpinos, de la que surgió el Sistema Central, reactiva de nuevo el relieve y va a predeterminar el relleno de las cuencas y el encajamiento de la red fluvial que vemos en nuestros días.

Las Rañas constituyen piedemontes que arrancan de las alineaciones cuarcíticas, y tapizan de un modo casi continuo el núcleo, fuertemente erosionado, de los sinclinales de Navas de Estena, Las Viñuelas y La Chorrera. La débil incisión fluvial permite reconocer aquí su procedencia local, y también su morfología de abanicos aluviales aplanados. La formación de estas suaves rampas pedregosas, tan características del centro y oeste de la Península Ibérica, ha recibido diversas interpretaciones, tanto las relacionadas con crisis climáticas neógeno-cuaternarias (especialmente la del período pluvial Villafranquiense), como las vinculadas con accidentes tectónicos bastante recientes, si bien su datación es difícil y sólo hay dos datos disponibles que coinciden cifrar su edad en torno a los dos millones de años de antigüedad. La tendencia actual varía entre quienes consideran a las

rañas como abanicos sintectónicos, ligados a los últimos movimientos de bloques finialpinos, de direcciones béticas (VEGAS *et al.* 2004); o quienes, a partir de MARTÍN-SERRANO (1991), relacionan estos depósitos con un punto de inflexión progresivo en la evolución geológica local, datado entre el Mioceno y el Pleistoceno, según el cual las rañas articulan un episodio de relleno sedimentario y otro de disección, que es el que culmina con el encajamiento de la red fluvial actual.

Otros depósitos del Parque, característicos de las fases de clima frío del Cuaternario son los coluviones, formados por fragmentos de cuarcita desprendidos por gravedad y por acción del hielo-deshielo, que resultan visibles en las laderas de las alineaciones cuarcíticas y en la periferia de las plataformas de las rañas. Los coluviones de fragmentos sueltos son los canchales o pedrizas, activos y con desplazamiento, que ocupan extensiones irregulares en las mayores pendientes de los montes cuarcíticos y, con el tiempo, acaban siendo cubiertos por material más fino, sobre el que se fija la exuberante cubierta vegetal.

Desde el punto de vista hidrográfico, Cabañeros se enmarca dentro de las cuencas de dos ríos afluentes del Guadiana por su margen derecha: el Bullaque y el Estena. El primero circula sobre la raña sin apenas incidirla y sin generar un valle estable, mientras que el segundo aparece fuertemente encajonado en un surco intramontañoso, cuya incisión se suma al relieve, de por sí accidentado, de toda la región occidental de montes. Los depósitos fluviales de terrazas y llanuras de inundación (sin contar los aluviones actuales) se restringen a la cuenca del río Bullaque, y son especialmente extensos en la parte más baja de la llanura suroriental del Parque, que forma parte de la llamada depresión de El Robledo, en donde las dificultades de drenaje se agravaron por un nivel freático casi aflorante durante períodos prolongados.

Según algunos autores, la actual asimetría hidrográfica y orográfica de los ríos Bullaque y Estena tiene su origen en tiempos antiguos, de cuando los ríos de los Montes de Toledo drenaban hacia La Mancha (por entonces un gran lago interior), y por lo tanto tenían un nivel de base y retroceso en cabecera muy bajo. Sin embargo los ríos que, ya por en-

tonces, vertían al Atlántico, tenían una fuerte capacidad erosiva y ahondaron mucho su cabecera, terminando por capturar los antiguos ríos que vagaban hacia el este con escaso drenaje. Así, una misma depresión geológica (el Sinclinal de Navas de Estena) fue alcanzada primero por el oeste, debido a la erosión remontante del río Estena, que formó su propia depresión tras abrirse paso desde el suroeste a través del Boquerón del Estena. Por su parte, el primitivo río Bullaque, que en principio fluía hacia el este, fue capturado mucho más tarde por el retroceso de cabecera de otro río, que remontaba desde el sur, y que logró penetrar en el centro de la antigua depresión intramontañosa abriéndose paso a través del portillo de la Torre de Abraham.

MATERIAL Y MÉTODOS

Tras una primera etapa de actualización bibliográfica y análisis de la cartografía geológica existente, el proyecto se centró en la realización de trabajos de campo conducentes a la obtención de un mapa geológico que cubriera todo el Parque Nacional, hasta entonces incompleto por la existencia de sólo tres Hojas geológicas publicadas (IGME 1989a, 1989b, 1989c), de las cinco a escala 1:50.000 donde se integra su territorio. Para ello dispusimos de mapas, imágenes de satélite y fotografías aéreas, a diversas escalas, alguna de ellas con recubrimiento estereoscópico.

En paralelo a los trabajos cartográficos, se llevaron a cabo reconocimientos estratigráficos y paleontológicos en las unidades del Paleozoico inferior, que desembocaron en la planificación de dos actuaciones paleontológicas específicas. Estas consistieron sendas campañas veraniegas (2007 y 2009), para excavar y preparar dos importantes yacimientos de huellas fósiles en materiales del Ordovícico Inferior, que culminaron en la obtención de moldes icnológicos de gran formato (30 m²) en resinas y fibra de vidrio. La realización de estas réplicas supuso un extraordinario esfuerzo logístico y de innovación técnica, hecho posible gracias a la cooperación del personal del Parque, y a la ayuda desinteresada de jóvenes estudiantes y recién licenciados de las facultades de Geología y Biología de la Universidad Complutense de Madrid (Fig. 5). El proceso exigió el tratamiento pre-



Figura 5. Varias vistas del moldeado *in situ* de grandes superficies icnológicas con *Cruziana* (arriba) y huellas de gusanos gigantes (abajo), mediante la obtención de negativos en silicona sobre carcasas plásticas y positivado en resina epoxy reforzada con fibra de vidrio (centro).

Figure 5. Preparation and *in situ* casting of large ichnological surfaces with *Cruziana* (above) and giant worm burrows (below), making a silicone rubber mold over the original. In the center-left, the negative mold is accommodated over plastic carcasses, also polymerized *in situ*, before obtaining the giant cast in epoxy reinforced by glass fibre (center right).

vio de las superficies icnológicas, su moldeado con siliconas tixotrópicas (al tratarse de capas verticales y rocas en voladizo), el refuerzo de cada molde con materiales plásticos vulcanizados in situ, el vaciado del molde en resinas coloreadas y con refuerzo de fibra de vidrio, y la naturalización del molde (BAEZA CHICO *et al.* 2008). El objetivo de estos moldes, aparte de servir para el estudio paleoicnológico, es garantizar la conservación de aquella información científica susceptible de perderse por alteración meteórica o destrucción de los originales, el servir de guía para futuras actividades de restauración, y contribuir a la divulgación del importante patrimonio paleontológico del Parque a través de sus centros de interpretación o en eventuales exposiciones fuera del mismo.

Además de la confección del mapa y la realización de trabajos de campo, las muestras recogidas fueron preparadas en los laboratorios de petrografía, paleontología, microscopía y fotografía del Instituto de Geología Económica, conforme a los procedimientos rutinarios. En esta fase únicamente hay que destacar los resultados negativos obtenidos para todas las muestras micropaleontológicas recogidas, un hecho imputable tanto al metamorfismo regional y térmico (proximidad a las intrusiones graníticas del Anticlinal de Sonseca), como a la intensa alteración pre-raña que muestran la mayoría de afloramientos de pizarras del Ordovícico Medio.

La fase final de estudio de muestras y sistematización de datos paleontológicos y litoestratigráficos, dio lugar a diversos trabajos con resultados de investigación (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* 2007b, 2008a; RÁBANO & GUTIÉRREZ-MARCO 2008; ACEÑOLAZA *et al.* 2008; REYES ABRIL *et al.* 2010). También a la colaboración, en temas relativos al Parque Nacional, con un proyecto sobre el patrimonio geológico del Ordovícico y Silúrico en espacios naturales protegidos de la Península Ibérica (ref.^a. CGL2006-07628/BTE, del Ministerio de Ciencia e Innovación), con el que se emprendieron acciones conjuntas (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* 2007a, 2008b, 2008c, 2009a; RÁBANO *et al.* 2008), y se promocionaron los valores geológicos de Cabañeros en medios profesionales relacionados con la comunicación social de la Ciencia (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* 2008d).

RESULTADOS

La nueva fase de investigaciones, propiciada en Cabañeros por la Acción Estratégica 56/2005 de la Red de Parques Nacionales, permitió refinar y completar la cartografía geológica del Parque, además del redescubrimiento y estudio preliminar de todos los yacimientos paleontológicos señalados en estudios previos, a los que se añadieron algunos hallazgos nuevos de enorme valor de cara al Patrimonio Geológico español.

Cartografía Geológica

El Parque Nacional de Cabañeros abarca una superficie de 40.856 hectáreas, repartidas en seis términos municipales de las provincias de Toledo (Hontanar, Los Navalucillos) y Ciudad Real (Navas de Estena, Retuerta del Bullaque, Horcajo de los Montes, Alcoba de los Montes), adscritas a las Hojas 683 (Espinoso del Rey), 709 (Anchuras), 710 (Retuerta de Bullaque), 734 (Villarta de los Montes) y 735 (Fontanarejo) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000 (Fig. 6). La carto-



Figura 6. Proyección de la superficie del Parque Nacional de Cabañeros y sus principales poblaciones aledañas, sobre la cuadrícula de las hojas 683 (Espinoso del Rey), 709 (Anchuras), 710 (Retuerta de Bullaque), 734 (Villarta de los Montes) y 735 (Fontanarejo) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Figure 6. Contour of the Cabañeros National Park and its neighbouring towns, projected over the sheets of the Spanish Topographic Map at 1:50,000 scale, numbers 683 (Espinoso del Rey), 709 (Anchuras), 710 (Retuerta de Bullaque), 734 (Villarta de los Montes) and 735 (Fontanarejo).

grafía geológica publicada cubre únicamente las tres primeras de las cinco Hojas mencionadas, en tanto que los mapas de síntesis a escala 1:200.000 (Hojas 52, 53, 60 y 61), origen de la moderna cartografía, están claramente superados.

En este trabajo se presenta el primer mapa geológico completo del Parque Nacional (Fig. 7), confeccionado en soporte digital a escala 1:50.000, y georreferenciado al objeto de poder sumarlo al modelo digital del terreno y de gestión ya existente. El mapa no sólo comprende la totalidad de Cabañeros, sino que abarca una orla perimetral de 1-13 km en su Anteparque, con objeto de poder deslindar mejor las estructuras geológicas que se continúan más allá de sus límites, y ante la posibilidad de eventuales ampliaciones, como la que experimentó el Parque en diciembre de 2005.

Desde el punto de vista geológico, se resalta la utilidad de esta primera visión cartográfica detallada y de conjunto, para identificar todas las grandes estructuras geológicas representadas en el Parque Nacional de Cabañeros, y unificar su nomenclatura. Esta tarea amplía y revisa las propuestas parciales presentadas por autores previos (SAN JOSÉ LANCHETA 1970; IGME 1971-1989c; SAN JOSÉ LANCHETA *et al.* 1974, 1997; MARTÍN ESCORZA 1977; VEGAS & ROIZ 1979), en las que concurrían varios nombres para un mismo elemento: por ejemplo denominar sinclinal de Guadalcerzas o de Retuerta-Las Navas al Sinclinal de Navas de Estena, anticlinal de Valdeporquezuolo al Anticlinal de Garbanzuelo, anticlinal de Las Peralosas al Anticlinal de Cabañeros, etc. Y lo mismo puede decirse acerca de las grandes fallas, en parte innominadas y en parte minusvaloradas (por ejemplo, los accidentes del Castillo de Prim y El Rostro) antes de disponer de un mapa como el actual, que posibilita el trabajo detallado a una escala más pequeña y sin recubrimientos, donde se visualizan algunas estructuras poco patentes a escalas más grandes.

En las Figuras 2 y 3 se halla resumida la nomenclatura adoptada en el Parque Nacional de Cabañeros para los grandes pliegues y accidentes tectónicos principales, respectivamente. En ella se ha considerado conveniente individualizar, con criterios operativos, la continuidad manifiesta

entre ciertas estructuras, por ejemplo los sinclinales variscos de Rocigalgo y Las Viñuelas (físicamente desconectados por aflorar su basamento anteordovícico), el Anticlinal de Miraflores (prolongación suroriental del Anticlinal de Valdela-casa) o el Antiforme del Chorito (para otros autores asimilado al Anticlinal de Los Cortijos).

En cuanto a los errores advertidos en las cartografías publicadas, cabe resaltar la ausencia real de afloramientos de las Pizarras de Navas de Estena en el Sinclinal de Las Viñuelas y en la mitad oriental del Sinclinal de Navalgallo, que constaban en la Hoja n° 710 (IGME 1989c). En el segundo caso (arroyo del Castaño al noroeste de la Casa de Anchurones), hemos podido comprobar que el afloramiento corresponde en realidad a un tramo de pizarras intercalado en las Capas de Marjaliza, sin involucrar unidades más jóvenes. Por otra parte, las unidades geológicas constitutivas del núcleo del Sinclinal de la Chorrera han sido revisadas con criterios bioestratigráficos, detectándose una importante confusión de la parte media de las Capas de Marjaliza con las Areniscas de Los Rasos, tal y como constan en la cartografía de la Hoja n° 709 (IGME 1989b). Allí, el resalte morfológico de un tramo cuarcítico dentro de las Capas de Marjaliza (de donde procede una lumaquela de bivalvos arenigenses, yacimiento n° 8 en la Fig. 9), fue considerado como el techo de la citada formación (unidad 16 del mapa: IGME 1989b), con lo cual las unidades suprayacentes (unidades 17 y 18 del mapa) no se corresponden con pizarras y areniscas del Ordovícico Medio (Pizarras de Navatrasierra y Areniscas lenticulares de Los Rasos), sino areniscas finas que terminan en tempestitas arenosas en bancos, las cuales generan un nuevo resalte morfológico que identificamos aquí con el auténtico tramo terminal de las Capas de Marjaliza. Por lo tanto estas últimas areniscas (n° 18 en la cartografía MAGNA) no se intercalan en la unidad de pizarras del Ordovícico Medio (n° 17) ni se hallan próximas al límite "Llanvirn-Llandeilo", sino que son bastante más antiguas. Nuestra reinterpretación queda demostrada por el hecho de que todos los yacimientos paleontológicos localizados en las pizarras del núcleo del sinclinal de La Chorrera, que postdatan las cuarcitas (n° 18) en sentido estratigráfico, son de edad Oretaniense inferior, en lugar del Dobroti-

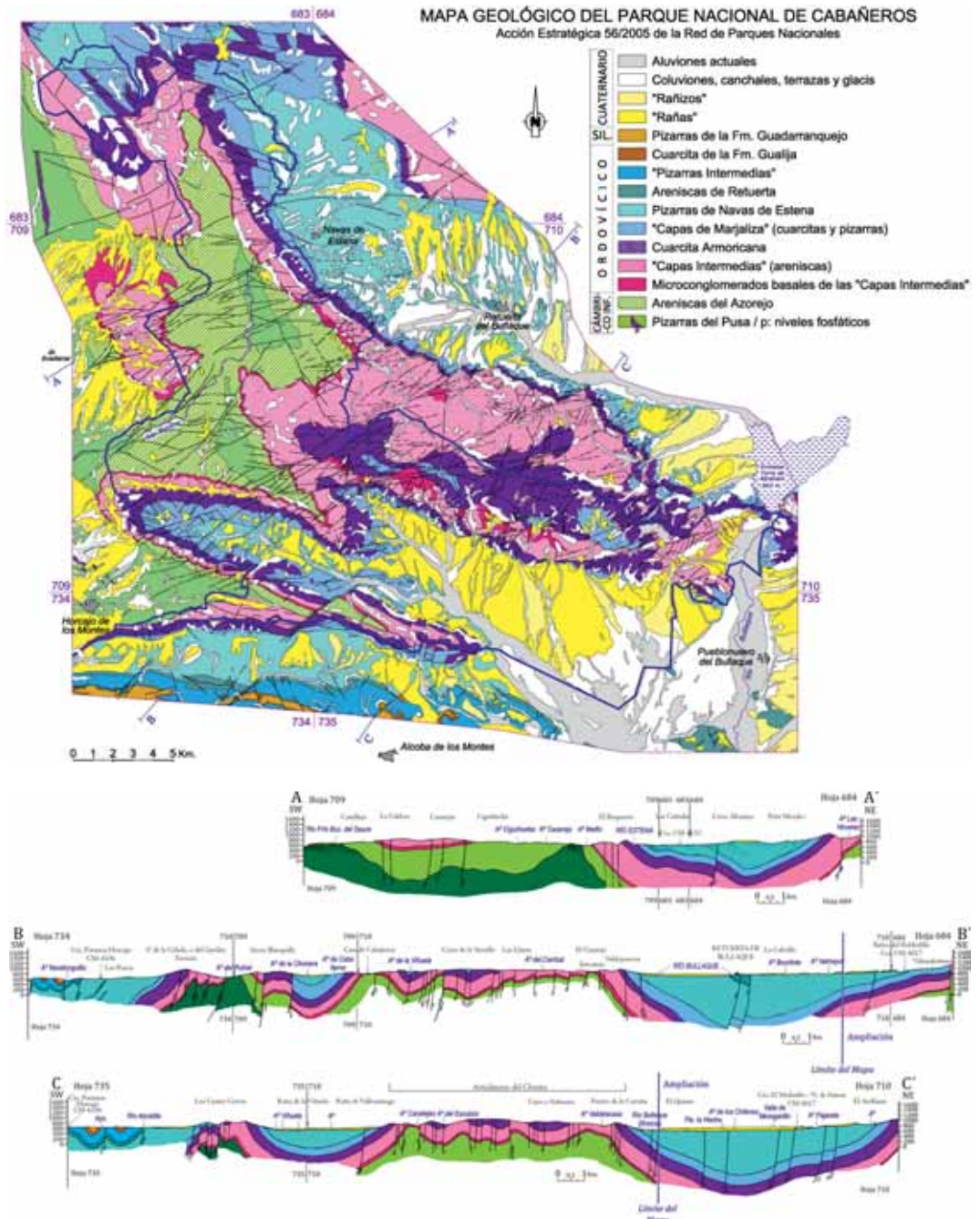


Figura 7. Mapa geológico del Parque Nacional de Cabañeros y sus alrededores, acompañado por tres cortes (A-A', B-B' y C-C') transversales a las principales estructuras geológicas. El mapa es una versión reducida del original, digitalizado a escala 1:50.000.

Figure 7. Geological Map of the Cabañeros National Park and neighbouring areas, accompanied by three cross-sections representative of its geology(A-A', B-B' and C-C'). The map image is a reduced version of the original, composed and digitalized at 1:50,000 scale.

viense que cabría esperar si las cuarcitas fueran las del límite "Llanvirm-Llandeilo". En consecuencia, los términos más altos de la sucesión ordovícica en el sinclinal de La Chorrera corresponden a los 500 m basales de las Pizarras de Navas de Estena, una unidad severamente erosionada en tiempos pre-Cuaternario (incluyendo los posibles niveles tempestíficos del Dobrotiviense), como atestigua su contacto directo con la raña, que hemos revisado en toda su extensión.

Estratigrafía

La estratigrafía de las unidades paleozoicas y cuaternarias del Parque Nacional de Cabañeros es bien conocida, habida cuenta de la gran extensión que alcanzan en la Zona Centroibérica todas las unidades aquí representadas, y la conocida "sección tipo" del Paleozoico local en el corte del río Estena, descrita en varias publicaciones. Por ello nos hemos limitado a efectuar reconocimientos, con fines cartográficos y paleontológicos, del basamento anteordovícico (formaciones Pusa –parte superior– y Azorejo –bastante completa excepto su techo–), regionalmente consideradas como Cámbrico inferior. Tras el espectacular afloramiento de la Discordancia Toledánica (Fig. 8) en los anticlinales de Garbanzuelo y Cabañeros, la sucesión ordovícica debuta en tiempos Arenigienses (Floiense de la escala global) con las "Capas Intermedias", seguidas por la Cuarcita Armoricana y las "Capas de Marjaliza" (Ordovícico Inferior-Medio), así como por las Pizarras de Navas de Estena (Ordovícico Medio, restringido al Oretaniense en el territorio del Parque). Para la cobertera cuaternaria hemos seguido las unidades estratigráficas sumariadas dentro del Parque por SAN JOSÉ *et al.* (1997), simplificando un poco su cartografía con respecto a la fotointerpretación tan detallada de la Hoja geológica nº 710 (IGME 1989c).

A nivel de cuenca de sedimentación, en la geología de Cabañeros hay que destacar las fuertes variaciones de espesor que muestran en el territorio del Parque las "Capas Intermedias" del Ordovícico Inferior, así como su conglomerado basal. También el progresivo adelgazamiento de la Cuarcita Armoricana observado a lo largo del flanco suroccidental del Sinclinal de Navas de Estena (Fig. 7). Dichas variaciones son comparables a las



Figura 8. Afloramiento de la Discordancia Toledánica, con Ordovícico reposando angularmente sobre un substrato que en este caso es del Cámbrico inferior (Ordovícico), en la margen derecha del río Estena, sección del Boquerón del Estena. La escala está representada por la persona enmarcada en el círculo.

Figure 8. Field photograph of the Toledanian Unconformity, where the Ordovician strata (to the right) lie locally on lower Cambrian rocks (left, almost vertical). The outcrop lies on the right bank of the Estena river, in the Boquerón del Estena section. Circled human as scale of its geology (A-A', B-B' and C-C'). The map image is a reduced version of the original, composed and digitalized at 1:50,000 scale.

conocidas en otras áreas centroibéricas, donde reflejan el relleno progresivo de paleorrelieves, fosas y semifosas, originadas por una tectónica extensiva, contemporánea con la sedimentación del Ordovícico Inferior (McDOUGALL *et al.* 1987), en realidad subsiguiente a la tectónica compresiva finicámbrica, de la que tan bellos ejemplos se observan en el territorio del Parque.

Paleontología

El descubrimiento de los primeros fósiles, en el territorio del Parque Nacional, se debe a CORTÁZAR (1880), quien cita abundantes huellas de *Cruziana* del Ordovícico Inferior en el paraje denominado Espinazo del Can, "de donde pudieran sacarse los ejemplares por toneladas". Sin embargo, los demás hallazgos se demoraron hasta el último tercio del siglo XX, con nuevas identificaciones elementales de icnofósiles del Cámbrico y Ordovícico en la sección del Boquerón del Estena (SAN JOSÉ *et al.* 1974; MORENO *et al.* 1976), y con la demarcación de otros yacimientos, de los que no se especifica su contenido, en el Ordovícico de los sinclinales de Navas de Estena, Rocigalgo y La Chorrera, así como en las rocas cámbricas de los anticlinales del Garbanzuelo

y La Tejona (IGME 1989a-1989c). A lo largo de este proyecto se han logrado relocalizar todos los puntos citados por autores previos, sumando algunos nuevos (Fig. 9) y realizando un primer estudio pormenorizado del conjunto de yacimientos ubicados en el Parque, de los que algunos pasarán a tener auténtica relevancia internacional.

Yacimientos del Cámbrico inferior

Las Pizarras del Pusa, la unidad más antigua de las aflorantes en el Parque, no han brindado hasta el momento resto fósil alguno. Por el contrario, en

las Areniscas del Azorejo que las suceden se han localizado tres yacimientos icnológicos: dos en ambos flancos del Anticlinal de Garbanzuelo (Fig. 9, puntos 3-4), y uno en el flanco oriental del Anticlinal de La Tejona (Fig. 9, pto. 5).

El icnofósil más común en los yacimientos de la Formación Azorejo es *Astropolichnus hispanicus* (Fig. 10), una huella pedunculada de anclaje, atribuida a anémonas marinas (PILLOLA *et al.* 1994), que había sido citada anteriormente en el río Estena por MORENO *et al.* (1976) como "*Astropolithon*" *hispanicus*. Su reconocimiento en Cabañeros

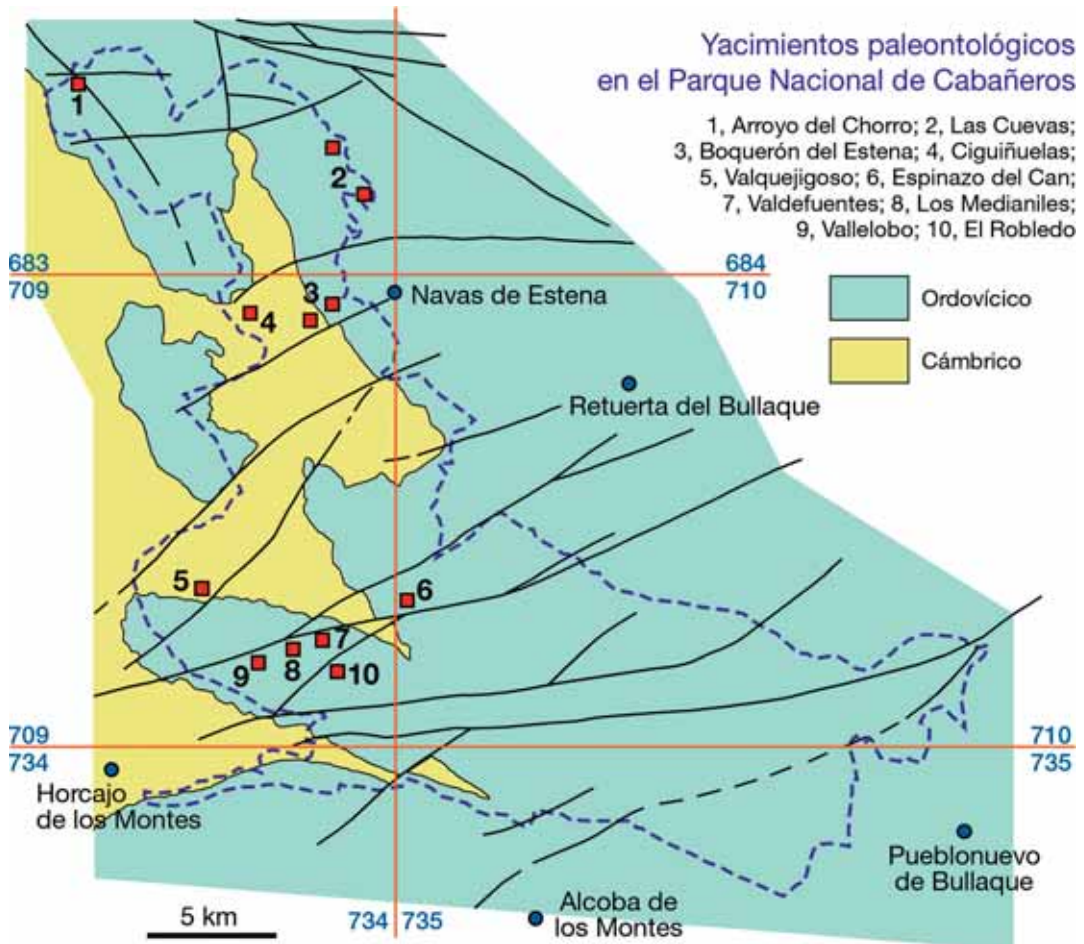


Figura 9. Principales yacimientos paleontológicos del Cámbrico y Ordovícico en el Parque Nacional de Cabañeros.

Figure 9. Geological sketch map showing the placement of the main Cambrian and Ordovician fossil localities in the Cabañeros National Park.



Figura 10. Icnofósiles y estructuras sedimentarias en la Formación Azorejo (Cámbrico inferior). Arriba a la izquierda, epirrelieve de *Astropolichnus hispanicus*; id. derecha, *Psammichnites* (relieve endostratal); abajo a la izquierda, epirrelieves de *Oldhamia*; id. derecha, rizaduras de oleaje en planos sucesivos.

Figure 10. Some ichnofossils and sedimentary structures of the Azorejo Formation (lower Cambrian): upper left, epirelief of *Astropolichnus hispanicus*; upper right, endostratal trace of *Psammichnites*; lower left, epireliefs of *Oldhamia*; lower right, wave ripples on successive strata.

es importante, por tratarse de un icnofósil guía del Ovetiense (= Cámbrico inferior), que además se halla ampliamente representado en el suroeste de Europa. En los mismos niveles se localizan grandes trazas horizontales de alimentación-locomoción atribuibles a *Psammichnites gigas* (= "*Scolicia* sp." en MORENO *et al.* 1976), galerías más pequeñas excavadas por otros organismos de cuerpo blando (*Planolites* isp.), diversas marcas de artrópodos (*Monomorphichnus lineatus*, *Diplichnites* isp.) y raras excavaciones de organismos micrófagos desconocidos, realizadas sistemáticamente bajo tapices cianobacterianos (Fig. 10). Estas últimas parecen referibles al icnogénero *Oldhamia*, y posiblemente sean las mismas que han sido citadas como *Agrichnium?* isp., en un afloramiento de

las Areniscas del Azorejo fuera del Parque Nacional (BRASIER *et al.* 1979).

Yacimientos del Ordovícico Inferior

Los fósiles del Ordovícico Inferior se hallan bien representados en el Parque Nacional, en las tres unidades de predominio cuarcítico y areniscoso que dan los principales relieves. Así, en las "Capas Intermedias" del Arenigiense inferior, que sellan la Discordancia Toledánica, se enclavan diversos niveles icnológicos en la sección del Boquerón del Estena (Fig. 9, pto. 3); la Cuarcita Armoricana, del Arenigiense medio, brinda horizontes icnológicos y de braquiópodos quitinofosfáticos en la sección antedicha, y en el Espinazo del Can (Fig. 9, pto. 6);

y, finalmente, las “Capas de Marjaliza” del Arenigense superior, contienen icnofósiles en la Sierra de Valdefuentes (Fig. 9, pto. 7) además de una lumaca de bivalvos y braquiópodos quitinofosfáticos en Los Medianiles, al sur de la sierra mencionada (Fig. 9, pto. 8).

La sección del río Estena ha proporcionado espectaculares fósiles en las “Capas Intermedias”. Prácticamente desde su base, en los tramos que intercalan bancos microconglomeráticos, ya es posible reconocer huellas horizontales de tipo *Planolites* y *Skolithos* poco penetrativos; hacia la parte media abundan las madrigueras estrechas de *Skolithos linearis*, con buen desarrollo vertical en los bancos de areniscas (Fig. 11), en los que se reconocen ciclos de erosión y relleno generados por tormentas, e incluso huellas de escape de organismos. Aunque la icnofacies dominante es la de *Skolithos*, hacia la parte media y superior de la unidad comienza a aparecer *Cruziana*, con la rara icnoespecie *C. yini* (ACEÑO-LAZA *et al.* 2008), y esporádicos braquiópodos linguliformes (*Lingulepis*). No obstante, el registro icnológico de las “Capas Intermedias” es especialmente notable por el descubrimiento reciente de galerías horizontales de grandes dimensiones (más de 11,6 m de longitud y hasta 20 cm de anchura), de recorrido sinuoso a entrelazado, producidas por organismos desconocidos de cuerpo blando, gran tamaño y notable movilidad (los ya populares “gusanos gigantes” de Cabañeros): Fig. 12. Estas galerías abiertas, revestidas inicialmente para evitar su colapso, y rellenadas de forma pasiva por el mismo

sedimento en el que fueron excavadas, las relacionamos en un primer momento con alguna icnoespecie nueva de *Palaeophycus*. Pero una vez completada su excavación, y el estudio preliminar de las trazas en distintos horizontes de la sección, las constricciones asociadas nos llevan a considerarlas como un icnotaxón totalmente nuevo, que nos proponemos denominar en una futura publicación como “*Estenaichmus cabanerensis*” (*nomen nudum*), cuya etimología significa “la huella del (río) Estena dedicada a Cabañeros”.

La Cuarcita Armoricana es una unidad ordovícica, pródiga en icnofósiles, que se halla repartida por buena parte de los Macizos Ibérico y Armoricano francés. Las huellas más frecuentes en Cabañeros corresponden a la icnofacies de *Cruziana*, dominada por trazas desarrolladas en el plano horizontal, propias de ambientes fangosos costeros, donde periódicamente se recubren por lechos de arena que las moldean y conservan en la cara inferior de los bancos de cuarcita. *Cruziana* se atribuye a la excavación de artrópodos (generalmente trilobites) cuyas patas marcan arañazos oblicuos en el fondo de un doble surco (Fig. 13). Este icnofósil y otros relacionados (*Rusophycus* –huella bilobulada de reposo de artrópodos–, *Gordia* y *Planolites* –señales de gusanos marinos sobre el fondo–, etc.), son ciertamente frecuentes en los tramos heterolíticos (alternancias de estratos duros y blandos) del tramo superior de la Cuarcita Armoricana, bien representados en el Boquerón del Estena, Sierra de Valdefuentes y ruta del Rocigalgo. En el Boquerón del Estena, además,



Figura 11. Estratos de areniscas de las “Capas Intermedias”, con madrigueras verticales de *Skolithos linearis* deformando la laminación sedimentaria.

Figure 11. Sandstone strata of the “Intermediate Beds”, showing vertical burrows of *Skolithos linearis* disturbing the sedimentary lamination.



Figura 12. Excavaciones producidas por gusanos gigantes en la parte inferior de las “Capas Intermedias”, con detalles de su aspecto original (abajo a la izquierda), algunas constricciones (abajo centro) y de otro ejemplar con fuerte curvatura (abajo a la derecha). Sección del Boquerón del Estena.

Figure 12. Horizontal burrows made by giant worms in the lower part of the “Intermediate Beds”, with some details of their original aspect before preparation (lower left), a part with constrictions (lower centre) and a strongly curved specimen (lower right).

se hallado un icnofósil de dimensiones extraordinarias (45 cm de anchura: Fig. 14), desconocido hasta ese momento en el Ordovícico del suroeste de Europa, y que identificamos provisionalmente, en espera de encontrar más ejemplares, como *Tumblagoodichnus?* isp.. Este icnogénero designa excavaciones someras de morada u ocultación, realizadas

posiblemente por artrópodos arcnomorfos gigantes (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* 2008a).

Otro resultado notable, en los mismos niveles de la Cuarcita Armoricana, es la preparación y limpieza de una gran base de estrato, con multitud de *Cruziana* de gran tamaño y orientaciones similares, re-



Figura 13. Detalles de algunos ejemplares de *Cruziana* (traza bilobulada con marcas de apéndices), conservados como hiporelieves convexos en estratos la parte alta de la Cuarcita Armoricana.

Figure 13. Morphology of some specimens of *Cruziana* (a bilobed trace with scratch marks made by body appendages), preserved as convex hyporeliefs in strata from the upper part of the Armorican Quartzite.



Figura 14. Ejemplar de *Tumblagoodichnus?* isp. (arriba a la izquierda), un semirrelieve de gran tamaño visto por su cara inferior, hallado en la Cuarcita Armoricana.

Figure 14. Specimen of *Tumblagoodichnus?* isp. (upper left corner): a large semi-relief seen from below, recorded from the Armorican Quartzite.

flejandro probablemente una congregación paleobiológica de sus organismos productores para la muda y/o la reproducción. Tales comportamientos gregarios, ya habían sido descritos en trilobites a partir del Ordovícico Medio (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* 2009b), pero lo que hace especial a este caso de Cabañeros, es constituirse en la evidencia icnológica más antigua de aquellas acciones colectivas. Por el gran interés científico y patrimonial de esta

superficie, es por lo que decidimos realizar un molde de gran formato de la misma (Fig. 5), seleccionando la zona con icnofósiles más interesantes, ante la eventualidad de su destrucción tanto por alteración meteórica, como por derrumbamiento del estrato o por intervención de indeseables (BAEZA CHICO *et al.* 2008). La réplica consiguiente, en materiales durables, ha sido utilizada para el levantamiento cartográfico de las trazas fósiles y también para su exhibición al público (Fig. 15).



Figura 15. Réplica de la gran superficie con *Cruziana* de la Fig. 5, instalada en el Centro de Interpretación de Casa Palillos (arriba y centro), y un segundo molde de la misma destinado a los estudios paleontológicos (abajo).

Figure 15. Cast of the large surface with *Cruziana* showed in Fig. 5, installed at the Interpretation Centre of Casa Palillos (above and center), and a second replica of the same used for paleontological study (below).

Otro resultado destacable consistió en ubicar de nuevo el yacimiento mencionado por CORTÁZAR (1880) en el primitivo Espinazo del Can, un topónimo cambiado de lugar con los nuevos accesos que cruzan el Parque, y que figura en sitio

equivocado en los modernos mapas topográficos. Esa debió de ser una de las razones esenciales por las que nadie volvió a dar con el yacimiento, si bien nuestras exploraciones sistemáticas, de campo y de las vías antiguas, condujeron final-



Figura 16. Algunos icnofósiles encontrados en el prolífico yacimiento del Espinazo del Can, correctamente asignado por CORTÁZAR (1880) a la Cuarcita Armórica, en donde se registran raras icnoespecies de *Cruziana* asociadas a *Monomorhichnus* (los tres ejemplares de la esquina inferior derecha).

Figure 16. Some ichnofossils coming from the rich locality of Espinazo del Can, placed in the Armoric Quartzite by CORTÁZAR (1880). Photographs show the uncommon *Cruziana* ichnospecies recorded there, in association with *Monomorhichnus* (the three specimens of the lower right corner).

mente a su redescubrimiento. El horizonte icnológico es muy rico en huellas y se localiza cerca de la base de la Cuarcita Armoricana, en horizontes que otras secciones resultan comúnmente inaccesibles, debido a los recubrimientos de pedrizas derivadas de otros crestones de cuarcita, más elevados estratigráficamente dentro de la formación. Es por ello que en el Espinazo del Can, junto a las icnoespecies de *Cruziana* más comunes (*C. rugosa*, *C. furcifera*, *C. goldfussi*), hay otras bastante raras (*C. problematica*, *C. "vilanova"* o *C. barriosi*, *C. cf. cordieri*, etc.), además de formas compuestas de *Cruziana* y abundantes *Monomorphichnus* (Fig. 16, página anterior), en una icnoasociación muy singular, que aporta valiosa información a escala de la Península Ibérica.

Por último, las "Capas de Marjaliza" del Arenigiense superior, además de contener algunos ejemplares de *Cruziana* en el arroyo del Chorro (Sinclinal de Rocigalgo), han brindado un descubrimiento excepcional, en forma de un estrato lumacuelico con millones de fósiles de moluscos bivalvos acompañados por algunos braquiópodos quitinosofosfáticos (Fig. 17). Ente los primeros identificamos el paleotaxodonto *Praenucula? oehlerti*, *Modiolopsis? sp.* y raros paleoheterodontos indeterminables, mientras que los segundos corresponden a *Ectenoglossa sp.* La singularidad de la lumacuela de Cabañeros reside en que está formada en su práctica totalidad por individuos completos no orientados, conservados con sus dos valvas cerradas, lo que nos habla de un evento único de acumulación y enterramiento, que actuó sobre un área extensa del litoral colonizada, selectivamente, por bivalvos o braquiópodos infaunales. Ello permite especular con que esta capa sea un equivalente lateral de la lumacuela de lingúlidos registrada a techo de las "Capas de Marjaliza" en otras localidades centroibéricas, la cual refleja acontecimientos catastróficos, ocurridos durante el Arenigiense superior a nivel de la plataforma perigondwánica del suroeste europeo, que fue barrida por tempestades excepcionales o por un único tsunami causado por una explosión volcánica (EMIG & GUTIÉRREZ-MARCO 1997).

Yacimientos del Ordovícico Medio

Con anterioridad a este proyecto se conocían muy bien los yacimientos paleontológicos del Oreta-

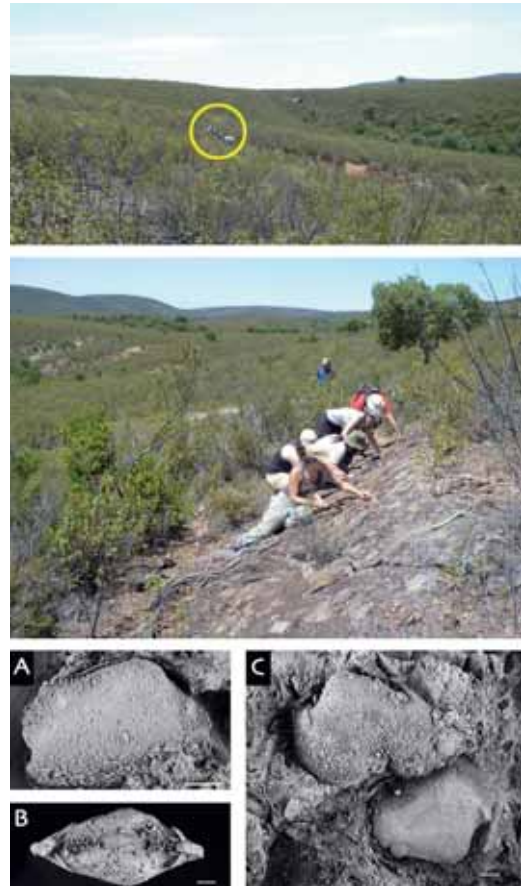


Figura 17. Aspectos de campo del yacimiento Los Medianiles en las "Capas de Marjaliza" (arriba y centro) y detalle de algunos ejemplares de paleoheterodontos (A) y paleotaxodontos (B-C, *Praenucula? oehlerti*) identificados en la lumacuela de bivalvos. Escalas gráficas, 2 mm.

Figure 17. Field photographs of the Las Medianiles fossil locality of the Marjaliza Beds, and details of internal moulds of some specimens of the thick bivalve coquina: A, paleoheterodont form, B-C, the paleotaxodont *Praenucula? oehlerti*. Scale bars 2 mm.

niense de Navas de Estena, de los cuales sólo los situados al noroeste y sur de esta localidad, quedan parcialmente dentro del territorio del Parque Nacional (Fig. 9, pto. 2). En esta misma franja de afloramientos, la situada entre Navas de Estena y Retuerta del Bullaque, se han descubierto algunos braquiópodos nuevos, que hemos nombrado como *Paralenorthis estenaensis*, *P. lolae* y *Gutiorthis incurvata* (REYES-ABRIL et al. 2010).

En este proyecto hemos optado, sin embargo, por orientar las investigaciones de detalle al núcleo del Sinclinal de la Chorrera, donde habían sido indicados yacimientos fosilíferos en la cartografía MAGNA (IGME 1989b), y cuyo estudio bioestratigráfico resultó toda una sorpresa, pues obligó a reconsiderar la atribución de unidades en la nueva cartografía y cortes geológicos propuestos por el proyecto (Fig. 7). En este sentido, todas las pizarras que afloran en el núcleo de la estructura son muy fosilíferas, pero en vez de tener una edad pretendidamente "Llandeliense", son bastante más antiguas, y ni siquiera alcanzan el Oretaniense superior. A efectos paleontológicos, nos hemos centrado en los yacimientos más ricos situados al sur de las casas de Vallelobo y en el paraje de El Robledo (Fig. 9, pto. 9 y 10,

respectivamente). Ambos tipifican dos horizontes sucesivos del Oretaniense inferior, con nódulos fosilíferos que han resistido diferencialmente la alteración de la matriz pizarrosa (Fig. 18). El estudio taxonómico desarrollado tras dos campañas de recolección y estudio, revela la presencia de 30 especies distintas de trilobites, moluscos (bivalvos, rostroconchas, gasterópodos, cefalópodos, hyolítidos), equinodermos (diploporitos y crinoideos), graptolitos (didymograptidos pendientes y dendroideos bentónicos) y ostrácodos. Entre los taxones característicos del Oretaniense inferior, destacan los trilobites *Neseuretus avus*, *Ogyginus forteyi*, *Nobiliasaphus delessei* y *Hungioides bohemicus*, el graptolito *Didymograptus artus*, además de braquiópodos linguliformes como *Monobolina bowlesi*, craniáceos (*Schizocrania*) y ór-



Figura 18. Afloramientos con nódulos fosilíferos de las Pizarras de Navas de Estena en el Sinclinal de La Chorrera (arriba). Debajo, algunos nódulos del Oretaniense inferior antes (izquierda) y después (derecha) de su apertura, mostrando trilobites y moluscos bivalvos en su interior.

Figure 18. Outcrops of the Navas de Estena shales in the La Chorrera Syncline, with fossiliferous nodules (above). Below, details of some nodules before (left) and after (right) opening, showing diverse trilobites and bivalve molluscs of lower Oretanian age.

tidos (*Sivorthis* y *Eodalmanella*). El hallazgo de este último taxón, representado por una nueva especie afín a *Eodalmanella socialis*, es de especial interés, por cuanto se trata del segundo registro europeo del género y el quinto a nivel mundial (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* 2008a; REYES-ABRIL 2009). Y ello hace, todavía, más destacable el hecho de que se sigan encontrando novedades taxonómicas, en este caso restringidas a una localidad aislada, cuando en los últimos 30 años las áreas de Anteparque, en los sinclinales de Navas de Estena y Guadarranque, han sido intensamente exploradas y objeto de numerosas publicaciones por parte de los presentes autores.

DISCUSIÓN

El Parque Nacional de Cabañeros constituye un área protegida cuyo conocimiento se sustentaba, hasta ahora, casi exclusivamente en los valores de la biodiversidad y el paisaje, que además no resultan excesivamente singulares dentro de su entorno geográfico. La geodiversidad del Parque también reúne elementos que se continúan desde las áreas adyacentes, si bien a lo largo del proyecto se han ido definiendo geositos de relevancia especial en el contexto ibérico (RÁBANO *et al.* 2008) que han acabado integrándose en una lista nacional e internacional (GUTIÉRREZ-MARCO *et al.* 2008b). Dichos geositos son el afloramiento de la Discordancia Toledánica (discordancia angular del Ordovícico sobre un basamento Neoproterozoico-Cámbrico Inferior, previamente plegado y erosionado: Fig. 8), el yacimiento icnológico de *Cruziana* “en masa”, sin parangón en ningún otro lugar del mundo (Fig. 5) y las Torres del Estena, una brecha de falla que genera relieves singulares. A estos geositos deberá unirse próximamente el del afloramiento con huellas fósiles gigantes encontradas en las “Capas Intermedias” de la sección del Boquerón, cuyo descubrimiento y realización de un molde de gran formato (Figs. 5 y 12), concitó la atención mediática en agosto de 2009, con amplio eco en informativos de televisión (TVE-1, La2, Antena 3, Telecinco, La Sexta, etc.), diarios nacionales (al menos 56 cabeceras de prensa escrita con más de 10 millones de lectores según datos tomados de la EGM), plataformas digitales y prensa extranjera en Europa, América, Asia y Australia.

Las intensas experiencias vividas durante la realización del proyecto, y sus buenos resultados generales, apoyan la recomendación de que la geodiversidad de Cabañeros sea considerada como un recurso prioritario en la gestión del Parque Nacional. De un modo orientativo podrían desarrollarse geo-rutas, e instalarse mesas de interpretación, que brinden detalles acerca de “estos otros” valores naturales del Parque, toda vez que, a diferencia de las dificultades inherentes a la observación de fauna y flora, los atractivos geológicos son “recursos seguros”, por carecer de restricción horaria o estacional para su uso cultural.

En paralelo al desarrollo de este trabajo, y debidamente autorizados por la dirección del Parque Nacional, los investigadores hemos hecho promovido visitas guiadas a la ruta geológica del Boquerón del Estena, en el período del proyecto, para diversos colectivos y congresos (4th European Meeting on the Paleontology and Stratigraphy of Latin America, Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo, VI a VIII Semana de la Ciencia, Asociación Española de Profesionales de la Enseñanza en Ciencias de la Tierra, VI Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología, 4th International Trilobite Conference), además de impartir conferencias sobre la geología de Cabañeros en cinco provincias españolas, y diversas apariciones en medios de comunicación. El interés social e incluso mediático, percibido en todo momento hacia los temas geológicos y paleontológicos, implica que la geodiversidad puede constituir un valor añadido en muchos parques nacionales y, sin duda, ya lo es en Cabañeros, donde únicamente restan por implementar las actuaciones de protección y comunicación más adecuadas para su disfrute por los visitantes.

CONCLUSIONES

El territorio del Parque Nacional de Cabañeros reúne afloramientos de rocas Paleozoicas y Cenozoicas que resultan representativas de la geología y estilo tectónico propios de un importante sector del oeste de la Península Ibérica.

Se presenta el primer mapa geológico continuo y completo del Parque Nacional, en formato digital y a escala 1:50.000, extendido a áreas del Anteparque para poder interpretar las estructuras geológicas que se prolongan también en el territorio del Parque Nacional. Este mapa constituye un recurso imprescindible para el conocimiento de la geodiversidad del Parque Nacional y que contribuye a su gestión.

La investigación geológico-paleontológica desarrollada en el proyecto, ha servido para localizar una serie de lugares de interés geológico (LIGs) de relevancia nacional e internacional, como por ejemplo la sección y yacimientos paleontológicos del Boquerón del Estena, o las localidades del Ordovícico con nuevos taxones, situadas en el Anticlinal de Cabañeros (“Espinazo del Can”) o en el Sinclinal de La Chorrera.

La geodiversidad de Cabañeros y sus lugares de interés patrimonial desde el punto de vista geológico, se añaden a los valores de paisaje y biodiversidad, ya acreditados y parcialmente abiertos al turismo de naturaleza, pero que en poco difieren de los de las regiones adyacentes al mismo. Potenciar el conocimiento de la geodiversidad del Parque Nacional puede crear un hecho diferencial frente a su entorno, ofreciendo al visitante la posibilidad de visitar lugares de excelencia que nos hablan de un fondo marino de hace cientos de millones de años, ubicado hoy día en el centro de la Península Ibérica, así como de los extraños habitantes que en él vivieron, cuando aún la tierra firme no ofrecía condiciones propicias para su colonización por animales invertebrados y plantas superiores.

A la vista de los importantes resultados obtenidos, se ha logrado incluir al Parque Nacional de Cabañeros como uno de los siete Lugares de Interés Geológico españoles pertenecientes al Contexto “Sucesiones Estratigráficas del Paleozoico Inferior y Medio”. Dicho contexto y sus LIGs integrantes han sido catalogados recientemente por el IGME entre el Patrimonio Geológico Español de Relevancia Internacional, dentro de la candidatura nacional al programa *Global Geosites* (IUGS-UNESCO).

AGRADECIMIENTOS

A D. José Jiménez García-Herrera, primer director del Parque Nacional de Cabañeros; a su actual Director conservador, D. Manuel Carrasco Redondo, y a D. Ángel Gómez Manzaneque, Subdirector del Parque Nacional, por el apoyo recibido en la realización del proyecto. A D. Julio Cabo Tapia y Dña. Dolores González Mosquera, por habernos dejado transformar la Casa Rural “Boquerón de Estena”, en laboratorio y refugio geológico. Al ingeniero de Montes D. Alfonso Yravedra de Lacalle y a los propietarios y guarda mayor de la finca Cabañeros, por el permiso de acceso a la misma y la colaboración recibida en el desarrollo de las investigaciones de campo. A la diseñadora Esther Martínez del Olmo, por su ayuda en los esquemas geológicos y las composiciones fotográficas. Finalmente, a los estudiantes de Geología y Biología, y a los jóvenes investigadores de las universidades Complutense y Autónoma de Madrid, que de forma tan entusiasta nos ayudaron en las campañas de excavación y realización de los moldes paleontológicos. Proyecto subvencionado por el Organismo Autónomo Parques Nacionales referencia 56/2005.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEÑOLAZA, G.F., SÁ, A.A. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2008. *Cruziana yini* Yang, a peri-Gondwanan trilobite trace with new records in the Ordovician of South America and Iberia. En: Rábano, I., Gozalo, R. & García-Bellido, D. (eds.) *Advances in trilobite research*. IGME, Cuadernos del Museo Geominero 9: 19-26.
- BABIN, C. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 1991. Middle Ordovician bivalves from Spain and their phyletic and palaeogeographic significance. *Palaeontology* 34: 109-147.
- BABIN, C. & 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.

- BAEZA CHICO, E., DE FRUTOS SANZ, C., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. & RÁBANO, I. 2008. Realización de una gran réplica icnológica en las cuarcitas del Ordovícico Inferior del Parque Nacional de Cabañeros (Castilla-La Mancha): aspectos técnicos y aplicaciones. En: Ruiz-Omeñaca, J.I., Piñuela, L. & García-Ramos, J.C. (eds.) Libro de Resúmenes XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. pp. 19-20. Museo del Jurásico de Asturias, Colunga.
- BARBERO, L., GLASMACHER, U.A., VILLASECA, C., LÓPEZ GARCÍA, J.A. & MARTÍN-ROMERA, C. 2005. Long-term termo-tectonic evolution of the Montes de Toledo area (Central Hercynian Belt, Spain): constraints from apatite fission-track analysis. *International Journal of Earth Sciences* 94: 193-203.
- BRASIER, M.D., PEREJÓN, A. & SAN JOSÉ, M.A. 1979. Discovery of an important fossiliferous Precambrian-Cambrian sequence in Spain. *Estudios Geológicos* 35: 379-383.
- CORTÁZAR, D. DE. 1878. Expedición geológica por la provincia de Toledo en 1878. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España* 5: 321-327.
- 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.
- EMIG, C.C. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 1997. Signification des niveaux à lingulidés à la limite supérieure du Grès Armoricaín (Ordovicien, Arenig, Sud-Ouest de l'Europe). *Geobios*, 30 : 481-495.
- ESPEJO, R. 1986. Procesos edafogenéticos y edad de las formaciones tipo raña relacionadas con las estratificaciones meridionales de los Montes de Toledo. *Anales de Edafología y Agrobiología* 45: 655-680.
- GALLARDO MILLÁN, J.L., LORENZO ÁLVAREZ, S., SÁNCHEZ VIZCAÍNO, J., HIGUERAS, P.L., MANSILLA PLAZA, L., RÁBANO, I. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2003. Paisajes Geológicos de Ciudad Real. En: Nuche, R. (ed.) *Patrimonio Geológico de Castilla-La Mancha*. pp. 130-203. EN-RESA, Madrid.
- GUTIÉRREZ MARCO, J.C. 1986. Graptolitos del Ordovícico español. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 3 vols., 701 pp. (inéd.)
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. & RÁBANO, I. 1999. Paleontología del Neoproterozoico y Paleozoico Inferior de Castilla-La Mancha. En: Aguirre, E. & Rábano, I. (ed.) *La huella del pasado: fósiles de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo. Serie Patrimonio Histórico. *Arqueología de Castilla-La Mancha* 16: 25-50.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I., PRIETO, M. & MARTÍN, J. 1984a. Estudio bioestratigráfico del Llanvirn y Llandeilo (Dobrotiviense) en la parte meridional de la zona Centroibérica (España). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 9, 287-319.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., CHAUVEL, J., MELÉNDEZ, B. & SMITH, A.B. 1984b. Los equinodermos (Cystoidea, Homalozoa, Stelleroidea, Crinoidea) del Paleozoico inferior de los Montes de Toledo y Sierra Morena (España). *Estudios Geológicos*, 40, 421-253.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I., SAN JOSÉ, M.A. & PIEREN, A.P. 2002. Parque Nacional de Cabañeros: un pasado marino de hace 500 millones de años. Instituto Geológico y Minero de España e Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Madrid, 16 pp.
- 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. & LORENZO, S. 2007a. 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., SAN JOSÉ LANCHAS, M.A., PIEREN PIDAL, A.P. & RÁBANO, I. 2007b. La sucesión paleozoica del Parque Nacional de Cabañeros (Ciudad Real-Toledo). En: Díaz-Martínez, E. & Rábano, I. (eds.) 4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America. IGME, Cuadernos del Museo Geominero 8: 417-434.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., PIEREN, A.P., RÁBANO, I. & REYES-ABRIL, J. 2008a. Novedades paleontológicas del Ordovícico en el Parque Nacional de Cabañeros (Castilla-La Mancha). *Geogaceta* 44: 91-94.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I., LIÑÁN, E., GOZALO, R., FERNÁNDEZ MARTÍNEZ, E., ARBIZU, M., MÉNDEZ-BEDIA, I., PIEREN PIDAL, A. & SARMIENTO, G.N. 2008b. Las sucesiones estratigráficas del Paleozoico inferior y medio del Macizo Hespérico (Parque Nacional de Cabañeros).

- ros). En: García-Cortés, A. (ed.) Contextos Geológicos españoles. Una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional. pp. 31-43. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- 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. & LORENZO, S. 2008c. Fósiles y Patrimonio Geológico del Ordovícico y Silúrico en espacios naturales singulares de la Península Ibérica. En: Ruiz-Omeñaca, J.I., Piñuela, L. & García-Ramos, J.C. (eds.) Libro de Resúmenes XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. pp. 134-135. Museo del Jurásico de Asturias, Colunga.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I., SAN JOSÉ LANCHA, M.A. & PIEREN, A.P. 2008d. Parque Nacional de Cabañeros: donde la roca viva se vuelve mar. En: IV Congreso Comunicación Social de la Ciencia. Cultura Científica y Cultura Democrática. Segunda edición en CD, CSIC-FECYT, ISBN 978-84-00-08645-9, pp_b6_08.pdf, 41 pág.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., RÁBANO, I., SÁ, A.A. & BAEZA CHICO, E. 2009a. Patrimonio icnológico del Cámbrico y Ordovícico en el Parque Nacional de Cabañeros (Castilla-La Mancha). En: Florido Laraña, P. & Rábano, I. (eds.) X Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero, Coria, Resúmenes de las Sesiones Científicas. pp. 41-42. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., SÁ, A.A., GARCÍA-BELLIDO, D.C., RÁBANO, I. & VALÉRIO, M. 2009b. Giant trilobites and trilobite clusters from the Ordovician of Portugal. *Geology*, 37: 443-446.
- IGME, 1971a. Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja nº 52 (Talavera de la Reina) del Mapa Geológico de España esc. 1:200.000, Síntesis de la Cartografía existente. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 21 pp.
- IGME, 1971b. Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja nº 61 (Ciudad Real) del Mapa Geológico de España esc. 1:200.000, Síntesis de la Cartografía existente. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 17 pp.
- IGME, 1972. Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja nº 53 (Toledo) del Mapa Geológico de España esc. 1:200.000, Síntesis de la Cartografía existente. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 21 pp.
- IGME, 1989a. Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja nº 683 (Espinoso del Rey) del Mapa Geológico de España esc. 1:50.000 (2ª Serie). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 51 pp.
- IGME, 1989b. Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja nº 709 (Anchuras) del Mapa Geológico de España esc. 1:50.000 (2ª Serie). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 66 pp.
- IGME, 1989c. Mapa y Memoria Explicativa de la Hoja nº 710 (Retuerta del Bullaque) del Mapa Geológico de España esc. 1:50.000 (2ª Serie). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 39 pp.
- MARTÍN ESCORZA, C. 1977. Nuevos datos sobre el Ordovícico Inferior; el límite Cámbrico-Ordovícico y las fases sárdicas en los Montes de Toledo: consecuencias geotectónicas. *Estudios Geológicos* 33: 57-80.
- MARTÍN-SERRANO, A. 1991. La definición y el encajamiento de la red fluvial actual sobre el Macizo Hespérico en el marco de su geodinámica alpina. *Revista de la Sociedad Geológica de España* 4: 337-351.
- MARTÍN-SERRANO, A. & MOLINA, E. 1989. Montes de Toledo y Extremadura. En: Mapa del Cuaternario de España esc. 1:1.000.000. pp. 187-200. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.
- MARTÍN-SERRANO, A. & NOZAL MARTÍN, F. 2006. Red fluvial, rañas y relieves apalachianos del Macizo Ibérico. En: García-Cortés, A. (ed.) Contextos Geológicos españoles. Una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional. pp. 184-191. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- MARTÍNEZ-POYATOS, D., DÍEZ BALDA, M.A., MACAYA, J., GONZÁLEZ LODEIRO, F., MARTÍNEZ CATALÁN, J.R. & VEGAS, R. 2004. Estructura del Dominio del Complejo Esquisto-grauváquico. El acortamiento varisco inicial. En: Vera, J.A. (ed.) *Geología de España*. pp. 84-87. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- McDOUGALL, N., BRENCHLEY, P.J., REBELO, J.A. & ROMANO, M. 1987. Fans and fan deltas –precursors to the Armorican Quartzite (Ordovician) in western Iberia. *Geological Magazine* 124: 347-359.

- MORENO, F., VEGAS, R. & MARCOS, A. 1976. Sobre la edad de las series ordovícicas y cámbricas relacionadas con la discordancia "sárdica" en el anticlinal de Valdelacasa (Montes de Toledo, España). *Breviora Geologica Asturica* 20: 8-16.
- MUÑOZ JIMÉNEZ, J. 1976. Los Montes de Toledo. Departamento de Geografía, Universidad de Oviedo e Instituto Juan Sebastián Elcano, CSIC. Oviedo, 500 pp.
- PILLOLA, G.L., GÁMEZ-VINTANED, J.A., DABARD, M.P., LEONE, F., LIÑÁN, E. & CHAUVEL, J.-J. 1994. The Lower Cambrian ichnospecies *Astropolichnus hispanicus*: palaeoenvironmental and palaeogeographic significance. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana Spec. Vol. 2*: 253-267.
- PRADO, C. DE. 1855. Mémoire sur la géologie d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des montagnes de Tolède. *Bulletin de la Société Géologique de France* [2] 12: 182-204.
- RÁBANO, I. 1990. Trilobites del Ordovícico Medio del sector meridional de la Zona Centroibérica española. *Publicaciones Especiales del Boletín Geológico y Minero*, 233 pp. (recopilación de 4 artículos aparecidos en 1989).
- RÁBANO, I. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2008. Ordovician trilobites and trilobite ichnofossils from the Toledo Mountains (central Spain). En: Fourth International Trilobite Conference, Mid-Conference field trip guide. pp. 1-12. Museo Geominero-Instituto de Geología Económica, Madrid.
- RÁBANO, I., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., SÁ, A.A., SAN JOSÉ, M.A., PIEREN PIDAL, A.P., SARMIENTO, G.N., PIÇARRA, J.M., DURÁN, J.J., BAEZA, E. & LORENZO, S. 2008. Ordovician and Silurian geological heritage in protected natural areas of Iberia. [Archivo 1341891.html](http://www.archive.org/details/1341891.html) En: Brown, G. (ed.) *Geology of the planet. Abstracts 33rd International Geological Congress*, CD-Rom X-CD Technologies Inc., Oslo.
- REYES-ABRIL, J. 2009. Braquiópodos del Ordovícico Medio de la Zona Centroibérica meridional. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, 280 pp. (iné.).
- REYES-ABRIL, J., VILLAS, E. & GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. 2010. Orthid brachiopods from the Middle Ordovician of the Central Iberian Zone (Spain). *Acta Palaeontologica Polonica* 55: 285-308.
- SAN JOSÉ LANCHI, M.A. 1970. Aportación a las Síntesis Geológicas 1:200.000 de las Hojas nº 52 (Talavera de la Reina), 53 (Toledo), y 60 (Villanueva de la Serena). Informe interno del Programa Nacional de Investigación Minera. Instituto Geológico y Minero de España (publicado en las Hojas mencionadas, 1ª edición, 1971-1972).
- SAN JOSÉ LANCHI, M.A. 2003. Rasgos geológicos fundamentales del antepaís meridional de la Cuenca del Tajo, en Toledo (España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)* 98: 5-22.
- 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. & Rábano, I. (eds.) *Paleozoico Inferior de Ibero-América*. pp. 505-521. Universidad de Extremadura, Badajoz.
- SAN JOSÉ LANCHI, M.A., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. & RÁBANO, I. 1997. Geología y Paleontología. pp. 51-76 En: Parque Nacional de Cabañeros. Ed. Ecohábitat, Madrid.
- SAN JOSÉ, M.A., GUTIÉRREZ-MARCO, J.C., TRUYOLS, J. & RÁBANO, I. 2005. Un mapa geológico inédito de los Montes de Toledo (Schulz, 1870). En: Rábano, I. & Truyols, J. (eds.) *Miscelánea Guillermo Schulz (1805-1877)*. IGME, Cuadernos del Museo Geominero 5: 143-151.
- SAN JOSÉ LANCHI, M.A., PELÁEZ PRUNEDA, J.R., VILAS MINONDO, L. & HERRANZ ARAÚJO, P. 1974. Las series ordovícicas y preordovícicas del sector central de los Montes de Toledo. *Boletín Geológico y Minero* 85: 21-31.
- VEGAS, R. & ROIZ, J.M. 1979. La continuación hacia el Este de las estructuras hercínicas de las regiones de las Villueras, Guadalupe y Almadén (Zona Luso-Oriental-Alcudiana). *Tecniterrae* 28: 6-10.
- VEGAS, R., DE VICENTE, G., ANDRIESEN, P. & MARTÍN VELÁZQUEZ, S. 2004. Estructura alpina del Antepaís Ibérico. Los Montes de Toledo. En: Vera, J.A. (ed.) *Geología de España*. pp. 627-628. Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- VIDAL, G., PALACIOS, T., GÁMEZ VINTANED, J.A., DÍEZ BALDA, M.A. & GRANT, S.W.F. 1994. Neoproterozoic-early Cambrian geology and palaeontology of Iberia. *Geological Magazine* 131: 729-765.