

# Historia Natural de Puertollano y el Campo de Calatrava

Margarita Costa, Agustín Pieren,  
José Luis Viejo (Eds.)

MEMORIAS DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL  
Segunda época, Tomo VI, año 2009



ISSN: 1132-0869  
ISBN: 978-84-936677-3-3

## MEMORIAS DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL

Las Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural constituyen una publicación no periódica que recogerá estudios monográficos o de síntesis sobre cualquier materia de las Ciencias Naturales. Continuará, por tanto, la tradición inaugurada en 1903 con la primera serie del mismo título y que dejó de publicarse en 1935.

La Junta Directiva analizará las propuestas presentadas para nuevos volúmenes o propondrá tema y responsable de la edición de cada nuevo tomo.

Cada número tendrá título propio, bajo el encabezado general de Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, y se numerará correlativamente a partir del número 1, indicando a continuación 2ª época.

### Correspondencia:

Real Sociedad Española de Historia Natural  
Facultades de Biología y Geología.  
Universidad Complutense de Madrid.  
28040 Madrid  
e-mail: rsehno@bio.ucm.es  
Página Web: [www.historianatural.org](http://www.historianatural.org)

© Real Sociedad Española de Historia Natural

ISSN: 1132-0869

ISBN: 978-84-936677-3-3

DL: XXXXXXXXXX

Fecha de publicación: 13 de mayo de 2009

Composición: Alfredo Baratas Díaz

Imprime: Fotoimpresión RM. 28890 Loeches Madrid

# Rasgos geológicos de la comarca de Puertollano y del valle de Alcudia (Ciudad Real, España)

## Geologic features of the Puertollano shire and Alcudia valley (Ciudad Real, Spain)

**Agustín Pedro Pieren Pidal**

Departamento de Estratigrafía.

Facultad de Ciencias Geológicas e

Instituto de Geología Económica CSIC-UCM.

Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid

**PALABRAS CLAVE:** Estratigrafía, Geología Regional, Puertollano, Anticlinal de Alcudia, Ciudad Real, España.

**KEY WORDS:** Stratigraphy, Regional Geology, Puertollano, Alcudia Anticline, Ciudad Real, Spain.

### RESUMEN

Se presentan los rasgos geológicos más importantes de la comarca de Puertollano y de los sectores central y oriental del anticlinal de Alcudia por su transcendencia suprarregional, enfatizando las aportaciones recientes más destacadas. Se trata de una región de un especial interés geológico porque además de tener magníficas exposiciones de los rasgos más habituales de la Zona Centroibérica Meridional, presenta caracteres exclusivos, geológicos y mineros, como el carbonífero superior productivo del sinclinal de Puertollano, la minería metálica del Valle de Alcudia y de la mina Diógenes, el volcanismo fini-terciario de Campo de Calatrava y una serie de rasgos geomorfológicos muy particulares.

### ABSTRACT

The more important geologic characteristics of the region of Puertollano and the central and eastern sectors of Alcudia anticline are here reviewed for their superregional importance, emphasizing the recent more outstanding contributions. It is a special geologic interest area because besides to have magnificent exhibitions of the most habitual characteristics of the Southern Central Iberian Zone, exclusive geologic and mining characters can be found, like the productive Upper Carboniferous of the of Puertollano syncline, the metallic mining of Alcudia Valley and "Diogenes" mine, the late tertiary volcanism of the Calatrava shire and several interesting geomorphologic characteristics.

## 1. INTRODUCCIÓN

La presente memoria, redactada con motivo de la Biental que la Real Sociedad Española de Historia Natural realiza en 2009 en la localidad de Puertollano, resulta necesariamente variada debido a la gran cantidad de elementos geológicos significativos que se agrupan en este marco geográfico. La memoria se estructura

con una componente estratigráfica y de geología regional que corresponde a la especialización del autor, pero contemplando necesariamente los importantes elementos estructurales, mineros y geomorfológicos característicos de la zona además de la singularidad que supone el volcanismo del Campo de Calatrava que se extiende en toda la región desde las inmediaciones de Ciudad Real al N hasta el valle de Alcuía al S.

La geología de la zona ha sido realizada en etapas relativamente recientes en el plan nacional de cartografía geológica a escala 1/50.000 (Plan MAGNA). La hoja 809, Tirteafuera, se entregó en 1983 por el equipo de Minas de Almadén; posteriormente, realizadas en dos fases en 1994 y 1996, y basadas en la Tesis de PALERO (1991) se entregaron las hojas 835 Brazatortas, 836, Mestanza, 861, Solana del Pino y 862 Santa Elena. La hoja 810, Puertollano no está publicada y se está revisando actualmente pero hemos tenido acceso a ella para la redacción de esta memoria. Los trabajos geológicos recientes que revisan la geología de la zona son la mencionada Tesis de PALERO (1991) que se centra en la estructura y minería de la zona y aporta la cartografía de base, PALERO (1993) que aporta datos fundamentales de la deformación prevarisca (o prehercínica) que afecta a los materiales ante-ordovícicos y la Tesis de PIEREN (2000) que aunque se centra en Badajoz, incluye el estudio estratigráfico del anticlinal de Alcuía y ahonda en la cartografía, discriminación y caracterización de unidades y su correlación. El volcanismo de Campo de Calatrava fue objeto de la Tesis de ANCOHEA (1983) que ha participado además en una gran parte de las hojas geológicas de Ciudad Real, presentando el estado de la cuestión en la memoria de la hoja de Puertollano (*in litt.*) o en ANCOHEA (2004).

Desde el punto de vista estratigráfico este área puede considerarse bastante representativa del conjunto de la Zona Centro-Ibérica (Z.C.I.) meridional, con la excepción del Carbonífero Superior productivo, específico de Puertollano, y el volcanismo reciente, peculiar de este entorno.

El anticlinal de Alcuía es una gran estructura alargada, de hasta 150 km de longitud, con un núcleo anteordovícico, principalmente precámbrico, que aparece en un afloramiento lineal de más de 120 km. Este anticlinal constituye una estructura llamativa en las imágenes de satélite, donde destaca haciendo un doblete de estructuras paralelas con el batolito de los Pedroches. Aparecen en el anticlinal de Alcuía, de muro a techo, materiales turbidíticos del Proterozoico Terminal, de una somera plataforma marina que incluye los albores del Cámbrico y parte del Cámbrico Inferior, y fluviales o litorales del Ordovícico basal. Aparecen pues tres conjuntos diferenciados en los anticlinales bajo la Cuarcita Armoricana. La presencia de Carbonífero superior en las proximidades de Bienvenida, dentro del valle de Alcuía, es un elemento distintivo en esta zona cuya transcendencia se estudiará más adelante.

El sinclinal de Puertollano tiene las características de la mayoría de los sinclinales de la Zona Centroibérica con el aditamento especial de que además tiene un Carbonífero superior post-hercínico, productivo. Sobre las rocas anteordovícicas se inicia en discordancia angular y/o cartográfica un importante ciclo sedimentológico que comienza con la gran transgresión del Ordovícico Inferior y con sedimentos

conservados en esta zona hasta el Silúrico Inferior. La sedimentación del Paleozoico muy probablemente continuó por lo menos hasta el Devónico inferior, como atestiguan las sucesiones próximas de los Sinclinales de Herrera del Duque y Guadalmez en Badajoz, o el de Almadén en Ciudad Real aunque este último con la particularidad de un volcanismo en el Silúrico Inferior, origen del Mercurio que ha hecho mundialmente conocida la región de Almadén. La sucesión muestra una pizarras bastante fosilíferas en las que aparecen bancos de areniscas y cuarcitas. Esto responde a la existencia de una serie de ciclos de colmatación y variaciones relativas del nivel del mar, que explicaron acertadamente por primera vez PORTERO Y DABRIO (1988).

Las rocas del Carbonífero Superior representan los sedimentos más antiguos posteriores a la estructuración del orógeno hercínico o varisco y aparecen en la cuenca hullera de Puertollano, que forma una cubeta sinclinal alargada de dirección aproximadamente EO. Los depósitos conservados alcanzan un espesor de 475 m (ALVARADO Y MELÉNDEZ, 1930), posteriormente cifrado en 625 m (WAGNER *et al.*, 2003, los cuales aparecen casi completos en el llamado “Ovalo Sur” y se encuentran casi totalmente cubiertas por materiales recientes, pero gracias a la actividad extractiva de carbones se dispone de abundante información (ALVARADO Y MELÉNDEZ, *op.cit.*; WAGNER, 1983). En la actualidad, la minería a cielo abierto por transferencia ha removido una gran parte de estos depósitos y la explotación está agotando el yacimiento.

La sucesión estratigráfica, las relaciones geométricas entre los conjuntos tectonoestratigráficos denota la existencia de una deformación finiprecámbrica (cadomiense) que da lugar a la discordancia entre los materiales finiproterozoicos y los del Cámbrico inicial afectados por fracturación y basculamiento preordovícicos como demostró PALERO (1993). La deformación varisca se produce durante el Carbonífero Superior, mientras que los materiales productivos de la Cuenca de Puertollano, todavía carboníferos son ya posteriores a esta deformación. La ulterior deformación alpina es difícil de detectar y datar, al no haberse depositado sobre esta zona del Macizo Hespérico materiales mesozoicos ni cenozoicos anteriores al Plioceno, sin embargo, es la responsable de la elevación que ha formado los niveles de cumbres y, sobre todo, del relieve actual.

La Geomorfología de la zona muestra en Alcudia, al Sur de Brazatortas, paisajes vestigio del relieve terciario, con glacis formados desde los piedemontes prácticamente sin depósito, directamente sobre pizarras en la divisoria de aguas entre las cuencas del Guadalquivir, con afluentes muy encajados en esta zona, frente a los del Guadiana, que prácticamente no erosionan. En otras zonas son las rañas las que vestigian estos paisajes finiterciarios. Esta diferencia ha provocado capturas de algunos ríos, antiguos afluentes del Guadiana. Adicionalmente, se aprecian niveles de cumbres en la Cuarcita Armoricana con cotas que descienden hacia el Suoeste marcando un reciente basculamiento de la península, también observable en la región de los Montes de Toledo. (Fig 2)

Considerando las aplicaciones mineras e industriales en el sector de Puertollano, existen numerosos estudios y libros, entre ellos la Tesis doctoral de F.



Fotografía 1. El chorro estuvo expulsando agua y gas desde Agosto hasta Septiembre de 2000. En la foto aparecen numerosos socios de la RSEHN, incluyendo a varios expresidentes, y a su secretario D. Antonio Perejón a la izquierda.  
- This jet was expelling water and gas from August to September from 2000. In the photo are several members of the RSEHN, including several ex-presidents, and its secretary Mr. Antonio Perejón standing at left.

PALERO (1991), que analiza la minería metálica en los filones del valle de Alcudia y del sinclinal de Solana del Pino. Los mapas geológicos 1/50.000 de esta zona (Serie MAGNA) muestran que el núcleo precámbrico y cámbrico inicial está desgarrado por numerosas fracturas SW-NE, muchas de las cuales están mineralizadas. De ahí el “Plan Alcudia de investigación minera” que en los años 1970 ahondó significativamente el conocimiento geológico de esta región. (PALERO 1986, 1991). Desde el punto de vista histórico HEVIA (2003) revisa el “patrimonio minero del Valle de Alcudia y Sierra Madrona”. Tan sólo en la minería metálica han existido cientos de indicios y pequeñas explotaciones entre las que ha tenido particular interés la mina Diógenes en el Sinclinal de Solana del Pino y luego ya más local “La Gitana”, en Alcudia, al NE de Mestanza, “El Encinarejo”.

La explotación minero-medicinal del “agua agria” fue un recurso de Puertollano; se trata de un agua mineral carbonatada con propiedades terapéuticas. Esta agua, de la que existían tres manantiales estaba relacionada con el vulcanismo cuaternario. El “chorro” que brotó recientemente durante varias semanas al Sur de Almagro en el fin del Verano de 2000 parece ser otra manifestación del efecto del vulcanismo reciente en las aguas subterráneas (Foto 1). El descubrimiento del yacimiento de carbón en 1873 por ingenieros de la sociedad asturiana “Casa Loring Heredia”, que vieron casualmente fósiles de vegetales carboníferos con lo que profundizaron un pozo de investigación cuando regresaban de estudiar la minería metálica de Alcudia, pone en marcha la minería energética en la cuenca de Puertollano y modifica significativamente la actividad de la ciudad (CAÑIZARES, 2005). Las pizarras bituminosas de Almodóvar del Campo contribuyeron a este desarrollo de la industria energética mediante el procesos de industrialización para la obtención de aceites industriales que puso en marcha en 1917 otra de las empresas históricamente significativas en toda la región: la Sociedad Minero-Metalúrgica de Peñarroya (CAÑIZARES, 2003).

Existe un reducido número de canteras que han aprovechado los basaltos de los volcanes terciarios, aunque la mayoría se hallan inactivas o han agotado el material volcánico. En la zona de Brazatortas la más importante ha sido la del volcán del Retamar, realizada para la obtención de basaltos para balasto de ferrocarril. En los años 80 se cerró la cantera que existía en la misma entrada a Puertollano y que explotaba la zona de aporte al volcán de la Valona.

## 2. MARCO ESTRUCTURAL Y ESTRATIGRÁFICO

En toda esa zona, tanto el relieve como su marco estratigráfico y estructural están marcados por la presencia de la “Cuarcita Armoricana” que forma las cumbres más elevadas y particularmente las cuerdas que separan las estructuras y valles. Por lo tanto, aunque no sea lo más correcto desde el punto de vista estructural, solemos denominar como sinclinales a los valles que quedan comprendidos entre dos cuerdas de Cuarcita Armoricana, con materiales posteriores, depositados sobre ésta, pero que actualmente y por efecto de la estructura original y de la acción erosiva

posterior aparecen topográficamente más bajos que los flancos. Los anticlinales que corresponden a los núcleos constituidos principalmente por materiales pizarrosos menos competentes y resistentes, que se encuentran estratigráfica y estructuralmente bajo la cuarcita Armoricana, han visto sus cúpulas erosionadas, exponiendo los materiales más antiguos de la región y formando valles como el de Alcudia, que constituye un referente. Presentamos un mapa en el que, utilizando esta distinción, se presentan las principales estructuras anticlinales y sinclinales de la zona meridional de la Zona Centroibérica, las principales fracturas y los grandes cuerpos plutónicos, con la situación de las localidades más importantes como referencia (Fig 1).

En cuanto al marco estratigráfico del área, VILAS Y SAN JOSÉ (1.990) dividen los sedimentos presentes en la Zona Centroibérica del Macizo Hespérico en cuatro macro-conjuntos sedimentarios que usaremos como referencia para nuestra descripción, separados por tres importantes discontinuidades: Estos conjuntos son (1) Alcudiense Inferior, la secuencia sedimentaria más antigua cuya base no es visible ; (2) Alcudiense Superior - Pusiense, que comprende varias unidades separadas por discontinuidades de menor rango; (3) Ordovícico Inferior - Carbonífero Inferior, que puede ser también dividido en subunidades mediante discontinuidades, limitado a techo por discordancias angulares relacionadas con las principales fases de deformación varisca o hercínica, y (4), el Carbonífero Medio y Superior, asociado con las fases hercínicas tardías, o post-tectónico.

- Alcudiense Inferior: Presenta una gran uniformidad litológica aparente, y predominantemente corresponde al relleno turbidítico de una cuenca cuya extensión debía ser netamente superior a la de los actuales límites de la Zona Centroibérica. Su límite inferior y yacente se desconocen en la Zona Centroibérica, pero engloba en sus conglomerados cantos de rocas plutónicas metamórficas, metasedimentarias (liditas) y abundante cuarzo filoniano procedente de un basamento, del que una parte podría corresponder a la “Serie Negra”, término creado por CARVALHOSA (1965) difundido por ALÍA y su escuela y posteriormente utilizado por numerosos autores (VEGAS 1971, CHACÓN 1974, ...) y que actualmente aflora mucho más al S.

- Alcudiense Superior - Pusiense: Presenta mayor variedad litológica y sus depósitos varían entre sedimentos de turbiditas profundas a depósitos progradantes de plataforma en los que se reconocen episodios de emersión. Predominan los depósitos de plataformas siliciclásticas y carbonáticas, siendo estas últimas características del Alcudiense Superior de la parte meridional de la Zona Centroibérica. Esta macrosecuencia incluye, de acuerdo con las escalas cronoestratigráficas más recientes, la parte basal del Cámbrico Inferior. PIEREN *et al.* (1991) describen en la Serena (Badajoz) materiales de abanicos aluviales, fluviales, fan-delta y litorales que corresponden al límite SW de esta cuenca

- Ordovícico Inferior - Carbonífero Inferior: Esta megasecuencia comprende la mayor parte del Paleozoico post-Cámbrico y comienza con depósitos fluviales o fluvio-mareales como en el caso de Alcudia, seguidos consecutivamente de depósitos de plataforma siliciclástica proximal y distal, con muy escasos sedimentos carbonáticos, que se repiten en sucesivas secuencias durante el Paleozoico Inferior y Medio, y que culmina con turbiditas pre y sin-orogénicas, durante el Devónico Superior y

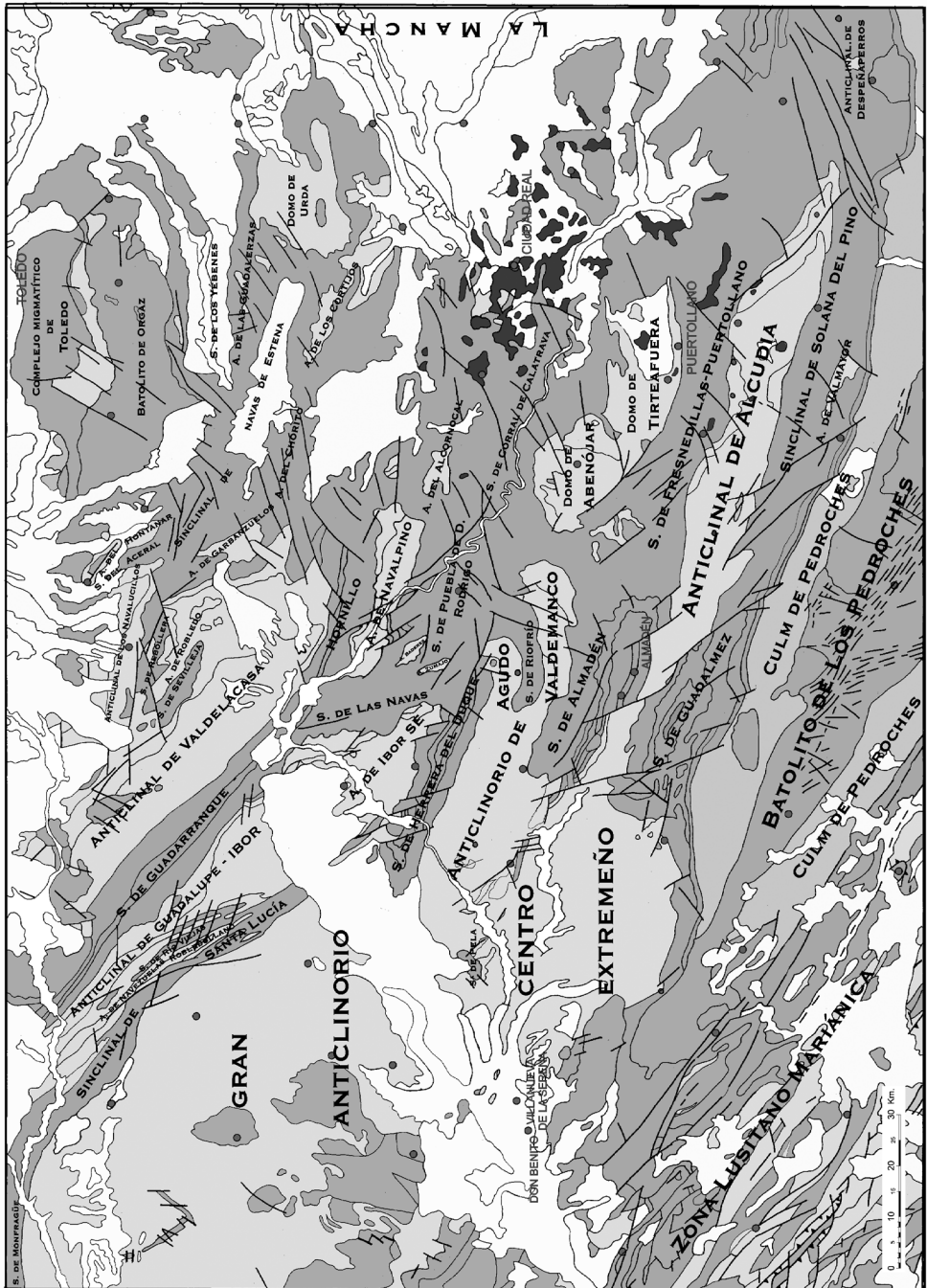


Figura 1. Mapa regional de las estructuras variscas de la Z.C.I. meridional con sus nombres  
 - Regional map of southern Central Iberian zone variscan structures with their name.

Carbonífero Inferior. Dicha megasecuencia presenta numerosas características comunes con sus equivalentes en otras Zonas del Macizo Hespérico, y también con el Macizo Armoricano (en Bretaña, Francia), al que durante esta etapa geológica muchos autores suponen vecino. En nuestra zona, los materiales sólo alcanzan el Silúrico inferior, habiendo sido erosionados los términos más altos.

- Carbonífero Medio y Superior: Comprende depósitos continentales ciclotemáticos, conservados en cuencas intramontanas, sintectónicas tardías o postumotectónicas, limnias. Estas se han preservado a lo largo de bandas de cizalla o formando semi-grábenes. El Carbonífero de Puertollano se sitúa temporalmente en el límite más alto de este rango, alcanzando el Autuniense (Pérmico) y de ahí la mencionada especificidad.

La macrosecuencia 1 y parte de la macrosecuencia 2, forman el anteriormente denominado “Complejo Esquisto-Grauváquico “ante-Ordovícico” (CARRINGTON DA COSTA, 1950; TEIXEIRA 1954, 1955) o “Hispaniense” (TEIXEIRA (1979), mientras que las otras dos secuencias, 3 y 4, forman un hiperciclo sedimentario distinto, con ciclos transgresivo-regresivo sucesivos y subordinados (GUTIÉRREZ MARCO *et al.*, 1990, PORTERO Y DABRIO 1988), con las lagunas estratigráficas y disconformidades correspondientes, que reflejan variaciones eustáticas asociadas a diferentes fenómenos y episodios diastróficos.

Encontramos además en esta comarca los depósitos pliocuaternarios que forman las rañas y los glaciares además de los materiales de los volcanes del “Campo de Calatrava” (ANCOCHEA 1983, 2004), desarrollado en dos fases y cuya edad varía entre 8,7 y 6,4 M.a para la primera y desde los 3,7 M.a hasta menos de 0,7 M.a para la más reciente. En Alcudia se ve, al Sur de Mestanza, como alguno de estos volcanes se dispone sobre las rañas.

En el mapa geológico simplificado que acompaña a este trabajo se han diferenciado el Alcudiense Inferior en claro, el Alcudiense Superior (muy oscuro), el Cámbrico (2º gris más oscuro), la sucesión paleozoica que comienza en el Ordovícico inferior (gris medio), los cuerpos plutónicos, la cobertera post paleozoica (blanco) y las rocas de la región volcánica del Campo de Calatrava (negro; Fig 2).

### 3. ESTRATIGRAFÍA DEL VALLE DE ALCUDIA

El anticlinal de Alcudia es una gran estructura varisca con más de 150 km de continuidad, desde su entronque con la Serena en Badajoz (PIEREN Y HERRANZ 1988) hasta desdibujarse en las inmediaciones de la Sierra de Cazorla al Este. La correlación entre los términos valle de Alcudia y anticlinal de Alcudia es válida para su núcleo anteordovícico, principalmente precámbrico, que se extiende desde un cierre periclinal marcado por los conglomerados de San Lorenzo, al Este de San Lorenzo de Calatrava, hasta la misma terminación occidental.



Figura 2. Mapa geológico regional, modificado a partir del Mapa geológico de España 1:1.000.000, y actualizado con la nueva información, con tonos divididos en función de las divisiones en hiperciclos mencionadas.

- Regional geologic map, modified from the geologic Map of Spain 1:1.000,000, and updated with the new information. The grey shading is divided after the divisions of the mentioned hypercycles.

### 3.1. *Alcudiense Inferior*

Esta unidad, cuyo rango es de grupo o supergrupo, está formada en el anticlinal de Alcudia, por grauvacas, micrograuvacas y limolitas. Se desconoce su base en toda la parte meridional de la Zona Centroibérica así como su yacente. En esta zona está prácticamente exenta de niveles guía, como pudieran ser gruesos niveles de grauvaca, o conglomerados y presenta una compleja deformación lo que dificulta su estudio estratigráfico y macroestructural (Fig 2).

Se trata por lo general de una monótona alternancia de niveles milimétricos o centimétricos de grauvacas, micrograuvacas y limolitas. En algunas ocasiones, se engrosan siendo entonces métricos los niveles basales grauváquicos (a y b) y los demás niveles de la secuencia son entonces decimétricos. Generalmente los mejores afloramientos corresponden a aquellos niveles en los que predominan los gruesos bancos grauváquicos, condición que ha limitado el desarrollo de la esquistosidad. Las secuencias más finas son prácticamente inabordables para un estudio estratigráfico convencional por su alto grado de deformación (fracturación, esquistosidad y relleno por pequeñas venas de cuarzo). El grado de metamorfismo es muy bajo situándose en la anquizona media y eventualmente en la superior.

La potencia de esta unidad es difícil de evaluar por la falta de niveles guía, el desconocimiento del muro y techo de la unidad, y su compleja deformación pero se suelen contemplar valores que oscilan entre los 4000 y los 6000 m; estos deben ser en realidad valores de la progradación del medio y no espesores reales. La existencia de valores mayores citados por algunos autores, pese a la gran extensión cartográfica de la unidad, no es avalada por los bajos valores de metamorfismo encontrados. Designada inicialmente por BOUYX (1970) como “Esquistos de Alcudia”, desde los trabajos de CRESPO Y REY (1971) y CRESPO Y TAMAIN (1971) se denomina a esta unidad regionalmente como “Alcudiense Inferior”, tomando el nombre del Valle de Alcudia y en referencia a los afloramientos del entorno de Cabezarrubias. Recientemente también se han utilizado otros nombres como “Grupo Domo-Extremeño” (ÁLVAREZ-NAVA *et al.* 1988) que tienen ciertos problemas en su definición (lo que se denomina Grupo Domo-Extremeño se define en el anticlinal de Valdelacasa, siendo la correlación con Alcudia dudosa o por lo menos arriesgada). Dado que nos encontramos exactamente en su lugar de definición, utilizaremos siempre el término Alcudiense Inferior.

Los mejores afloramientos se encuentran en el Valle del Río Montoro, muy encajado respecto a los restos de la superficie de erosión, o en la carretera Mestanza-El Hoyo. También hay cortes representativos de la unidad en la carretera que va desde la confluencia del Chorrillo a San Lorenzo de Calatrava. Estos materiales fueron estudiados con un enfoque sedimentológico y paleogeográfico por PUIGDEFABREGAS (1981) en el embalse del Río Montoro en la carretera de Mestanza a Solana del Pino (hoja de Mestanza): las tendencias secuenciales muestran un claro dominio de las organizaciones estrato crecientes.; abundan los *flute cast* en la base de los tramos a de las secuencias.

Las secuencias reconocidas corresponden a secuencias de Bouma,



Fotografía 2: Afloramiento típico de niveles gruesos de turbiditas del Alcudiense Inferior en la zona central del anticlinal de Alcudia. Los niveles finos no suelen presentar afloramiento natural.

- Typical outcrop of Lower Alcudian coarse turbiditic layers in the central part of Alcudia anticline. The fine levels usually do not outcrop naturally.

generalmente incompletas; las más frecuentes son las secuencias truncadas ta-c y tb-d. Se reconocen en afloramientos distintos dos asociaciones de facies: las primeras se caracterizan por tener un mayor desarrollo de los términos a, b y c, con bancos de grauvaca correspondiendo a los niveles a y b que superan el metro de potencia aunque los valores más normales varían entre 15 y 40 cm. Corresponden a las litologías más gruesas descritas en la parte occidental del valle del Río Montoro. Por otra parte, y con mayor distribución geográfica, tenemos las facies “finas”, constituidas por alternancias de micrograuvacas y limolitas, milimétricas o centimétricas. Predominan las secuencias incompletas tc-e tb-e e incompletas truncadas tc-d y tb-d. Éstas son más frecuentes en el borde septentrional de la unidad, por ejemplo en el barranco de la Gargantilla. Sin embargo, no está clara de momento una relación cartográfica entre los dos conjuntos de facies, por lo que no se ha podido precisar una distribución cartográfica (Fotos 2 y 3).

Los dos tipos de asociaciones de facies descritos corresponden a facies de lóbulos turbidíticos. No se han reconocido en esta zona facies de interlóbulo también características de esta unidad en otros lugares en el extremo occidental del anticlinal de Alcudia y en otras estructuras (PIEREN Y HERRANZ 1988). Se distinguen además intercaladas posibles facies de talud (5). Estas últimas se han podido a veces diferenciar cartográficamente (PALERO, 1993).

Es difícil establecer con exactitud una edad para el Alcudiense Inferior, dada



Fotografía 3: Corte de carretera con una buena exposición de las turbiditas del Alcudense Inferior en el Km 130 de la N-420.

- Lower Alcudian section along the highway N-420, in the km 130, with a good exhibition of the turbidites

la práctica inexistencia de microfósiles. Tan sólo la presencia local (un sólo registro) de los acritarcos *Orygmatosphaeridium* sp. y *Protosphaeridium* sp. (MITROFANOV Y TIMOFEIEV 1977 en SAN JOSÉ, 1984) en la parte central del Valle de Alcudia, permitió su atribución al Rifeense en un sentido amplio (SAN JOSÉ 1983, 1984), sin que se pudiera descartar la posibilidad de que los niveles más altos alcancen el Vendiense Inferior dado el amplio rango de distribución de ambos taxones (SAN JOSÉ *et al* 1990). Desde entonces la definición de estos sistemas ha sido ampliamente revisada (KNOLL *et al.* 1995)

Este registro de acritarcos procede precisamente de una muestra tomada en el anticlinal de Alcudia, en afloramientos próximos al cruce de la carretera de Almadenejos a Almadén con el Río Valdeazogues, a unos 6 km de esta última localidad, dando una edad Rifeense segura para MITROFANOV Y TIMOFEIEV (op. cit). Otros autores, (PALACIOS, 1989, 1993; VIDAL *et al* 1994) han propuesto una edad Vendiense Superior, para materiales supuestamente del Grupo Domo Extremeño del Anticlinal de Valdelacasa mediante acritarcos, negando en unos casos la existencia de una discordancia intra-alcudense, o sin contemplar su existencia en otros. Más recientemente estos mismos autores (PALACIOS *et al.*, 1996), con base en niveles fosfatados en el valle del Río Montoro, en la hoja de Mestanza (836) proponen que el límite entre el Vendiense Superior y el Cámbrico Inferior pudiese estar dentro del “Conjunto Alcudense Inferior”, considerando ya el Alcudense Superior en su totalidad como Cámbrico Inferior, en concreto desde el Nemakit-Daldyniense

(un nuevo piso propuesto para el Cámbrico Inferior, bajo el Tommotiense) hasta el Atdabaniense.

Como es más que dudosa la pertenencia al “Grupo Domo Extremeño” de los materiales en los que se tomó la muestra de Valdelacasa, y además es también discutible su correlación con el Alcudiense Inferior del Anticlinal de Alcudia, hacemos referencia al hallazgo local atribuyendo estos materiales al Rifeense Superior?- Vendicense Inferior. Respecto a la propuesta de PALACIOS *et al.* (1996) ésta consiste en considerar en su conjunto más alto a todos los materiales ante-ordovícicos, estando el límite Cámbrico-Precámbrico dentro del Alcudiense Inferior.

### 3.2. *Alcudiense Superior*

Como se precisará más adelante, el Alcudiense Superior de Alcudia se dispone sobre el Alcudiense Inferior mediante discordancia angular y tiene una traza cartográfica subparalela respecto a la del Ordovícico Inferior suprayacente. Este hecho, inicialmente revelado por REDLIN (1955), observado por BOUYX (1970) descrito por CRESPO Y REY (1971) y largo tiempo debatido, fue confirmado por PALERO (1993) en el anticlinal de Alcudia, y se extiende a toda la zona meridional de la Zona Centroibérica (PIEREN 2000).

Existe un hito importante surgido durante la realización de las Hojas MAGNA de Brazatortas y Mestanza, que fue la asignación del Macizo de Valdoro considerado tradicionalmente como Ordovícico al Alcudiense Superior por su contenido en facies, ichnofósiles y carbonatos. Los afloramientos de Alcudiense Superior conocidos con anterioridad se ubicaban en el flanco Norte del Anticlinal de Alcudia donde al Oeste de un desgarre, en Puertosuelta, dichos los afloramientos, subparalelos al Paleozoico, están controlados por la primera fase varisca, que es la que estructura el anticlinal de Alcudia. Al Este del mencionado desgarre, la interferencia con un sinclinal de dirección N-S forma una cubeta. Este sinclinal de dirección N-S, se extiende hasta el flanco Sur de Alcudia, donde aparece otra cubeta que denominamos Macizo de Valdoro-Montoro. La interferencia de dicho sinclinal de dirección N-S, con el eje del anticlinal de Alcudia, de dirección N 120°, forma una estructura en silla de montar. Hasta la cartografía realizada por el plan Magna, (PIEREN *et al* 1997, PALERO *et al.* 1997, PIEREN 2000), se consideraba el Macizo de Valdoro-Montoro como “Tremadoc”, con lo que la estructura era forzada y difícil de explicar ya que aparecía dicha “silla de montar”, con una cubeta formada por materiales del Alcudiense Superior al Norte, y otra cubeta con materiales del “Tremadoc” al Sur. Esta solución requeriría una fase de plegamiento posterior al Ordovícico basal y previa a las fases variscas. (Fig 3)

Esta extraña estructura es la que aparece en el Mapa Geológico de España a Escala 1/1.000.000 (ITGE, 1994). La primera cartografía geológica de la zona es la de DE LA ROSA *et al.* (1929) quienes realizaron la hoja de Mestanza de la 1ª serie. Posteriormente esta zona fue reconocida en la tesis de REDLIN (1955), recogida en la síntesis de las tesis de los alumnos de LOTZE realizada por WALTER (1977). La síntesis de la cartografía a 1/200.000, (FONTBOTÉ, 1970) desconoce el

**ESQUEMA GEOLÓGICO DE LA DISTRIBUCIÓN DE  
AFLORAMENTOS DE "ALCUDIENSE INFERIOR Y SUPERIOR"  
EN EL SECTOR CENTRAL DEL ANTICLINAL DE ALCUDIA  
(CIUDAD REAL)**

A. P. Pieren Pidal; Febrero 2000

(SIMPLIFICADO Y SINTETIZADO A PARTIR DE DIVERSAS FUENTES  
Y DATOS PROPIOS RECIENTES)

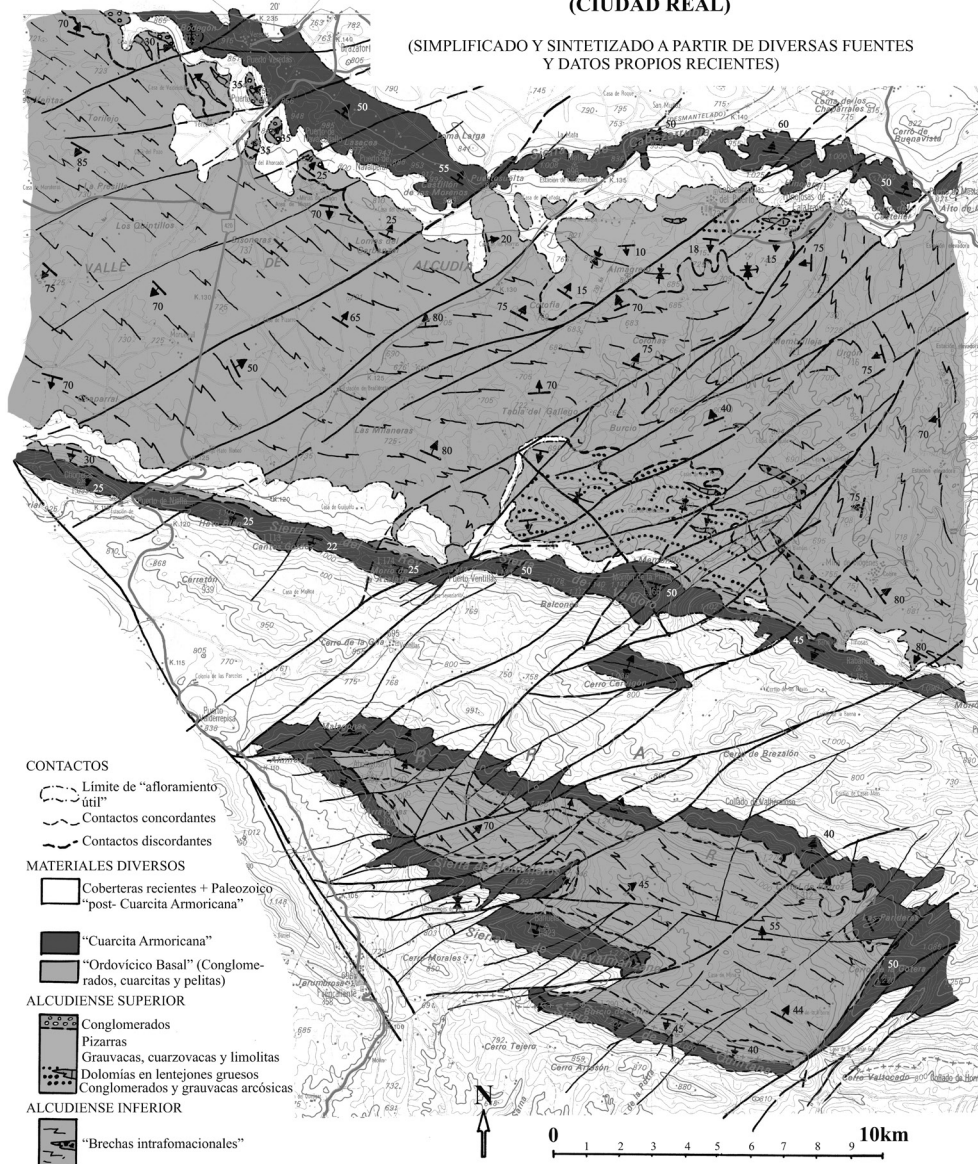


Figura 3. Mapa geológico de la parte central de Alcudia.  
- Geologic map of the central part of Alcudia anticline.

trabajo de REDLIN (1955) y para el estudio del precámbrico se basa en los trabajos de BOUYX (1966, 1969, 1970), quién tampoco cita a REDLIN en su Tesis Doctoral. Pese a basarse en el trabajo de BOUYX (1970), no se hace ninguna discriminación en el núcleo del valle de Alcudia, siendo el origen de la cartografía trabajos inéditos del IGME, y los de RICHTER (1967) en la terminación oriental. El trabajo de FONTBOTÉ (*op. cit.*) sí distingue dentro de lo que denominamos Macizo de Valdoró materiales precámbricos, pero cartografía el conjunto como Cámbrico/“Tremadoc”.

AMOR Y ORTEGA (1987) realizan la cartografía MAGNA de la hoja de Tirteafuera. Hay otra cartografía realizada con concepto MAGNA, inédita y recogida por PALERO (1991, 1993), de GIL TOJA *et al* (inédita) en la hoja de Brazatortas y de LORENZO (inédito) en una pequeña zona de la de Mestanza, pero que corresponde a los afloramientos de Alcudiense Superior de Cabezarrubias-Hinojosas. PALERO (1991), presenta en su Tesis Doctoral un mapa completo a escala 1:50.000, que recoge el material de todos los trabajos mencionados y cartografía propia, de toda la zona central y oriental del anticlinal de Alcudia.

Con posterioridad, la zona vuelve a ser investigada en una campaña organizada en dos fases (1994 y 1996) para la realización de la Cartografía MAGNA de las hojas de Brazatortas, Mestanza, Solana del Pino y Santa Elena (LILLO *et al.* 1997, PALERO *et. al.* 1997; PIEREN *et al.* 1997). Estas hojas se sintetizan en la Hoja a escala 1/200.000 de Linares N° 70 (LÓPEZ SOPEÑA *et al. in litt.*), que al incluir ocho hojas nuevas y revisar las restantes, constituye un importante aporte al conocimiento regional, pero que de cara al presente apartado, simplifica demasiado la distribución del Alcudiense Superior, llegando incluso a provocar incongruencias en la estructura del cierre periclinal del núcleo pre-ordovícico de Alcudia (Fig 4).

La estratigrafía del Anticlinal de Alcudia fue estudiada por PIEREN Y GARCÍA-HIDALGO (1999 a y b) quiénes propusieron la división del Alcudiense Superior de Alcudia en cinco unidades con rango de Formación. En la Tesis de PIEREN (2000) se presentaron nuevos datos adicionales, como la existencia de una importante discontinuidad en la base de la Fm Conglomerados de San Lorenzo y la existencia de un surco subsidente en el que aparecen los mayores espesores de sedimentos, relacionado con la falla del Guijo (PALERO 1991) en Mestanza. Dentro de lo posible, PIEREN (2000) mantiene las formaciones previamente propuestas con modificaciones introducidas necesariamente a la luz de los nuevos descubiertos, y que son las siguientes (Fig 5).

#### Formación Tamujar:

Se caracteriza por su contenido en grauvacas, limolitas arenosas (micrograuvacas) y litoarenitas. Como en la zona de Mestanza existe un importante surco, las facies son mucho más similares a ambos lados de este surco, en las zonas de Cabezarrubias-Hinojosas, Macizo de Valdoró-Montoro y San Lorenzo de Calatrava. En la zona de Mestanza hay un importante cambio de facies, que responde a la generación en esa época de un considerable espacio de acomodación que no existe más al Este.

El límite inferior de la formación Tamujar es una discordancia angular, con paleoalteración asociada en la zona de Cabezarrubias-Hinojosas, ya descrita por

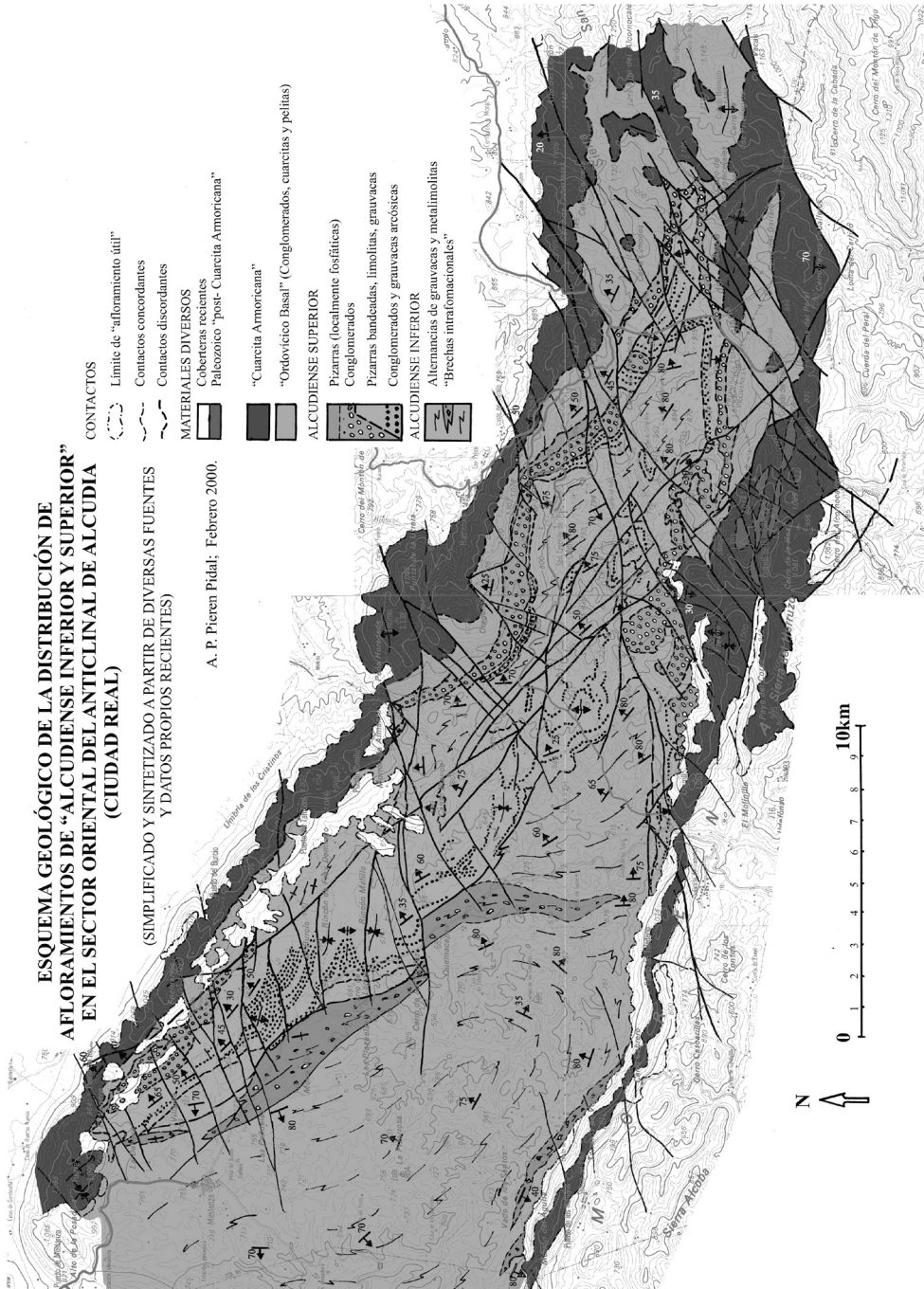


Figura 4. Mapa geológico de la parte oriental de Alcudia.  
- Geologic map of the Eastern part of Alcudia anticline.

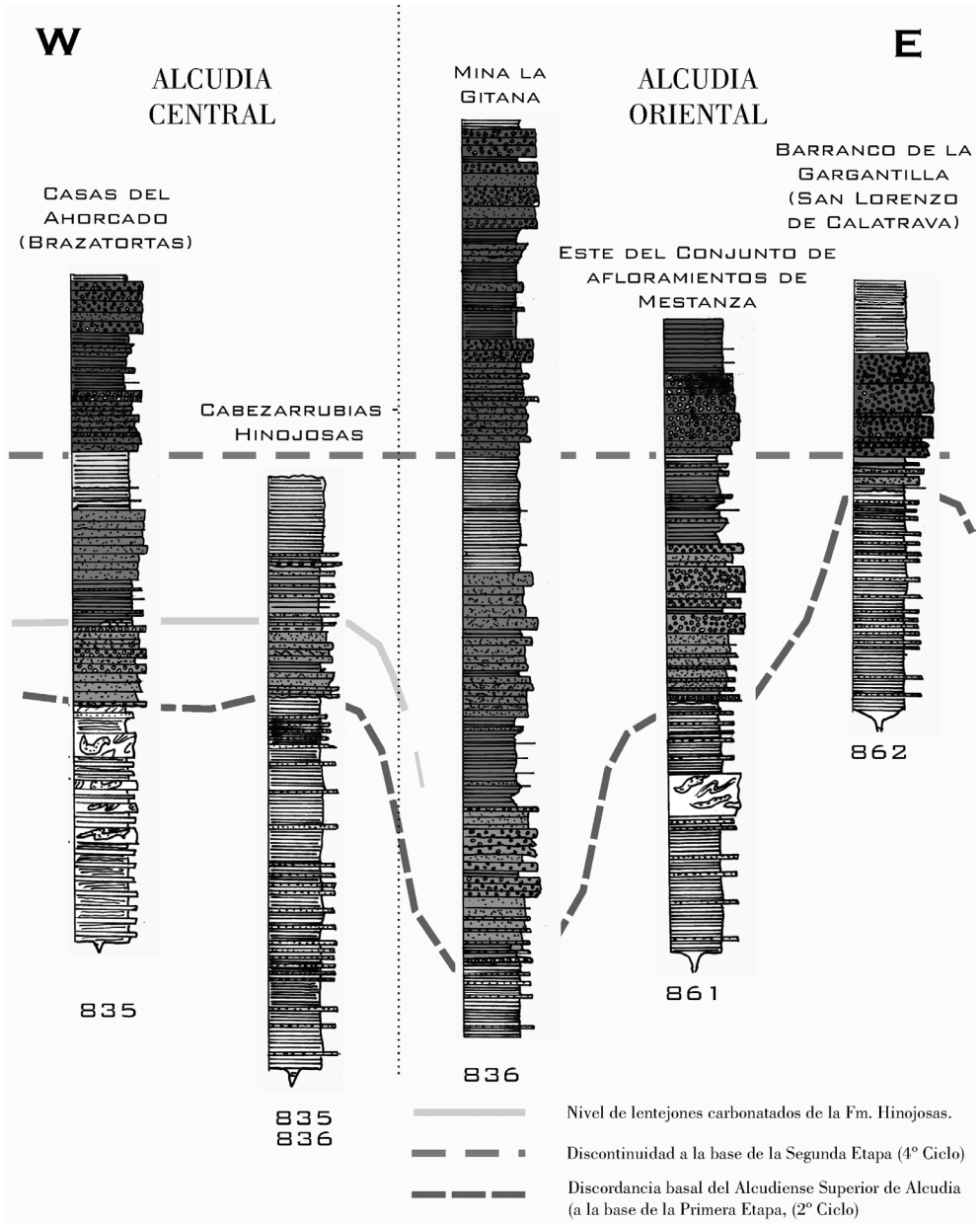


Figura 5: Correlación de ciclos sedimentarios utilizando las columnas estratigráficas del Alcudiense Superior del anticlinal de Alcudia, con tonos en función de las Formaciones aquí descritas.  
 - Correlation chart of the sedimentary cycles using Alcudia anticline Upper Alcudian stratigraphic logs, with the grey shading based on the Formations described in this paper.

PELÁEZ *et al.* (1986). Refleja un notable paleorrelieve. Su corte tipo se define en el del Arroyo del Tamujar, al sur de Cabezarrubias, del que la unidad toma nombre. El límite superior de la unidad es una transición gradual a la Fm Hinojosas cuando ésta no falta por erosión. En la zona de San Lorenzo de Calatrava se pasa también de forma gradual a la Fm de Pizarras de Cabezarrubias.

La unidad presenta 50 m de potencia en el corte tipo, 72 m sería el espesor máximo en la columna del Arroyo Venero - Mina La Gitana, mientras que en la zona de San Lorenzo de Calatrava varía entre 5 y 12 m. Sedimentológicamente las facies descritas corresponden a medios submareales someros en una plataforma siliciclástica de energía relativamente elevada. En esta unidad no se han encontrado fósiles.

#### Fm. Hinojosas:

La formación fue propuesta en el mencionado trabajo de PIEREN Y GARCÍA-HIDALGO (1999). El nombre corresponde al pueblo de Hinojosas en el Sector Central del anticlinal, y pretende respetar el término "Serie de Hinojosas" de BOUYX (1970), aunque éste era utilizado englobando todo el Alcudiense Superior de la zona de Cabezarrubias-Hinojosas.

Esta unidad es muy variada litológicamente y se caracteriza por la presencia de lentejones de carbonatos, niveles de conglomerados más o menos persistentes (lentejones en Cabezarrubias-Hinojosas, niveles con gran continuidad y poco desarrollo vertical en el Macizo de Valdoro-Montoro, y niveles de mayor consideración en Mestanza). Pese a ello, predominan los depósitos arenosos ya sean grauváquicos, de grauvacas arcósicas o areniscas cuarcíticas, (estas últimas de morfología canalizada), frecuentemente, de grano grueso a microconglomerático. En la zona de Mestanza no aparecen carbonatos, que son la característica más importante de la unidad en las otras dos localidades. El corte tipo sería el del Camino a Cotofía al SW de Cabezarrubias, mencionado en el trabajo pionero de CRESPO Y REY (1971).

El límite inferior es un tránsito que se realiza mediante "pizarras bandeadas", que incluimos totalmente en esta misma Fm. Hinojosas. Estas pizarras bandeadas, que constituyen un mero nivel de tránsito en Alcudia Central, presentan un gran desarrollo en Mestanza, donde llegan a tener más de 30 m, aunque se intercalan con cuerpos de conglomerados. El límite superior es un tránsito a las pizarras de la unidad superior, gradual pero rápido. Los espesores son de 80 m en Cabezarrubias, 50 en Mestanza y la unidad desaparece al Este, en la Zona de la Gargantilla-San Lorenzo de Calatrava.

Interpretamos sedimentológicamente la unidad como generada en ambientes de plataforma siliciclástica somera. Primero aparecen sedimentos de menor energía (las pizarras bandeadas) que corresponden a medios probablemente más profundos, que pasan hacia techo a niveles de mayor energía, más someros. Los carbonatos aparecen relacionados geoméricamente con estos medios de mayor energía; sólo localmente se dieron las condiciones para la formación de bioconstrucciones orgánicas que deben corresponder a medios submareales, siempre sumergidos, de baja energía, muchas veces desmantelados con posterioridad. Así aparecen asociadas a los cuerpos de conglomerados, a veces con morfología de canal. Hacia el Este, en



Fotografía 4. *Taphhelmithopsis*, un icnofósil característico del Alcudiense Superior e Alcudia, procedente del nuevo afloramiento reconocido como tal, el “Macizo de Valdoro”

- *Taphhelmithopsis*, a characteristic Lowermost Cambrian ichnofósil, coming from the new Upper Alcudian area recognized: “Valdoro massif”

la Zona de Mestanza, las facies de pizarras bandeadas están asociadas a cuerpos de conglomerados. La tasa de sedimentación es mucho mayor y no se dan las condiciones para el crecimiento de los carbonatos en este surco subsidente. Al Este del surco que estaría condicionado por la Falla del Guijo, la Fm Hinojosas desaparece, tal y como se puede observar en el esquema de correlación de las columnas estratigráficas de Alcudia que presentamos.

El contenido fósil de esta unidad es el más amplio y variado en el anticlinal de Alcudia: En los afloramientos de Cabezarrubias-Hinojosas aparecen *Planolites*, *Hormosiroidea canadensis* y *Monomorphichnus lineatus*. En el Macizo de Valdoro aparecen *Planolites* muy abundantes asociados a zonas intensamente bioturbadas próximas a los carbonatos y conglomerados. En la parte más alta de la unidad de predominio grauváquico y “micrograuváquico” aparecen *Taphrhelminthopsis* y muy abundantes ejemplares de *Gordia Molassica* (Foto 4).

#### Fm. Pizarras de Cabezarrubias”

Esta unidad, originalmente llamada Formación Pizarrosa Inferior por PIEREN Y GARCÍA-HIDALGO (1999), se encuentra muy bien representada al W y SW de Cabezarrubias donde aparecen los mejores cortes pese a la existencia de intensa esquistosidad normal a la dirección, y también en el valle del Río Montoro en el Macizo de Valdoro. Dado que consideramos que tiene rango de Formación, PIEREN

(2000) propuso el nombre de Fm. Pizarras de Cabezarrubias, incluyendo el nombre de la localidad donde mejor se aprecian.

En esta unidad incluye, además de los depósitos de su zona tipo en Cabezarrubias-Hinojosas, las “Pizarras acintadas de la zona de la Mina de la Gitana y las “Pizarras Inferiores” de San Lorenzo de Calatrava. La unidad comienza con alternancias de pizarras con finas capas centimétricas de microconglomerados o de areniscas de grano grueso que suelen presentar ripples; posteriormente pasa a pizarras masivas o microbandedas con finas intercalaciones locales de capas de 1-2 cm de areniscas grauváquicas de grano grueso. En esta unidad es donde se ha recolectado la mayor cantidad de pistas fósiles en el muro de las capas arenosas.

El límite inferior es gradual y corresponde a un contacto rápido pero transicional desde las areniscas y conglomerados de la parte alta de la Fm. Hinojosas. Este contacto se puede ver muy bien en el “Camino de Cotofia”. El contacto superior está frecuentemente cubierto por derrubios de los materiales Ordovícicos o de los conglomerados suprayacentes. Cuando es visible, este contacto parece conforme con los Conglomerados de San Lorenzo, pero estudiado en detalle (por ejemplo en la zona de Mina la Gitana) puede reconocerse que es erosivo.

La unidad supera los 120 m en Cabezarrubias, alcanza 390 m en la zona de Mina La Gitana, en el término de Mestanza, y presenta espesores variables en la zona de La Gargantilla - San Lorenzo de Calatrava que van desde 30 m al Oeste hasta 75 m al Este.

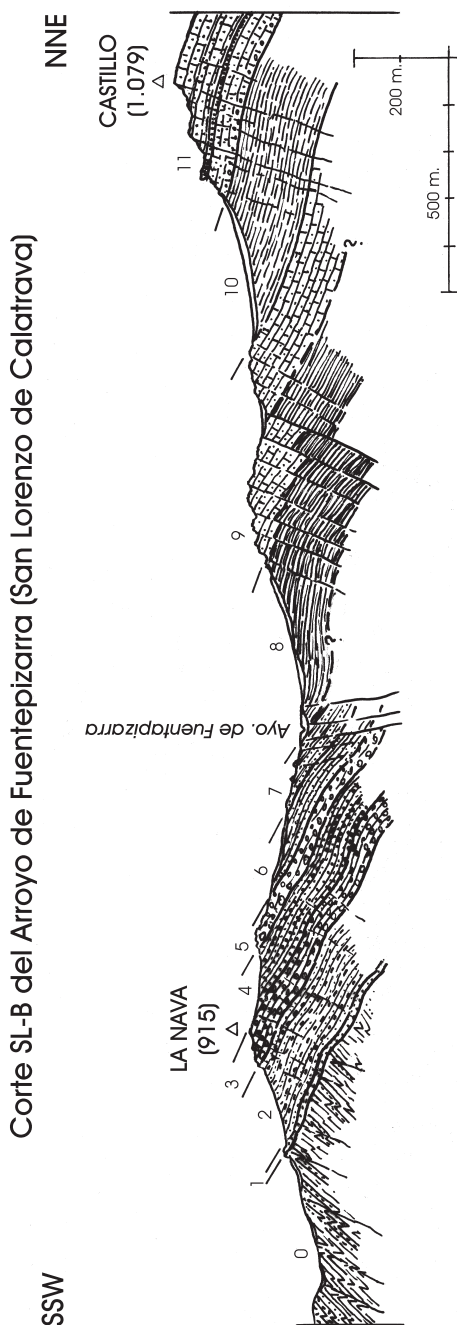
Sedimentológicamente los depósitos corresponden a los de una plataforma siliciclástica de baja energía; son de mayor profundidad que los infrayacentes y siempre bajo el nivel de base del oleaje; habría una zona tranquila donde la proliferación de organismos sería más favorable. La Fm. de Pizarrosa de Cabezarrubias ha suministrado abundantes *Planolites* y *Bergaueria aff. langi* (GARCÍA-HIDALGO, 1993), en la zona de Cabezarrubias. En Mestanza no se han encontrado pistas ni restos fósiles, quizás por las limitaciones de los afloramientos, o quizás por la importante tasa de sedimentos en este surco activamente subsidente.

#### “Fm. Conglomerados de San Lorenzo”.

Esta unidad fue propuesta con rango de Formación por PIEREN Y GARCÍA-HIDALGO (1999). Está compuesta casi en su totalidad por conglomerados masivos, ortostenidos, de cantos de cuarzo centimétricos de distinto tamaño (1,2 a 5 cm). Solamente al Este, éstos presentan intercalaciones de “pizarras acintadas”.

PIEREN (2000) considera englobadas en esta unidad además de los conglomerados del corte tipo de San Lorenzo de Calatrava, los “Conglomerados de las casas del Ahorcado” de Alcudia Central, y los “Conglomerados de la Alberquilla” de Mestanza. El corte tipo, sería el del Barranco de la Gargantilla (Fig 6), aunque puede no recoger la parte más alta de la unidad. En otras zonas en las que sí se aprecian con claridad los dos límites, como en San Lorenzo de Calatrava, la silicificación es tan intensa que no permite un estudio estratigráfico de detalle y mucho menos sedimentológico de la unidad (Foto 5).

De nuevo el espesor máximo se sitúa en la zona de Mestanza donde los “Conglomerados de la Alberquilla” alcanzan 250 m. Al este, al SW de Brazatortas,



se han conservado 40 m y en el Conjunto de Afloramientos de San Lorenzo los espesores varían entre 95 y 120 m.

El límite inferior, como queda demostrado por las observaciones realizadas en la zona de Mina La Gitana, es una discontinuidad con erosión asociada, y como puede observarse en los gráficos de correlación de columnas adjuntos, la unidad se apoya de hecho sobre distintos niveles de las unidades infrayacentes, e incluso sobre unidades distintas, por lo que la laguna estratigráfica y la erosión asociada son importantes. El límite superior es rápido y gradual con una rápida disminución de energía y de tamaño de grano (paso de conglomerados y pelitas).

Las estructuras sedimentarias son muy escasas en los cuerpos conglomeráticos de esta unidad, que suelen presentarse como muy masivos y homogéneos. Simplemente se observan algunas estructuras de corte y relleno, y en las areniscas microconglomeráticas se han apreciado "lags" de cantos. Únicamente en la zona de Mestanza, la morfología lenticular de los cuerpos sedimentarios parece indicar que corresponden a rellenos de canal, aunque dada la mencionada escasez de estructuras preservadas es difícil precisar el tipo de depósitos. Sin embargo, es clara una progradación

Figura 6. Corte geológico del Arroyo de Fuentepizarra en San Lorenzo de Calatrava, desde el Alcudiense Inferior a la izquierda hasta la Cuarcita Armoricana a la derecha.

- Geologic section along Fuentepizarra Stream in San Lorenzo de Calatrava, from the Lower Alcudian in the left to the Armorican Quartzite in the right upper part.



Fotografía 5. Los conglomerados de San Lorenzo de Calatrava del Alcudicense Superior (Cámbrico basal), en las inmediaciones de esa localidad  
 - The Upper Alcudian San Lorenzo de Calatrava conglomerates (Early Cambrian) in the environs of that town.

de medios someros sobre los sedimentos de plataforma infrayacentes, pero la calidad de los afloramientos, a la que se asocia la falta de estructuras sedimentarias, impide precisar si estamos contemplando la progradación de un delta o *fan-delta* sobre las facies finas del prodelta, o de una plataforma externa, o bien si se trata de otro medio sedimentario.

En esta unidad hemos encontrado en San Lorenzo de Calatrava *Anabarella plana* y latouchélicos, estos últimos aún en estudio y pendientes de figurar.

“Fm. de Pizarras Superiores con *Anabarella*”.

Esta es por el momento la unidad datada más alta del Alcudicense Superior, no sólo en el Anticlinal de Alcudia, sino en toda la zona meridional de la Zona Centroibérica al N del batolito de Los Pedroches. Solamente unos depósitos de arenisca y conglomerados en la Sierra de Puebla de Alcocer (Badajoz) podría ser equivalente o más alta, siempre dentro de los que consideramos Alcudicense Superior, pero esta última no tiene elementos de datación (PIEREN, 2000).

Como su nombre indica, la unidad es fundamentalmente pizarrosa, aunque se pueden reconocer tres tramos dentro de ella: el más bajo está formado por una alternancia de grauvacas de grano muy fino y limolitas (“*grès rubannés*” de los autores franceses que trabajaron en la zona), el segundo está formado por pizarras con presencia de niveles con fosfatos y gran acumulación de *small shelly fossils*, y el tercero es fundamentalmente pizarroso (ver corte del Arroyo de Fuentepizarra).

La unidad se ha reconocido cartográficamente tan sólo en dos localidades, e la zona de Mestanza, y en el arroyo de Fuentepizarra al E y cerca de San Lorenzo de Calatrava, es decir tan sólo se ha detectado la existencia de la unidad en el Sector de Alcudia Oriental (ver mapa adjunto). El corte tipo es el del mencionado Arroyo, donde se encontraron inicialmente los ejemplares de *Anabarella*, y que es además uno de los pocos sitios en los que la unidad presenta continuidad. El espesor total en esta zona es 155 m, y según nuestras estimaciones en Mestanza sólo se han conservado excepcionalmente 40 m. En otros lugares pueden haberse conservado espesores mayores que este último, pero la unidad suele estar recubierta por los derrubios de la Cuarcita Armoricana o por los del Arenig basal, hecho por el que no se ha reconocido cartográficamente en más lugares.

El límite inferior es un tránsito rápido pero gradual desde la Fm. de Conglomerados de San Lorenzo, y no hemos detectado en ningún sitio afloramientos del límite superior, que en cualquier caso parece corresponder al contacto discordante de las cuarcitas o conglomerados del Ordovícico basal sobre estas pizarras superiores.

Desde el punto de vista sedimentológico, esta unidad corresponde a una clara profundización desde los medios de influencia continental de la unidad anterior pasando a facies de plataforma siliciclástica. El tránsito se realiza en los niveles de grauvaca de grano fino y las alternancias basales.

#### Discontinuidades y discusión:

En su Tesis, PIEN (op.cit.) caracteriza 3 de las 5 discontinuidades que afectan al Alcudiense Superior enumeradas por VILAS *et al* (1987) SAN JOSÉ *et al* (1990), siendo algunas de ellas discordancias angulares (la 1ª o 2ª) o discordancias erosivas. Estas quedan patentes en el gráfico de correlación de ciclos sedimentarios identificándose una discordancia angular basal y la discontinuidad (erosiva) que aparece en la base de los conglomerados de San Lorenzo y niveles equivalentes. RODRÍGUEZ-ALONSO *et al.* (2004) y DIEZ-BALDA *et al.* (2004) presentan una reciente actualización de la correlación suprarregional de las unidades del Neoproterozoico-Cámbrico Inferior para el conjunto de la Zona Centro-Ibérica Meridional con una tabla de correlación en la que se utilizan como referencia las unidades aquí descritas.

## 4. EL PALEOZOICO DE LOS SINCLINALES DE PUERTOLLANO Y DE SOLANA DEL PINO.

El sinclinal de Puertollano tiene las características de la mayoría de los sinclinales de la Zona Centroibérica con la excepción de que además tiene un Carbonífero superior post varisco, productivo.

Las características comunes del Paleozoico que aparece sobre el Cámbrico Basal o Inferior en los Sinclinales que flanquean el anticlinal de Alcudia, es decir el de Puertollano, en el que nos centraremos, y en el de Solana del Pino, se han recogido en varios trabajos importantes de síntesis de la Geología del Macizo Hespérico o de la Península como son GUTIÉRREZ MARCO *et al* (1990), SAN JOSÉ *et al* (1992) resumidas más recientemente (y con mucho menos detalle por la limitación

en extensión del trabajo) por MARTÍNEZ POYATOS *et al* (2004) refiriéndose al muy apropiado nombre de “la secuencia paleozoica postcámbrica” que corresponde a la megasecuencia Ordovícico Inferior – Carbonífero Inferior citada en el punto 2. También recientemente y de manera más extensa, en el libro “The Geology of Spain” que está estructurado por Sistemas, encontraremos esta información en el “Ordovícico” (GUTIÉRREZ MARCO *et al*, 2002), y en el “Silúrico” (ROBARDET Y GUTIÉRREZ MARCO, 2002).

El Devónico aparece en muchos de los sinclinales de la Zona Centroibérica Meridional, como Almadén, Guadalmez y El Centenillo, con características similares y presentando en todos ellos una laguna mesodevónica de amplia transcendencia paelogeográfica y tectónica. Por ello, y aunque no se hayan conservado o estén ocultos bajo el Estefaniense discordante, en el centro del sinclinal de Puertollano, se puede deducir que hubo sedimentación en la zona de Puertollano y alrededores durante el Devónico Inferior, y puede que también en el Devónico Superior, pero estos últimos depósitos habrían desaparecido, al menos en su mayor parte, en la erosión previa a la sedimentación de los depósitos fini-carboníferos.

Los depósitos del Ordovícico basal (incluyendo a veces, posiblemente, la parte más alta del Cámbrico Superior), previos a la transgresión materializada en los depósitos de la Cuarcita Armoricana, son probablemente los más variados de la secuencia paleozoica postcámbrica de la Zona Centroibérica Meridional. Pueden variar desde depósitos conglomeráticos de más de 800 m en los Montes de Toledo, a 400 m de litoarenitas de color púrpura en la zona del Parque de Cabañeros (Navas de Estena, Anchuras, el Zumajo) hasta reducirse a unas decenas de metros (Orellana, Fuenlabrada de los Montes, flanco Sur del Sinclinal de Almadén) o desaparecer totalmente, como en una gran parte del Sinclinal de Herrera del Duque (PIEREN, 2000). Esto se debe a que rellenan fosas o semi-grábenes creados en la etapa de rifting final del Cámbrico, y a que son parcialmente erosionados por la base de la transgresión de la “Cuarcita Armoricana” que según los lugares, se apoyará sobre distintas facies y medios del Ordovícico Basal, sobre depósitos del Cámbrico Superior, o incluso directamente sobre el Alcudiense Inferior como en la parte occidental de Herrera del Duque o el flanco Sur del Anticlinal de Alcudia (Fig.2). Existe una asimetría en el yacente de los anticlinales variscos en los que aparecen los materiales más antiguos al S y SW, y los más recientes al NE, que delata como mínimo un basculamiento pre-ordovícico.

En el flanco Norte del Anticlinal de Alcudia, la variación de estos materiales es muy interesante, y aparecen diferentes facies bajo la “Cuarcita Armoricana” en la zona próxima a Cabezarrubias o Mestanza y en la terminación oriental, próxima al cierre periclinal del núcleo ante-ordovícico en San Lorenzo de Calatrava. En la zona próxima a la Mina de la Gitana, en las inmediaciones de la laguna de la Alberquilla aflora una sucesión que se apoya sobre el Alcudiense Superior, en la que aparecen conglomerados y protocarcitas. En la laguna de la Alberquilla, estos conglomerados canalizados y bien lavados llegan a presentar centiles que superan los 25 cm (cantos rodados de cuarcita como “melones”) y se interpretan como depósitos fluvio- mareales a fluviotorrenciales.

Por el contrario, en la zona de San Lorenzo de Calatrava, la sucesión del Ordovícico basal que aparece bajo la “Cuarcita Armoricana” está formada por barras de areniscas cuarcíticas o cuarcitas en delgados niveles, que se encuentran totalmente bioturbados por *Skolithos* sp., de mayor potencia que los niveles mencionados y que se interpretan como depósitos litorales afectados por la acción del oleaje. Estos niveles se han denominado en esta zona como “Formación de Base”, y por su gran variación en facies y espesores serán objeto de trabajos específicos.

Por encima encontramos, con una gran homogeneidad en distribución facies y espesores, al resto de la secuencia paleozoica postcámbrica, cuyo rasgo de mayor variación es la amplitud de la laguna estratigráfica del Ordovícico Terminal, que se encuentra frecuentemente erosionando, incluso en su totalidad, a la Caliza Urbana y a los Bancos Mixtos (El Centenillo) o a las Alternancias Superiores (Almadén-Guadalmaz). La laguna estratigráfica está sellada según las zonas por las “cuarcitas de base del Silúrico” (Cuarcita del Criadero, o del Castellar), por las “pelitas con fragmentos”, que denotan la glaciación del Ordovícico Superior, o por niveles más bajos como las Pizarras del Muro o Pizarras Chavera (GUTIÉRREZ MARCO *et al*, 1990).

En resumen, las formaciones que encontramos en los sinclinales de Puertollano y de Solana del Pino sobre la “Formación de Base”, son la “Cuarcita Armoricana”, de edad Arenigiense s.l., los “Estratos Pochico”, de edad Arenigiense Superior Oretaniense Inferior, los “Esquistos de Río”, cuya edad es Oretaniense Dobrotiviense Inferior, las “Alternancias de Canteras”, del Dobrotiviense Inferior Dobrotiviense Medio, la “Cuarcita de Canteras”, atribuible al Dobrotiviense Medio-superior, los “Bancos Mixtos”, que comienzan en el Berouniense y terminan en el único episodio carbonatado reconocido de la sucesión paleozoica y cuya edad es Kralodvoriense. Sobre la mencionada laguna estratigráfica del Hirnantense aparecen los “Esquistos Chavera”, de edad Hirnantense Superior Llandoveryense Inferior, La “Cuarcita del Criadero”, del Llandoveryense, las “Alternancias Volcanosedimentarias”, de edad Llandoveryense Medio y que probablemente no superan el Wenlockiense y que son el nivel más alto conservado en estos sinclinales. La Cuarcita Armoricana”, que puede encontrarse sobre la “Formación de Base” sobre una base erosiva, está formada por una potente alternancia de gruesos paquetes de ortocuarcitas blancas que, por su gran competencia, da lugar a los relieves más importantes de toda la región. Es singular que no forme una sierra en el collado en el que se asienta Puertollano y de ahí el nombre de la localidad. La “Cuarcita Armoricana” se puede subdividir en tres tramos, los cuales son reconocibles en toda la Sierra Morena y que ya fueron distinguidos por BOUYX (1970) y TAMAIN (1972): Un tramo inferior formado por una alternancia de paquetes decimétricos y métricos de ortocuarcitas blancas con finas y escasas intercalaciones pizarrosas de 125 a 175 m de espesor. El tramo intermedio de 50 a 75 m, con malos afloramientos formado por alternancias de paquetes centi a decimétricos de ortocuarcitas con delgados niveles de pizarras grises. En las cuarcitas aparecen estratificaciones cruzadas de bajo ángulo, que dan lugar a geometrías lenticulares y a frecuentes acuñamientos. Aparecen abundantes icnofósiles, como *Cruziana furcifera* y *Cruziana goldfussi*. El tramo superior, de 150 a 200 m, está constituido por paquetes decimétricos y métricos

de ortocuarcitas blanquecinas, con escasas intercalaciones pizarrosas. Los estratos cuarcíticos son potentes en bancos incluso superiores a los 5 m, especialmente en la parte más alta. Se reconocen estratificaciones cruzadas de bajo ángulo: *megaripples* y dunas submarinas (*sand waves*) siendo escasos los ichnofósiles. El medio de sedimentación de esta unidad es de llanura mareal, probablemente en la zona inmediatamente por debajo del nivel del oleaje. La alta pureza de las ortocuarcitas indican que son sedimentos muy retrabajados y muchos autores consideran que son depósitos que corresponden a una sedimentación multicíclica, no pudiéndose lograr en un solo ciclo sedimentario tal pureza en el contenido en cuarzo.

A techo de esta unidad aparece una alternancia muy regular de paquetes centi a decimétricos de ortocuarcitas, arenisca y pizarras arenosas conocida con el nombre regional de “Estratos Pochico”, término establecido por TAMAIN (1967) en El Centenillo (Jaén) cuyo espesor varía entre 150 y 175 m. Presentan laminación cruzada producida por ripples de oscilación, así como localmente estratificación fláser. Cuando los paquetes alcanzan algunos decímetros, es frecuente observar geometrías de *sand waves*. La unidad constituye una transición progresiva desde un medio de llanura mareal somera a condiciones de sedimentación más profundas. Respecto a la “Cuarcita Armoricana”, la base de los “Estratos Pochico” supone una ligera somerización de la plataforma a niveles claramente afectados por el oleaje. En esta zona sólo presenta restos de lingúlidos fosfatizados pero regionalmente presenta en la base pistas como *Cruziana goldfussi*, *Rouaultia rouaulti*, *Rhusophycus* sp., etc. que han permitido la datación como Arenigiense Superior Oretaniense Inferior.

En tránsito gradual, pero rápido, los “Estratos Pochico” pierden los paquetes arenosos pasando a una potente unidad de pizarras arenosas y pizarras negras denominada por TAMAIN (1967, 1972) “Esquistos de Río”, equivalentes regionalmente a las “Pizarras de Calymene Inferiores” de Almadén (GARCÍA SANSEGUNDO *et al.*, 1987). Se encuentran habitualmente muy recubiertos en la parte baja de los valles. El medio de sedimentación de los “Esquistos de Río” es claramente de plataforma profunda con condiciones fuertemente reductoras, suponiendo el máximo de la transgresión ordovícica aunque presentan localmente somerizaciones denotadas por *sand-waves* o facies de tormenta que aumentan al techo de la unidad cuyo espesor se puede estimar en 350 m. Presenta graptolitos, trilobites y braquiópodos descritos en TAMAIN (1972), HAMMAN (1973) y RÁBANO (1989) entre otros que han permitido la datación como Oretaniense-Dobrotiviense.

Sigue una potente alternancia de areniscas silíceas y pizarras que culmina con un tramo ortocuarcítico muy característico, conjunto que ha sido definido por PALERO (1992) como “Formación Canteras”, comprendiendo las unidades cartográficas “Alternancias de Canteras” y la “Cuarcita de Canteras” cuyo nombre corresponde a un nivel con canteras en el mismo Almadén (ALMELA *et al.*, 1962). Este conjunto que se reconoce en toda la zona Centroibérica meridional recibe distintos nombres como puede observarse en GUTIÉRREZ MARCO *et al.* (1990), SAN JOSÉ *et al.* (1992). Sobre las alternancias de canteras que equivalen a las “Pizarras de Calymene Superiores” la cuarcita de canteras está formada por una alternancia de 30 a 40 m. de espesor de paquetes decimétricos y métricos de ortocuarcitas y cuarzoarenitas, separados por

finos niveles de areniscas micáceas, siendo característico el resalte de dos barras cuarcíticas a muro y techo del tramo. Representan el máximo regresivo, originado por el aumento generalizado de los aportes arenosos o por colmatación al cesar la subsidencia de la cuenca, indicando las estructuras sedimentarias y las asociaciones de facies medios de llanura mareal y la presencia de huellas de desecación citadas por TAMAIN (1972) en El Centenillo, indicarían que en zonas se han dado condiciones de llanura supramareal. Es el tramo pizarroso el que permite la datación de la unidad por varios autores (AMOR Y ORTEGA, E. 1988), mientras que la cuarcita es azoica y por posición estratigráfica se considera que representa el límite Dobrotiviense-Berouniense.

Recibe el nombre de “Bancos Mixtos” un conjunto de alternancias arenosopizarrosas muy fosilíferas que termina a techo con el único episodio carbonatado del Paleozoico Inferior de Sierra Morena y la banda meridional de la Zona Centroibérica, la “Caliza Urbana” (HENKE, 1926) y constituye el nivel guía mas seguro de la serie paleozoica, que comienza en el Caradociense Inferior y termina en el único episodio carbonatado reconocido de la sucesión paleozoica cuya edad es Ashgillense Inferior. El término “Bancos Mixtos” se debe a TAMAIN (1967 y 1972). Los “Bancos Mixtos” están constituidos por alternancias de paquetes centí y decimétricos de areniscas silíceas de grano medio y/o fino, areniscas micáceas finas, areniscas finas carbonosas y pizarras arenosas (lutitas) y la “Caliza Urbana” es un tramo lumaquéllico carbonatado datado por conodontos como Kralodvoriense.

En contacto neto se encuentran los “Esquistos Chavera”, TAMAIN (1967 y 1972) que aparecen en malos afloramientos en el núcleo del sinclinal de Puertollano, constituidos por pizarras ampelíticas, con aspecto satinado, bien esquistosadas, que se vuelven algo arenosas hacia la parte alta de la unidad. Como corresponde al ambiente reductor en el que se depositaron hay huellas de cubos diagnéticos de pirita y nódulos ferruginosos además de la abundante materia orgánica característica de las ampelitas. Entre los “Bancos Mixtos” y la presente unidad pizarrosa existe una laguna sedimentaria presente en la mayor parte de la zona Centroibérica GUTIÉRREZ MARCO *et al.* (1990) SAN JOSÉ *et al.* (1992) y GARCÍA PALACIOS *et al.* (1996) muestran una edad Ordovícico terminal (Hirnantense) para los “Esquistos Chavera” pero el límite Ordovícico-Silúrico lo colocan en la unidad suprayacente la “Cuarcita del Criadero”.

La “Cuarcita del Criadero”, definida por ALMELA *et al.*, (1962) recibe su nombre de la cuarcita productiva en la mina de mercurio de Almadén. Se conoce como la “cuarcita del Silúrico” y regionalmente recibe otros nombre como la Cuarcita de Castellar o de Las Majuelas (ver el cuadro de correlación en GUTIÉRREZ MARCO *et al.* (1990, pp 162-163). Aquí la unidad, cuyo espesor varía entre 24 y 40 m y es un referente en el paisaje de los sinclinales por sus crestones, está formada por una alternancia de paquetes de espesor variable de ortocuarcitas blancas o grises. A grandes rasgos se reconocen dos tramos de paquetes de espesor decimétrico a métrico, situados respectivamente en la base y en el techo de la unidad. Estos dos tramos están separados por otro de alternancias centimétricas a decimétricas. Las estructuras sedimentarias reconocidas y la geometría de los paquetes indican un

medio de una llanura mareal, representando los tramos de muro y techo episodios intramareales, inmediatamente por debajo de la zona afectada por el oleaje. Considerada tradicionalmente como azoica a escala regional, fueron hallados restos fósiles a techo de la unidad indicando una edad Llandoveryense Inferior (GUTIÉRREZ-MARCO Y PINEDA, 1988; GARCÍA PALACIOS *et al.* (1996)

Finalmente, como unidad más alta de este hiperciclo aflorante en el Sinclinal de Puertollano, recibe el nombre “Alternancias Volcanosedimentarias” un conjunto de materiales volcanosedimentarios con intercalaciones de pizarras grafitosas (GARCÍA SANSEGUNDO *et al.* 1987). Esta unidad comprende a los “Esquistos con *Monograptus*” de TAMAIN (1972) y a las “Pizarras de Techo” de almadén (ALMELA *et al.*, (1962). Los materiales que integran las “Alternancias Volcanosedimentarias” en esta zona son volcánicos casi en su totalidad, encontrándose principalmente tobas bien estratificadas y localmente niveles de pizarras ampelíticas intercaladas. Las rocas volcánicas son principalmente tobas, bien estratificadas, con colores pardos y ocres de alteración que corresponden a rocas volcánicas básicas sin clasificar debido a una muy intensa carbonatización. Alternando con las rocas puramente piroclásticas, aparecen estratos que contienen numerosos elementos detríticos, principalmente granos de cuarzo, y que presentan estratificación paralela y cruzada de bajo y gran ángulo. La datación se hace en función de los niveles fosilíferos encontrados en los tramos ampelíticos de la unidad, pero la parte más alta de la unidad, que aquí no aflora alcanza en Almadén la base del Devónico. El espesor que aparece es parcial ya que falta el techo por erosión.

## 5. EL CARBONÍFERO: ESTRATIGRAFÍA Y TRANSCENDENCIA DE CIERTOS AFLORAMIENTOS

Como ya se ha mencionado en la introducción, la existencia de Carbonífero productivo se conoce en la Cuenca de Puertollano desde 1873. Esta cuenca lacustre y deltaica con componentes volcánicos fue estudiada por WALLIS (1983). Se trata de un Carbonífero superior y post-varisco datado como Estefaniense B (WAGNER y UTING, 1967) pero que más recientemente WAGNER *et al.* (2003) lo datan como finicarbonífero, es decir Estefaniense C, equivalente en parte a un antiguo Autuniense Inferior, es decir prácticamente en el límite Carbonífero-Pérmico.

En el trabajo de PALERO (1993) se da un dato importante de cara a las reconstrucciones paleogeográficas y a la historia geológica de la región, y es la presencia de una sucesión con conglomerados del Carbonífero superior o Pérmico Inferior en las proximidades de Bienvenida, denominados en la memoria de la hoja 835 de Brazatortas (PIEREN *et al.* 1997) como “Conglomerados de Mina Riquilla”. En conjunto se trata de unos megaconglomerados muy peculiares que en una primera impresión pueden ser considerados como rañas pero que se presentan estratificados y ligeramente plegados (buzamientos del orden de 10-15°), mientras que las rañas aparecen horizontales o fosilizando algunos paleorrelieves. Además el tamaño de algunos de los bloques de estos extraños conglomerados es enorme, absolutamente

impropio de los depósitos tipo raña y más aun teniendo en cuenta que los relieves ortocuarcíticos se encuentran a más de 2 Km de distancia en mapa. Finalmente, una gran cantidad de bloques y cantos están fracturados y tectonizados, en especial cerca de los bordes, lo que quiere decir que hay fallas que afectan de forma notable a estos conglomerados. En estas fallas se encuentran inyectados diques de composición básica anfibolítica. La deformación de los cantos es claramente posterior a su depósito, pues sus superficies redondeadas aparecen rotas. No presentan fósiles por lo que se han correlacionado con unos depósitos muy similares que afloran en el sinclinal de Almadén, los cuales han sido considerados como carboníferos (GARCÍA SANSEGUNDO *et al.*, 1987). En ellos fueron encontrados restos de *Neuropteris*, lo que permitió datarlos como Westfaliense Estefaniense Medio. En la parte norte del afloramiento de Mina Riquilla presentan una sucesión basal con conglomerados redondeados cuarcíticos (pudingas de 4 a 12 cm) y areniscas grauváquicas semejante a la base de la sucesión de la Cuenca productiva de Puertollano.

Destacamos aquí este hallazgo puesto que es un rasgo muy importante ya que denota una intensa erosión post-varisca, ya que estos conglomerados del Carbonífero de Mina Riquilla, se encuentran depositados directamente sobre el núcleo precámbrico del anticlinal de Alcudia, lo que hace suponer que se produjo una rápida erosión de los relieves asociados a los anticlinales recién creados por el orógeno varisco, y también aprovechando zonas de fractura, o semi-grábenes. Es decir, que los miles de metros de toda la sucesión paleozoica prehercínica ya habían sido erosionados en ciertas zonas durante el Carbonífero Superior, muy poco tiempo después de la creación de los relieves.

Pero volvamos a la cuenca productiva de Puertollano. Aquí los depósitos finicarboníferos prácticamente no están plegados, y presentan buzamientos muy suaves; a su vez están revestidos por un fino recubrimiento Neógeno. Los antiguos pozos atraviesan esta cobertera terciaria para llegar al Carbonífero productivo, pero a partir de los años 90 se han aplicado los métodos de una moderna minería de transferencia, y la explotación se ha realizado mediante una corta multicapa explotada por Encasur, la descubierta “Emma”.

La sucesión carbonífera, que corresponde a lutitas, lutitas carbonosas, pizarras bituminosas y alguna arenisca, y que corresponde a un medio de sedimentación lacustre, presenta varias intercalaciones de tobas volcánicas que aparecen como constituyente principal en los primeros 170 metros de la sucesión, aunque luego entre los depósitos lacustres y las capas de carbón también aparecen cenizas volcánicas. Esta asociación, característica de una zona pantanosa o lacustre con la participación en reiteradas veces de tobas, brechas y cenizas volcánicas, es analizada en la contribución de WAGNER *et al.* (2003) al libro de Patrimonio geológico de Castilla-La Mancha con el sugestivo nombre de “una Pompeya Paleobotánica”. En este trabajo se revisa la sucesión estratigráfica del Carbonífero de Puertollano, el medio sedimentario en el que se produjo y se hace un especial y exhaustivo estudio del contenido fósil de esta cuenca, por lo que al tratarse de un trabajo tan reciente nos remitimos a él.



Fotografía 6. La descubierta Emma vista hacia el Este, con la cuerda de Cuarcita Armoricana al fondo (flanco Norte del sinclinal de Puertollano), y la localidad de Puertollano. Foto cedida por ENCASUR.

- Emma mine, as seen towards the East, with the Armorican Quartzite ridge in the horizon (North flank of Puertollano Syncline), and the locality of Puertollano. Photo yielded by ENCASUR.



Fotografía 7. La descubierta Emma vista hacia el Oeste, con la cuerda de Cuarcita Armoricana del flanco Norte del anticlinal de Alcudia a la izquierda y al fondo. Foto cedida por ENCASUR.

- Emma mine open pit, as seen Westwards, with the Armorican Quartzite ridge at the left and in the horizon (North flank of Alcudia Anticline). Photo yielded by ENCASUR.

## 6. LOS SEDIMENTOS TERCIARIOS Y LOS VOLCANES DEL CAMPO DE CALATRAVA

El Macizo Hespérico estuvo emergido durante la mayor parte del Mesozoico y por lo tanto expuesto a erosión. Desde los materiales del límite Paleozoico-Mesozoico de la Cuenca Carbonífera de Puertollano no se registran sedimentos hasta los del Plioceno que forman parte de la terminación meridional de la cuenca terciaria de la Llanura Manchega-Campos de Calatrava. Este último nombre geográfico está geológicamente asociado y da el nombre más conocido a la Región Volcánica Central Española (ANCOCHEA, 1983, 2004).

El terciario está constituido por arcillas limos arenas y gravas de un espesor de hasta 18 m, que por correlación con la cuenca terciaria de los campos de Calatrava, donde se localiza el yacimiento de mamíferos de Valverde de Calatrava (MOLINA, 1975), puede atribuirse una edad Pliocena. Por encima se han medido se han medido 1,5 m de margas calcáreas blancas de aspecto pulverulento, sobre las que yacen 2 m de calizas blancas con caráceas y que constituyen el techo de la sucesión terciaria. Esta aflora cubriendo gran parte del núcleo del Sinclinal de Puertollano y por lo tanto recubriendo la mayor parte de los sedimentos del Carbonífero productivo.

De los depósitos recientes hemos de destacar por su transcendencia geomorfológica en Alcudia las rañas. Allí se da un caso curioso en la que se encuentra en la proximidad del embalse del Rio Montoro, ya que presenta un metamorfismo de contacto por la acción del volcán que se encuentra sobre ella.

Las manifestaciones volcánicas en la región de Puertollano, y particularmente las que se encuentra al N y NE de la localidad han tenido gran importancia, siendo ésta una de las áreas más representativas de la Región Volcánica Central Española, de la que constituye en buena parte su zona occidental. La Región Volcánica Central Española que se extiende entre los Montes de Toledo y Sierra Morena, en la zona de borde de la cuenca manchega es una región formada por unos 200 centros de emisión puntuales y dispersos, que se reparten por un área de 5000 km<sup>2</sup> (Ancochea, 2004). En el ámbito de nuestro trabajo es el mencionado del embalse del Rio Montoro el más meridional y el volcán de Bienvenida, cuya forma de volcán es aún reconocible, el más occidental.

Las primeras referencias a la existencia de vulcanismo en Campos de Calatrava son de la primera mitad del siglo XIX y corresponden a MAESTRE (1836) y EZQUERRA DEL BAYO (1844), y es HERNÁNDEZ PACHECO (1932) quien proporciona una primera visión de conjunto.

La actividad volcánica ha sido estromboliana o hidromagmática. Cuando ha sido estromboliana se han formado pequeños conos piroclásticos que la erosión ha degradado hoy a cerros redondeados condíametros del centenar de metros y alturas que raramente superan el centenar de metros y que reciben localmente el nombre de cabezos. Las coladas alcanzan has 6-7 km (Ancochea, 2004). Atendiendo a criterios vulcanológicos, se pueden distinguir en esta región: lavas, piroclastos de caída y piroclastos hidromagmáticos. En cada uno de ellos se puede, además, especificar

la composición: melilititas olivínicas, limburgitas, nefelinitas olivínicas, leucititas olivínicas, basanitas y basaltos; aunque no en todas las hojas aparecen todos los tipos vulcanológicos o composicionales.

En el caso de los depósitos hidromagmáticos, la naturaleza de los mismos, compuestos esencialmente por fragmentos no volcánicos, o incluso volcánicos, pero con dudas con respecto al origen juvenil (del mismo magma), o accidental (sin relación con él), no permite hacer diferencias en cuanto a la composición.

Desde el punto de vista vulcanológico en la zona de Puertollano afloran tanto lavas, como productos piroclásticos y, entre estos, tanto piroclastos estrombolianos, como hidromagmáticos. En cuanto a composición están representados todos los tipos litológicos, siendo la zona de Puertollano la única en la que aparecen las leucititas olivínicas (Ancochea, In Hoja de Puertollano, MAGNA, *in litt.*). Se han diferenciado así: por un lado lavas basálticas (incluyendo las basaníticas), lavas de nefelinitas olivínicas (incluyendo las limburgíticas), lavas de melilitíticas olivínicas y lavas de leucititas olivínicas, por otro lado piroclastos basálticos, piroclastos nefeliníticos y piroclastos melilitíticos, finalmente piroclastos hidromagmáticos y piroclastos estrombolianos indiferenciados. Aunque existen piroclastos de composición leucitítica, no tienen expresión cartográfica.

En este apartado dedicado a los depósitos más recientes, no queremos dejar de señalar que la zona se encuentra geomorfológicamente en el límite entre las cuencas del Guadalquivir encajado y del Guadiana que prácticamente no erosiona. Esto genera dos tipos de relieve totalmente distintos: Penillanuras que contrastan en pocos kilómetros con redes fluviales encajadas, con la capturas de ríos que eran antiguos afluentes del Guadiana.

En la zona de Alcuía próxima a Brazatortas encontramos paisajes vestigio del relieve terciario, con glaciais y rañas no erosionadas y niveles de cumbres en la cuarcita armoricana que corresponden a antiguos niveles de arrasamiento destacados por erosión diferencial. Sus cotas que descienden hacia el Sur-Oeste marcando un basculamiento reciente de la península.

## 7. CONCLUSIÓN

Por limitaciones de espacio y de la especialidad del autor no se pueden abordar muchos otros temas de interés geológico en la zona de Puertollano. Hemos querido mencionar el interés histórico de la Minería en el Valle de Alcuía y en el sinclinal de Solana del Pino. Este condujo al desarrollo del Plan Alcuía de investigación minera en los años 70. Los resultados de este plan en la geología regional resultaron trascendentes para la geología de la parte meridional de la Zona Centroibérica acuñándose los términos, esquistos de Alcuía, posteriormente Alcuíense, y a continuación, al reconocer la discordancia intra-alcuíense (que ha



Fotografía 8. La antigua central térmica de Puertollano con su parque de carbones y la corta de la Mina Emma al Fondo.

- Puertollano's older thermal power station, with its coal park and the Emma open pit in the horizon.

sido y es aún hoy origen de debates) el término Alcudiense Inferior y Superior, cuya descripción en este, su sitio de origen son el núcleo de este trabajo (PIEREN, 2000). Se resumen las características del ciclo paleozoico que comienza en el Ordovícico basal y que está representado por formaciones que alcanzan el Silúrico, reconociéndose la laguna estratigráfica regional en el límite Ordovícico – Silúrico.

Se considera también el Carbonífero Superior productivo y la importancia de la minería energética de la cuenca de Puertollano en el desarrollo de la Ciudad y en su tradición industrial, que se refleja aún hoy con la descubierta Emma, la central térmica clásica y la central piloto en España de las de ciclo combinado. La minería del carbón de Puertollano y posteriormente la explotación de las Pizarras bituminosas de Almodóvar del Campo son las que convirtieron al pueblo conocido por las calidades terapéuticas del “agua agria” en una ciudad industrial que por ello acogió a la refinería de petróleo (CAÑIZARES, 2005). Hasta hace poco Puertollano también ha contado con una Cantería que aprovechaba los basaltos del volcán de la Valona en las proximidades de la ciudad. Finalmente y aunque no se han desarrollado se apuntan lo que consideramos como interesantes rasgos en la morfología de la

región, destacando la singularidad del vulcanismo terciario de Campos de Calatrava.

AGRADECIMIENTOS: El autor quiere agradecer la revisión de este trabajo a D. Miguel Ángel de San José, y a Eumenio Ancochea la provisión de datos recientes no publicados de los volcanes terciarios de la zona de Puertollano. Este trabajo se ha podido realizar gracias a datos de la campaña MAGNA y al proyecto CGL2006-12245.

#### BIBLIOGRAFÍA

- ALMELA, A.; ALVARADO, M.; COMA, J. E.; FELGUEROSO, C.; QUINTERO, I. (1962) .- Estudio geológico de la región de Almadén. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*; **73**: 193327. Madrid.
- ALVARADO, A. y MENÉNDEZ, L. (1930). “Pizarras bituminosas. Datos obtenidos en el sondeo nº1 de Puertollano”. *Bol. Geol. Min.*, vol. **LX**.
- ÁLVAREZNAVA OÑATE, H.; GARCÍA CASQUERO, J. L.; GIL TOJA, A.; HERNÁNDEZ URROZ, J.; LORENZO ÁLVAREZ, S.; LÓPEZ DÍAZ, F.; MIRA LÓPEZ, M.; MONTERERÍN LÓPEZ, V.; NOZAL MARTÍN, F.; PARDO ALONSO, M. V.; PICART BOIRA, J.; ROBLES CASAS, R.; SANTAMARÍA CASANOVAS, J.; SOLÉ, F. J. (1988). Unidades litoestratigráficas de los materiales PrecámbricoCámbricos en la mitad suroriental de la zona Centrolbérica. *II Congreso Geológico de España, Comunicaciones*; **1**: 1922, 1 fig. Granada.
- AMOR, J. M.; ORTEGA, E. (1988) .-*Memoria de la Hoja de Tirteafuera*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (Serie M.A.G.N.A.); Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.; **809**: 79, 5 fig. Madrid.
- ANCOCHEA, E. (1983). “*Evolución espacial y temporal del vulcanismo reciente de España Central*”. Tesis doctoral, Univ. Compl. Madrid.
- ANCOCHEA, E. (2004). La región volcánica del Campo de Calatrava. In: *Geología de España*. Vera J. A. (Ed.); SGE - IGME, Madrid: 676-677.
- BOUYX, E. (1966 A). Discordance infraordovicienne et schistosité dans la vallée de l’Alcudia au sud d’Almadén (Espagne méridionale). *Comptes rendus de l’Académie des Sciences*; **CCLXII**: 12011204. Paris.
- BOUYX, E. (1969). *Les formations anté-ordoviciennes de la province de Ciudad Real (Espagne méridionale)*. Thèse. 410 pp. Paris
- BOUYX, E. (1970). *Contribution à l’étude des Formations AntéOrdoviciennes de la Méséta Méridionale (Ciudad Real et Badajoz)*. Memoria del Instituto Geológico y Minero de España; Instituto Geológico y Minero de España; **73**: 263, 50 fig. Madrid.
- CAÑIZARES RUIZ, M. C. (2003) Patrimonio minero-industrial en Castilla-La Mancha: El área de Almadén-Puertollano. *Investigaciones Geográficas*. **31**: 87-106
- CAÑIZARES RUIZ, M. C. (2005) Puertollano: de la «ciudad del carbón» a la «ciudad del petróleo» *Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes*, Alicante.  
<http://www.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/07037229890792851869079/index.htm>
- CARRINGTON DA COSTA, J. (1950) Noticia sobre uma carta geologica do Buçaco, de Nery Delgado. *Publicações Especiais Comissao dos Serviços Geologicos do Portugal*. Lisboa: 1-27.
- CARVALHOSA, A.B. (1965) Contribução para o conhecimento geológico da regio entre Portel
- Memorias R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 2ª ép., 6, 2009

- e Ficalho (Alentejo). *Mem. Serv. Geol. Portugal*, **20**: 283-312.
- CHACÓN, J. (1974) Metamorfismo dinámico en la banda Badajoz-Córdoba. Los gneises milonitas de Higuera de Llerena (Provincia de Badajoz). *Boletín Geológico Minero*, **85(6)**: 700-712. Madrid.
- CRESPO LARA, V.; REY, J. (1971). Contribución al Estudio del Valle de Alcuía. *Boletín Geológico y Minero*; **82 (VI)**: 512-515. Madrid.
- CRESPO LARA, V.; TAMAIN, G. (1971). Mise en évidence de niveaux carbonatés interstratifiés dans l'Alcudien de la Sierra Morena centrale (Espagne). *Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Série D. Sciences Naturelles*; **272**: 688-690, 1 fig. Paris.
- DE LA ROSA, A.; ALVARADO, A.; HERNÁNDEZ PACHECO, F. (1929) .- *Memoria explicativa de la Hoja N° 836 Mestanza*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (1ª Serie); Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía: 87 pp. Madrid.
- DÍEZ BALDA, M. A.; RODRÍGUEZ ALONSO, M. D.; LIÑÁN, E.; GÁMEZ VINTANED, J. A.; LÓPEZ DÍAZ, F.; MORENO, F.; MORENO-EIRIS, E.; PEREJÓN, A.; PIEREN, A.; MARTÍNEZ POYATOS, D.; VEGAS, R. (2004).- La transgresión cámbrica. In: *Geología de España*. Vera J. A. (Ed.); SGE - IGME, Madrid: pág 81.
- EZQUERRA DEL BAYO, J. (1844). *Basaltos*. Semanario Pintoresco Español. Madrid
- FONTBOTÉ, J. M. (1970) .- *Hoja N° 70 "Linares"*. Mapa Geológico de España E. 1:200.000; Síntesis de la Cartografía Existente; Instituto Geológico y Minero de España: 29 pp. Madrid.
- GARCÍA PALACIOS, A.; GUTIÉRREZ-MARCO, J.C. Y HERRANZ ARAÚJO, P. (1996). "Edad y correlación de la "Cuarcita del Criadero" y otras unidades cuarcíticas del límite Ordovícico-Silúrico en la Zona Centroibérica meridional (España y Portugal)". IV Congreso Geológico de España. Alcalá de Henares. *Geogaceta*, **20(1)**: 19-22.
- GARCÍA SANSEGUNDO, J.; LORENZO ÁLVAREZ, S. Y ORTEGA, E. (1987). *Memoria de la Hoja de Almadén*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (Serie M.A.G.N.A.); Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía; **808**. Madrid.
- GARCÍA HIDALGO, J. F. (1993 c) .- Las pistas fósiles de los anticlinales de Alcuía y Abenójar (Zona Centroibérica). Edad de las series. *Geogaceta*; **14**: 575-9, 2 fig. Madrid.
- GIL TOJA, A.; LORENZO ÁLVAREZ, S.; MIRA LÓPEZ, M.; MONTESERÍN LÓPEZ, V. (Inéd.) *Hoja de Brazatortas*. Mapa Geológico 1:50.000. Informe interno de Minas de Almadén.
- GUTIÉRREZ MARCO, J. C.; SAN JOSÉ LANCHAS, M. A.; PIEREN PIDAL, A. P. (1990). PostCambrian Palaeozoic Stratigraphy. In: *PreMesozoic Geology of Iberia*. R.D. Dallmeyer and E. Martínez García (Eds.); Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York: 160-171, 1 fig. Heidelberg.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J.C.; PINEDA, A. (1988). Datos bioestratigráficos sobre los materiales silúricos del subsuelo de El Centenillo (Jaén)". II Congreso Geológico de España. Granada. *Comunicaciones* **1**: 91-94.
- HAMMAN, W. (1983). "Calymenacea (Trilobita) aus dem Ordovizium von Spanien; ihre Biostratigraphie, Ökologie und Systematik". *Abh. senckenberg. naturforsch. Ges.*, **542**: 1-177.
- HENKE, W. (1926). "Beitrag zur Geologie der Sierra Morena nördlich von La Carolina (Jaén)". *Abh. senckenberg. naturforsch. Ges.*, **39(2)**: 183-204. (Traducido al español en *Publicaciones extranjeras sobre geología de España*).
- HERNÁNDEZ PACHECO (1932). Estudio de la región volcánica central de España. *Mem. Acad. Cine. Exac. Fis. Nat.*, **3**: 1-235.
- HEVIA GÓMEZ, P. (2003). El patrimonio minero del Valle de Alcuía y Sierra Madrona. *Mancomunidad de municipios del Valle de Alcuía y Sierra Madrona*. 149 pp LOZANO

ARTES GRÁFICAS, S.L. CIUDAD REAL.

- KNOLL, A. H.; KAUFMAN, A. J.; SEMIKHATOV, M. A.; GROTZINGER, J. P.; ADAMS, W (1995). Sizing up the sub Tommotian unconformity in Siberia. *Geology*; **2**: 1139-1143.
- LILLO, J.; PIEREN PIDAL, A. P.; OLIVÉ DAVÓ, A.; HERNÁNDEZ SAMANIEGO, A.; GABALDÓN, V. (1997) .- *Memoria de la Hoja de Santa Elena*. Mapa Geológico de España 1: 50.000 (Serie M.A.G.N.A.). *In litt*; Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.; **862**. Madrid.
- LÓPEZ SOPENA, F.; LILLO RAMOS, J.; HERNÁNDEZ SAMANIEGO, A.; NAVARRO JULI, J. J.; PORTERO GARCÍA, G. (1997). *Hoja de Linares*. Mapa Geológico de España 1: 200.000; Dptº Publicaciones, Ministerio Industria y Energía; **70**: 1 plano. Madrid.
- MAESTRE, A. (1836). “Nota sobre las formaciones basálticas de La Mancha. *Neues Jahrbuch*.
- MOLINA BALLESTEROS, E. (1975). “Estudio del Terciario Superior y del Cuaternario del Campo de Calatrava (Ciudad Real)”. Tesis doctoral. Univ. Complutense de Madrid. Publicada en *Trabajos sobre Neógeno-Cuaternario*, **3**.
- MITROFANOV, F.P.; TIMOFEEV, M. (1977) .- Premier étude des microfaunes du Précambrien de la Péninsule Ibérique. *Inst. Geol. y Geocron. del Prec.*; 2 (Inédito). Leningrado
- PALACIOS MEDRANO, T. (1989) .- Microfósiles de Pared Orgánica del Proterozoico Superior (Región Central de la Península Ibérica). *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*; **3**: 91 pp, 18 fig., 16 láminas. Madrid.
- PALACIOS , T. (1993). Acritarchs from the volcanosedimentary group Playo beds. Lower-Upper Cambrian, Sierra Morena, Southern Spain. *Terra Nova*. Abstract Supplement **6**: 3.
- PALACIOS MEDRANO, T.; VIDAL, G.; MOCZYD’LOWSKA, M.; LIÑÁN, E. (1996) .- El registro paleontológico del Neoproterozoico y Cámbrico Inferior de Iberia y sus implicaciones biocronológicas y paleobiogeográficas. *XII Jornadas de Paleontología*. T. Palacios y R. Gozalo (eds.): 9192. Badajoz.
- PALERO, F.J. (1986). “EL CAMPO FILONIANO DE EL HOYO DE MESTANZA. (CIUDAD REAL). SOBRE EL ORIGEN DE LAS MINERALIZACIONES B.P.G.C. ASOCIADAS A ZONAS DE CIZALLA”. *STUD. GEOL. SALTMANT.*, T.**XXIII**, PP. 265-297.
- PALERO, F. J. (1991). Evolución geotectónica y yacimientos minerales de la región del Valle de Alcudia (sector meridional de la Zona Centroibérica). *Tesis Doctoral. Universidad de Salamanca*: 827. Madrid.
- PALERO, F. J. (1993). Tectónica prehercínica de las series infraordovícicas del anticlinal de Alcudia y la discordancia intraprecámbrica en su parte oriental (Sector meridional de la Zona Centroibérica). *Boletín Geológico y Minero*; **104 (3)**: 227242, 10 fig., 10 planos. Madrid.
- PALERO, F. J.; PIEREN PIDAL, A. P.; PORTERO, G.; FRAILE ENGUITA, M. J. (1997). *Hoja de Brazatortas*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (Serie M.A.G.N.A.) *In Litt*; Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.; **835**. Madrid.
- PALERO, F. J.; PIEREN PIDAL, A. P.; RAMÍREZ MERINO, J. I.; OLIVÉ DAVÓ, A.; HERNÁNDEZ SAMANIEGO, A. (1997). *Memoria de la Hoja de Mestanza*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (Serie M.A.G.N.A.) *In Litt*; Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.; **836**. Madrid.
- PALERO, F. J.; PIEREN PIDAL, A. P.; RAMÍREZ MERINO, J. I.; OLIVÉ DAVÓ, A.; OTERO GONZÁLEZ, M. A. (1997). *Hoja de Mestanza*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (Serie M.A.G.N.A.) *In Litt*; Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.; **836**. Madrid.
- PELÁEZ PRUNEDA, J. R.; VILAS MINONDO, L.; HERRANZ ARAÚJO, P.; PEREJÓN, A. Y GARCÍA HIDALGO,

- J. F. (1986). Nouvelles données sur la discordance intraprecambrienne dans la Vallée de l'Alcudia (Massif Ibérique Méridional, España). *Réunion des Sciences de La Terre*. ClermontFerrand; **11**: 145.
- PIEREN PIDAL, A. P. (2000).- *Las sucesiones anteordovícicas de la región oriental de la provincia de Badajoz y área contigua de la de Ciudad Real*. Tesis Doctoral Universidad Complutense. 2 vol: 378 y 189 pp. E-Prints Complutense: <http://eprints.ucm.es/5512/>
- PIEREN PIDAL, A. P.; GARCÍA HIDALGO, J. F. (1999 A). El Alcudiense Superior del anticlinal de Alcudia revisitado (Ciudad Real, España Central). *XV Reunión de Geología del Oeste Peninsular*. **XV**: 208214. Badajoz
- PIEREN PIDAL, A. P.; GARCÍA HIDALGO, J. F. (1999 B). The Upper Alcudian from the Alcudia Anticline revisited (Ciudad Real, central Spain). *Journal of Conference Abstracts*; **4(3)**: 10181019. Cambridge.
- PIEREN PIDAL, A. P.; HERRANZ ARAÚJO, P. (1988). Presencia y Caracterización del "Alcudiense Superior" (Vendiense) en el entronque de La Serena y el Valle de Alcudia (Este de la Provincia de Badajoz). *Temas Geológico Mineros*; **9**: 91100, 2 fig. Madrid
- PIEREN PIDAL, A. P.; HERRANZ ARAÚJO, P.; GARCÍA GIL, S. (1991). Evolución de los depósitos continentales del Proterozoico Superior en "La Serena", Badajoz (Zona Centro Ibérica). *Cuadernos do Laboratorio Xeológico de Laxe*. Evol. Tectonosedim. del Macizo; **161**: 2428. A Coruña.
- PIEREN PIDAL, A. P.; PALERO, F. J.; OLIVÉ DAVÓ, A.; RAMÍREZ MERINO, J. I. (1997). *Hoja de Solana del Pino*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (Serie M.A.G.N.A.) *In litt*; Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.; **861**. Madrid.
- PIEREN PIDAL, A. P.; PALERO, F. J.; RAMÍREZ MERINO, J. I.; OLIVÉ DAVÓ, A.; GABALDÓN, V. (1997). *Memoria de la Hoja de Solana del Pino*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (Serie M.A.G.N.A.) *In litt*; Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.; **861**. Madrid.
- PIEREN PIDAL, A. P.; PALERO, F. J.; RAMÍREZ MERINO, J. I.; PORTERO, G.; HERNÁNDEZ SAMANIEGO, A. (1997). *Memoria de la Hoja de Brazatortas*. Mapa Geológico de España 1:50.000 (Serie M.A.G.N.A.) *In litt*; Departamento de Publicaciones. Ministerio de Industria y Energía.; **835**. Madrid.
- PIEREN PIDAL, A. P.; PINEDA VELASCO, A.; HERRANZ ARAÚJO, P. (1987). Discordancia intraAlcudiense en el anticlinal de Agudo (Ciudad Real Badajoz). *Geogaceta*; **2**: 2629, 3 fig., 3 planos. Madrid.
- PORTERO GARCÍA, J. M.; DABRIO GONZÁLEZ, C. J. (1988). Evolución tectosedimentaria del Ordovícico y Silúrico de los Montes de Toledo Meridionales y Campo de Calatrava. *II Congreso Geológico de España, Comunicaciones*; **1**: 161164, 2 fig. Granada.
- PUIGDEFABREGAS, C. (1981). *Estudio paleogeográfico del precámbrico de la región de Almadén*. Informe Técnico; Compañía General de Sondeos. Informe para Minas de Almadén y Arrayanes: 73, 49 fig. Madrid.
- RÁBANO, I. (1989). "Trilobites del Ordovícico Medio del sector meridional de la Zona Centroibérica española". *Publ. esp. del Bol. Geol. y Min.* ITGE.
- REDLIN, K. (1955). *Stratigraphie und Tektonik in der mittlern Sierra Morena im Berich des Valle de Alcudia (Spanien)*. Dissertation mathematisch naturwissenschaft Fak. Univ. Münster; 192 pp. Münster.
- RICHTER, P. (1967) .- *Stratigraphie und Tektonik in der Sierra de San Andrés (östliche Sierra Morena, Spanien)*. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*; **3**: 1144. Münster.

- RODRÍGUEZ ALONSO, M. D.; Díez BALDA, M. A.; PEREJÓN, A.; PIEREN, A.; LIÑÁN, E.; LÓPEZ DÍAZ, F.; MORENO, F.; GÁMEZ VINTANED, J. A.; GONZÁLEZ LODEIRO, F.; MARTÍNEZ POYATOS, D. J.; VEGAS, R. (2004).- La secuencia litoestratigráfica del Neoproterozoico-Cámbrico Inferior. In: *Geología de España*. Vera J. A. (Ed.); SGE - IGME, Madrid: 78-81, 2 fig.
- SAN JOSÉ LANCHA, M. A. (1983). El complejo sedimentario pelítico-grauváquico. *Libro Jubilar J. M. Ríos*. Geología de España. J.A. Comba; Instituto Geológico y Minero de España; Tomo I: 91100, 2 fig. Madrid.
- SAN JOSÉ LANCHA, M. A. (1984). Los materiales anteordovícicos del anticlinal de Navalpino. *Cuadernos de Geología Ibérica*; **9**: 81117, 3 fig. Madrid.
- SAN JOSÉ LANCHA, M. A.; PIEREN PIDAL, A. P.; GARCÍA HIDALGO, J. F.; VILAS MINONDO, L.; HERRANZ ARAÚJO, P.; PELÁEZ PRUNEDA, J. R.; PEREJÓN, A. (1990). Ante-Ordovician Stratigraphy. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. R.D. Dallmeyer and E. Martínez García (Eds.); Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York: 147159, 3 fig. Heidelberg.
- SAN JOSÉ LANCHA, M. A.; RÁBANO, I.; HERRANZ ARAÚJO, P.; GUTIÉRREZ MARCO, J. C. (1992). El Paleozoico Inferior del SO de la Meseta (Zona Centroibérica meridional). In: *Paleozoico inferior de Iberoamérica*. J.C. Gutiérrez Marco, J. Saavedra & I. Rábano (Eds.): 505521, 7 fig. Madrid.
- TAMAIN, G. (1967). "El Centenillo zone de référence pour l'étude de l'Ordovicien de la Sierra Morena Orientale (Espagne)". *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 265, pp. 389392.
- TAMAIN, G. (1972 C). - *Annexe II: La classification des formations Est-Marianique*. Questions de Terminologie. (Annexe à Recherches géologiques et minières en Sierra Morena orientale [Espagne]). *Travaux du Laboratoire de Géologie Structurale et Appliquée*. *91 Orsay*; **A II**: III119, 2 fig. Paris.
- TEIXEIRA, C. (1954). - Os conglomerados do Complexo xisto-grauváquico ante-Silúrico. Sua importância geológica e paleogeográfica. *Com. Serv. Geol. Portugal*; 50 pp. Lisboa.
- TEIXEIRA, C. (1955). - *Notas sobre geología de Portugal*. O Complexo Xisto Grauváquico Ante-Ordoviciano. Ed. Autor; Imprensa Lit. Fluminense; 50 pp. Lisboa.
- TEIXEIRA, C. (1979). *O Antracólítico continental português (Estratigrafia Tectónica)*. O Antracólítico continental português (Estratigrafia Tectónica); Imprensa Moderna, Limitada; **27**: 201276. Porto.
- VEGAS, R. (1971). Precisiones sobre el Cámbrico del Centro y S. de España. El problema de la existencia de Cámbrico en el valle de Alcudia y en las sierras de Cáceres y N. de Badajoz. *Estudios Geológicos*; **27**: 419425, 2 fig. Madrid.
- VIDAL, G.; PALACIOS MEDRANO, T.; GÁMEZ VINTANED, J. A.; DIEZ BALDA, M. A.; GRANT, S. W. (1994). - Neoproterozoic Cambrian geology and palaeontology of Iberia. *Geological Magazine*; **131 (6)**: 729765, 21 fig. Cambridge.
- VILAS MINONDO, L.; GARCÍA HIDALGO, J. F.; SAN JOSÉ LANCHA, M. A.; PIEREN PIDAL, A. P.; PELÁEZ PRUNEDA, J. R.; PEREJÓN, A.; HERRANZ ARAÚJO, P. (1987). Episodios sedimentarios en el Alcuense Superior (Proterozoico) y su tránsito al Cámbrico en la zona centro meridional del Macizo Ibérico. *Geogaceta*; **2**: 4345, 1 fig. Madrid.
- VILAS MINONDO, L.; SAN JOSÉ LANCHA, M. A. (1990). Stratigraphy, Introduction. In: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*. R.D. Dallmeyer and E. Martínez García (Eds.); Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York: 145146. Heidelberg.
- WAGNER, R.H. (1983). "The palaeogeographical and age relationships of the Portuguese Carboniferous floras with those of other parts of the Western Iberian Peninsula". In Sousa M.H.L. and Oliveira J.T. (Eds.). "*The Carboniferous of Portugal*". *Mem. Serviços Geol. Portugal*, vol. **29**.

- WAGNER, R.H.; DELCAMBRE-BROUSMICHE, C.; COQUEL, R. (2003). Una Pompeya Paleobotánica: historia de una marisma carbonífera sepultada por cenizas volcánicas. In Nuche, R (Ed.). *Patrimonio Geológico de Castilla-La Mancha*. Madrid.
- WAGNER, R.H. Y UTTING, J. (1967). Sur le terrain houillier de Puertollano (Province de Ciudad Real, Espagne). *Compte Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **264**: 5-8.
- WALLIS, R.J. (1983). Early evolution and sedimentation in the Puertollano basin (Ciudad Real, central Spain) *Annales da Faculdade de Ciências, Universidade do Porto*, **64**: 269-282.
- WALTER, R. (1977).- Zwei geologische Traversen durch die südliche Iberische Meseta, Spanien. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*; **42**: 55 pp. Münster.



**REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL**

Facultades de Biología y Geología.

Universidad Complutense de Madrid.

28040 Madrid

[rsehno@bio.ucm.es](mailto:rsehno@bio.ucm.es)

[www.historianatural.org](http://www.historianatural.org)

