



MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

LOGROÑAN

Segunda serie - Primera edición

650	651	652	653	654	655	656
11-26	GERBALILLA	JARRICELLO	VALDEVENDOLA	EL PUENTE DEL ANTURIO	LIT.	GALVEZ
678	679	680	681	682	683	684
MASAS DE TRUJILLO	ALDEA DE TRUJILLO	ALDEACENTENERA	CASANAH DE BON	SEVILLA DE LA TALA	ESQUINAS DEL REY	NAVAHERMOSA
11-27	12-27	13-27	14-27	15-27	16-27	17-27
704	705	706		707	709	710
CACERES	TRUJILLO	MAIORNEA		MINAS DE SANTA BONITA	ANCHURAS	RETUERIA DEL BULLA
11-28	12-28	13-28		15-28	16-28	17-28
729	730	731	732	733	734	735
ALQUESCAR	MONTANAREZ	ZORITA	VALDECABALLEROS	CASILBLANCO	VILLARTA DEL LICE MONTE	VENTANAREJO
11-29	12-29	13-29	14-29	15-29	16-29	17-29
752	753	754	755	756	757	758
MIRANDILLA	MALIJADA	MADRIGALEJO	NAVALVILLAR DE PILLA	MERREDA, DEL DUEQUE	PUEBLA DE DON AUSTRIA	CASAS DEL RIO
11-30	12-30	13-30	14-30	15-30	16-30	17-30



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

LOGROÑAN

Segunda serie - Primera edición

SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por IBERGESA durante el año 1981, bajo normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido en las mismas los siguientes técnicos superiores:

En *Cartografía y Memoria*: Gregorio Gil Serrano (IBERGESA).

En *Petrología e Informe Petrológico*: Antonio Pérez-Rojas (IBERGESA).

Se ha contado con el asesoramiento y colaboración de:

Asesoramiento Regional y Estratigráfico: Profesor Lorenzo Vilas, Doctor José Ramón Peláez y Licenciado Miguel Angel San José. Todos pertenecientes al Departamento de Estratigrafía de la Universidad Complutense de Madrid.

Asesoramiento Paleontológico: Profesor Eladio Liñán (Cámbrico-Precámbrico) y Licenciado Enrique Villas (Paleozoico), ambos del Departamento de Paleontología de la Universidad de Zaragoza, y Licenciado Teodoro Palacios (Acrítarcos).

Asesoramiento Tectónico: Doctor Félix Pérez Lorente, del Colegio Universitario de Logroño.

Dirección y Supervisión del IGME: Doctor José María Barón Ruiz de Valdivia y Doctora Casilda Ruiz García (Petrología).

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- Muestras y sus correspondientes preparaciones
- Informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- Columnas estratigráficas de detalle con estudios sedimentológicos.
- Fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Doctor Fleming, 7 - 28036-Madrid

Depósito Legal: M - 2.280 - 1985

Imprenta IDEAL, S. A. - Chile, 27 - Teléf. 259 57 55 - 28016-MADRID

INTRODUCCION

La Hoja de Logrosán se encuentra situada al sur-este de la provincia de Cáceres, en el límite de la misma con Ciudad Real y Badajoz.

Está limitada por los paralelos 39°30'10,6" y 39°20'04,8" de latitud Norte, y por los meridianos 5°31'10,6" y 5°11'10,7" de longitud Oeste.

Dentro de la Hoja están los términos municipales, o parte de ellos, de Guadalupe, Logrosán, Cañamero, Alía, Berzocana, Solana, Navezuelas y Cañas del Castillo, por orden de importancia.

Es un área de baja densidad de población y de economía deprimida, siendo las únicas actividades económicas importantes la ganadería y la agricultura de secano.

Geológicamente se sitúa en el Macizo Ibérico, dentro de la denominada zona Luso?Oriental Alcudiana, según la distribución establecida por LOTZE para el Paleozoico de la Península Ibérica.

La estructura general de la zona se adapta a las estructuras Hercínicas con una dirección NO-SE muy clara. Consta de tres conjuntos principales: en el centro y cruzando en diagonal la Hoja, el Sinclinal de las Villuercas, con resaltes cuarcíticos sensiblemente alineados, siendo la máxima altura el Pico Villuercas (1.610 m) que da nombre a estas sierras. Todo el Sinclinal está constituido fundamentalmente por materiales ordovícicos y silúricos.

A ambos lados de las Villuercas se encuentran materiales ante-ordovícicos. Así, en la parte oriental se sitúa el anticlinorio Precámbrico de Guadalupe-Ibor y en la occidental parte del gran anticlinorio Precámbrico Centro-Extremoño. Por último, materiales terciarios y cuaternarios, fosilizando las series anteriores, completan la litoestratigrafía de la Hoja, los cuales alcanzan su máxima extensión en el cuadrante SE.

La orografía presenta elevaciones importantes dentro de un Precámbrico que, contrariamente al resto de la región, en esta zona mantiene cotas

elevadas, con ríos muy encajados, todo ello debido seguramente al juego reciente de fracturas.

La divisoria de las cuencas del Tajo y del Guadiana pasa por las alturas máximas del Precámbrico y el Paleozoico, siendo los principales ríos el Ibor y el Almonte, afluentes del Tajo, y el Ruecas, Silvadillo y Guadalupejo del Guadiana.

Morfológicamente las «rañas» presentan sus características mesas con digitaciones debidas a la erosión actual.

Los primeros estudios sobre la zona y su entorno se deben a EGOZQUE y MALLADA (1876). Estos se centran en la estratigrafía y paleontología del sinclinal de Guadarranque (situado inmediatamente al este de la Hoja, llegando a ocupar parcialmente su esquina NE). Posteriormente, HERNANDEZ PACHECO (1912), GOMEZ DE LLARENA (1912 y 1916) y RAMIREZ y RAMIREZ (1952, 1955) aportan valiosos datos sobre la litología, estratigrafía y el límite Cámbrico-Ordovícico, tanto en las Villuercas como en el Sinclinal del Guadarranque.

Un trabajo muy interesante desde el punto de vista litológico y geomorfológico y ceñido a las Villuercas lo realizó SOS BAYNAT en 1955.

Posteriormente, se realizan en la zona las investigaciones de LOTZE (1952 a 1961) y de sus alumnos, MACHEUS (1954), MERTEN (1955), WEGGEN (1955) y RANSVEILEN (1967) que estudian y definen los rasgos generales estratigráficos y tectónicos del Paleozoico Inferior y Precámbrico terminal, especialmente en los sectores oriental y meridional de los Montes de Toledo.

DE SAN JOSE (1970) establece la cartografía y síntesis geológica de la región comprendida entre las Villuercas, los Montes de Toledo y la Serena Extremeña.

GUTIERREZ ELORZA et al. (1970, 1971) realizan síntesis estratigráficas y algunas observaciones sobre la tectónica de las series precámbricas y paleozoicas del este de la provincia de Cáceres.

MORENO et al. (1974 a 1977) tanto en su tesis doctoral como en trabajos anteriores y posteriores, estudia las series de tránsito Precámbrico-Cámbrico y del Ordovícico Inferior en el anticlinal de Valdelacasa. En 1976, GIL CID et al. levantan un perfil lito y bioestratigráfico del Ordovícico y Silúrico del Sinclinal del Guadarranque en base a faunas de trilobites y graptolites.

HERRANZ, DE SAN JOSE y VILAS (1977) describen las unidades diferenciables del Precámbrico en los Montes de Toledo.

BRASIER, PEREJON y DE SAN JOSE (1979) describen brevemente los microfósiles e icnofósiles que aparecen en una sucesión de cerca de 2.500 m. por debajo de las calizas con arqueociatos y trilobites del Cámbrico Inferior-alto en el Anticlinal de Valdelacasa.

Por último, referente al Paleozoico, ROBARDET et al. (1980) estudian los

fósiles y las litofacies del techo del Ordovícico en los sinclinales de Herrera del Duque y del Guadarranque.

GEHRENKEMPER (1978) realizó para su tesis un estudio geomorfológico de las Rañas de los Montes de Toledo, y las del sur de las Villuercas.

1 ESTRATIGRAFIA

Los materiales cartografiados en la Hoja abarcan edades comprendidas en el Precámbrico, Ordovícico, Silúrico y demás formaciones post-orogénicas, miocenas, pliocuaternarias y cuaternarias.

La datación de las diferentes unidades cartografiadas ha sido realizada por métodos paleontológicos y correlaciones estratigráficas. La continuidad lateral y constancia regional de litofacies, ha facilitado la resolución de los problemas cronoestratigráficos del ámbito de la zona.

La descripción de las distintas unidades cartografiadas se hará por orden cronológico y es la siguiente:

1.1 PRECAMBRICO

Los materiales Precámbricos aparecen en dos zonas, que se sitúan a ambos lados del sinclinal Paleozoico de las Villuercas. En la parte oeste forman parte del flanco oriental del gran anticlinorio centroextremeño y en el este los dos flancos y el núcleo del anticlinorio de Guadalupe. Está constituido, de muro a techo, por los siguientes materiales:

1.1.1 PIZARRAS Y GRAUVACAS (2)

Los materiales que constituyen esta formación, corresponden a núcleos de grandes estructuras anticlinoriales arrasadas, que dan lugar, en la parte occidental, a la llanura peneplanizada centroextremeña en donde destacan los diversos relieves graníticos, y en la zona centro oriental de la Hoja. Constituyen también el núcleo de la estructura anticlinorial de Guadalupe, de unos 15 Km. de anchura aproximadamente. Este presenta unos relieves fuertes hacia el N, debido seguramente a fallas recientes, posiblemente de cierta importancia.

Esta serie fue definida en Portugal, con el nombre de «Complexo xistoso-grauváquico» por CARRINGTON DA COSTA (1950) y TEIXEIRA (1955), y también con el nombre de «Beira Schist» por SCHERMERHORN (1955).

Es equivalente, en zonas más próximas del macizo ibérico, a otros conjuntos litológicos como son las «pizarras de Alcudia» de BOUYX (1962), o

las capas de Valdelacasa, descritas entre otros por LOTZE (1965), GUTIERREZ ELORZA et al. (1971) y PARGA y VEGAS (1972).

Litológicamente la serie está constituida fundamentalmente por alternancias de niveles pizarrosos de grano fino, de tonos más o menos verdosos, con otros constituidos esencialmente por grauvacas. Al O de las Villuercas suelen alternar en secuencias de 10 a 50 cm., pero en el anticlinorio de Guadalupe, se observa en los últimos 200 m. finales de la serie, y en ambos flancos, un predominio casi exclusivo de las pizarras, mientras que en el núcleo son más abundantes las grauvacas. Dentro de éstas es frecuente la presencia de muchos niveles con participación vulcanogénica, en los que son frecuentes cuarzos y plagioclasas de origen ígneo.

En algunos puntos se observan estructuras sedimentarias de carga «Load Cast», estratificación cruzada, laminaciones y granoselección. HERRANZ et al. (1977) atribuyen a esta formación un origen turbidítico.

Su potencia es muy difícil de calcular, por no encontrarse el muro debido al intenso plegamiento que sufrió en la fase principal hercínica. En el Valle de Alcudia, para esta serie, HERRANZ et al. (1977) calculan de 600 m. a 700 m. de potencia máxima.

De los estudios realizados en esta Hoja, a pesar de la intensa deformación, deducimos que su potencia es del orden de 2.000 a 3.000 m. como mínimo.

La serie está afectada por un metamorfismo de grado bajo a muy bajo, empleando la terminología de WINKLER (1978).

Las grauvacas, o más correctamente metamicrograuvacas, tienen siempre textura blastosamítica, definida por la presencia de diminutos clastos de cuarzo, plagioclase y diversos fragmentos de roca, que están rodeados por una mesostasis microcristalina, cuarzo-micácea y con frecuencia granolepidoblástica. Este último carácter queda tanto más marcado cuanto menor es la proporción de cuarzo. Mineralógicamente están constituidas por abundante cuarzo, micas blancas y cantidades variables de plagioclase ácida, clorita o biotita, feldespato potásico, materia carbonosa y óxidos de hierro. Los minerales accesorios de común aparición son turmalina, zircón y apatito.

El cuarzo se encuentra en forma de pequeños clastos de 100 a 300 micras de tamaño medio, de formas variadas, equidimensionales o algo elipsoidales y con contornos predominantemente subangulosos. Con relativa frecuencia presenta formas muy angulosas, que recuerdan a esquirlas volcánicas piroclásticas, o es redondeado y tiene gollos de corrosión, por lo que puede considerarse, al menos en parte, como vulcanogénico.

La plagioclase aparece como clastos redondeados o aplanados, de tamaños similares o algo inferiores a los del cuarzo y con macetas según la ley de la Albite. Por otro lado se ha observado que el tamaño de grano de la plagioclase aumenta a medida que lo hace su porcentaje en la roca, llegán-

dose al máximo en las facies en las que se encuentran clastos de feldespato potásico, mineral éste que sólo aparece en contadas ocasiones.

Existen también a veces láminas curvadas y desflecadas de moscovita y biotita detríticas o fragmentos de roca de reducido tamaño constituidos por estos dos minerales carentes de orientación.

De aparición muy común son los fragmentos de lidita carbonosa microcristalina, casi siempre de forma redondeada o aplanada y tamaño similar al que presentan en la roca los dos principales minerales detríticos: el cuarzo y la plagioclasa.

La mesostasis suele ser dominante sobre los clastos y fragmentos de roca y está constituida por cuarzo granoblástico microcristalino que aparece entremezclado con diminutas sericitas y que forma bandas irregulares que alternan con finos lechos orientados de sericita y clorita, en los que se pueden encontrar moscovita y biotita de neoformación.

En cuanto a los accesorios menores, presentan origen detrítico, puesto de manifiesto por su forma fragmentaria o redondeada.

Las metapelitas no difieren de las grauvacas en la composición mineralógica cualitativa. En ellas están ausentes los fragmentos de roca, mientras siguen existiendo clastos de plagioclasa y cuarzo, ya que existe un sinnúmero de facies intermedias en cuanto a composición cuantitativa se refiere. El tipo de roca más común está formado por abundante sericita y cloritas, asociadas en lechos o alternando con bandas cuarcíticas criptocristalinas. Casi siempre el grafito o los óxidos de hierro definen un bandeado más o menos rítmico en la roca.

En cuanto a la edad de esta serie, se ha realizado una toma de muestras para su datación, en dos ocasiones ha dado Rifeense Superior-Vendiense; como da Vendiense indeterminado y la serie que está a techo es Vendiense Superior, datada por macro y micropaleontología, se admite que la edad será Rifeense Superior-Vendiense Inferior, no descartando que pueda llegar a parte del Vendiense Superior.

1.1.2 PIZARRAS Y GRAUVACAS CON METAMORFISMO DE CONTACTO (3)

Existe una pequeña aureola de contacto alrededor de una apófisis granítica que queda fuera de la Hoja. Las rocas estudiadas poseen asociaciones de la zona de clorita y zona de biotita.

1.1.3 PIZARRAS, PIZARRAS ARENOSAS, GRAUVACAS, CALIZAS, CALCOESQUISTOS Y CONGLOMERADOS (4)

Esta serie aparece sólo a ambos flancos del anticlinorio de Guadalupe, no del todo completa en el flanco sur, al taparla en parte el Paleozoico. Al oeste de las Villuercas no se encuentra.

Sobre las pizarras y grauvacas de la serie anteriormente descrita, y rompiendo su monotonía, existe esta otra serie, aparentemente concordante, que presenta una variación litológica muy apreciable y que incluso morfológicamente se distingue al tener materiales más resistentes a la erosión, dando resaltes que facilitan su reconocimiento.

Los mejores puntos de observación están en la pista militar que sale de la carretera de Guadalupe a Castañar de Ibor y en las pistas forestales próximas a la anterior.

Se trata de una serie muy variada que comienza con conglomerados y calizas, sin continuidad lateral ni ordenación. Los conglomerados son polimictos con cantos de cuarcita, cuarzo, lítitas, pizarras, etc., con tamaño de cantos que varían desde 1 a 30 cm., siendo a veces escasa la proporción de éstos («pebbly mudstones»). La serie es muy abundante en pizarras, grauvacas, arenas gruesas a microconglomeráticas y una facies muy característica compuesta por un fino bandeadío de materiales areniscosos de varios mm. y pelíticos más delgados, que a veces tienen nódulos arcillosos por alteración, y algunos de ellos, menos alterados, contienen carbonatos. Hacia el techo de la formación, aparece una facies bandeadía, con más contenido pelítico, de tonos rosáceos muy característicos.

Las calizas están muy recristalizadas y, a veces, algo dolomitizadas, siendo posible encontrar estructuras producidas por algas al NE de la Hoja. Por observaciones realizadas fuera de la zona de trabajo se ha reconocido que a veces las calizas pasan a niveles centimétricos de carbonatos con abundantes limos y arcillas.

En esta serie es frecuente encontrar, en los tramos pelíticos, restos de filamentos vegetales (del género *Vendotaenida*) y otros restos que dan edad Vendieñense Superior. La potencia estimada para esta serie es de 700 m.

Los tipos petrográficos más comunes corresponden a metareniscas, metagrauvacas, pizarras y calcoesquistos. Los tres primeros se describen conjuntamente, ya que las diferencias entre ellos estriban en la abundancia de clastos y de fragmentos de roca y en la riqueza en minerales micáceos. Mineralógicamente están formados por cuarzos, sericitita, clorita, óxidos de hierro, materia carbonosa, plagioclasa, zircón, turmalina y apatito.

Las metagrauvacas presentan clastos muy angulosos de cuarzo de 0,1 a 0,3 mm. de tamaño medio y numerosos fragmentos de lítitas subangulosas o subredondeadas. Otros fragmentos de roca presentes corresponden a filitas sericiticas lepidoblásticas muy puras y a cuarcitas microcristalinas. La mesostasis es generalmente dominante o bien se encuentra en la misma proporción que los clastos. Está formada por cuarzo y sericitita entremezclados o en bandas en las que predominan alternantemente, y en las que se observa un grado de recristalización y orientación mineral muy bajo. La impregnación ferruginosa, casi siempre irregularmente repartida por la roca, suele ser muy intensa. Cuando aparecen plagioclásas, en todas las facies

de la serie, nunca aparecen macladas. Las facies pizarrosas son casi siempre bandeadas y están constituidas por delgados lechos micáceos que alternan con otros ricos en pequeños granos de cuarzo, generalmente alargados.

Los calcoesquistos están formados por calcita microcristalina redondeada y diminutos lechos de sericita mal orientada. Las rocas están generalmente salpicadas de minerales opacos y cuando se encuentra cuarzo, suele ser automorfo.

Las facies clásticas y pelíticas se diferencian de las descritas para el Precámbrico infrayacente en que tienen un grado de recristalización más bajo, menor proporción de plagioclásas, que además no están macladas, un carácter más anguloso del cuarzo y en una más intensa impregnación ferruginosa.

1.1.4 CALIZAS ESTROMATOLITICAS (5)

Son las descritas anteriormente y que se han podido separar en la cartografía. Las del flanco SO se observan bien en unas canteras que existen junto a unos hornos antiguos de cal, en general tapados por derrubios.

Dichas calizas del SO están dolomitizadas y recristalizadas y tienen un color azulado. En el afloramiento de Mirabel tienen más de 25 m. de potencia. En el flanco NE sólo afloran en el arroyo de la Caleruela, siendo estas la continuación de las que afloran más al N, fuera de la Hoja, en la localidad La Calera. Es aquí donde mejor se manifiesta sus estructuras de algas, llegando a formar estromatolitos. Al microscopio se presentan como calizas o dolomías cristalinas, muy puras, de grano fino y con estructuras grano-blásticas.

1.1.5 CONGLOMERADOS (6)

Son los descritos anteriormente y que se han podido separar en cartografía. Los del flanco SO tienen exageradas sus potencias, pues ésta no es mayor de 20 m., existiendo más afloramientos que no son cartografiados. El afloramiento del flanco NE es el más potente. Hay que resaltar la variedad de clastos y del tamaño de éstos, que abarca desde algunos mm. hasta 30 cm.

Petrográficamente son una variante de las metagrauvacas y metareniscas anteriores, en las que aparece una fracción sefítica más o menos abundante. Esta está formada por cantos subredondeados de cuarzo, de cuarcita subangulosa, de lidita (carbonosa o no) y de filitas serícíticas. Por lo demás, la mesostasis, que es muy dominante sobre los cantos, presenta idénticos caracteres a los que se han descrito para las rocas clásticas anteriores.

1.2 PALEOZOICO (ORDOVICICO-SILURICO)

El Paleozoico está representado aquí por el Ordovícico completo y la base del Silúrico. Forma el gran sinclinal de las Villuercas, que atraviesa la Hoja de NO a SE, y que queda interrumpido por los materiales posthercinos al sur de la Hoja. En la esquina NE aparece un poco de Ordovícico que pertenece al flanco Occidental del Sinclinal del Paleozoico del Guadarranque, y que como se ve en la cartografía tiene una extensión muy pequeña dentro de esta Hoja.

Litológicamente se trata de un conjunto de facies de gran extensión regional. Los materiales detríticos tienen abundantes fósiles característicos y en los cuarcíticos hay pistas bien conservadas, lo que permite buenas dataciones.

Los conjuntos sedimentarios representados en la cartografía, han sido establecidos siguiendo criterios lito y fotogeológicos y son fácilmente correlacionables con los descritos en la bibliografía regional.

El Ordovícico se sitúa discordantemente sobre el Precámbrico mediante una discordancia angular erosiva que corresponde a la denominada Fase Ibérica de LOTZE, aunque dicho autor la sitúa en la base de la cuarcita armoricana, sin incluir las areniscas y conglomerados (facies «Lieu de vin», «Schistes rouges» BOUYX, 1970, «Serie púrpura MORENO, 1976, «Alternancias inferiores» MARTIN ESCORZA, 1977) basales característicos en todo el ámbito de los Montes de Toledo.

Esta formación no se ha reconocido en la zona estudiada, salvo en un pequeño afloramiento que se describe en el apartado siguiente, así como las distintas formaciones paleozoicas cartografiadas.

Su ausencia se justifica, en términos generales, por la formación de amplios coluviones característicos de la cuarcita armoricana suprayacente. A este hecho, se suma, en el flanco oeste de las Villuercas, la existencia de una importante fractura inversa que lamina dicho flanco.

1.2.1 PIZARRAS Y ARENISCAS CON «SKOLYTHOS» (7)

Como se ha indicado antes, a muro de la cuarcita armoricana suele estar siempre el Precámbrico, pero en este caso en la terminación periclinal del anticlinal de Navezuelas-Robledollano, en el nacimiento del Río Ruecas, existe un pequeño afloramiento de pizarras azules y rojizas con areniscas y cuarcitas pardas, con numerosos «skolythos», que por su proporción inferior a la cuarcita armoricana, consideramos de posible edad Tremadoc. Su potencia se desconoce, al no aflorar el muro, pero debe de ser muy escasa.

1.2.2 ORTOCUARCITAS. «FACIES ARMORICANA» (8)

Como se ha explicado anteriormente, sobre el Precámbrico existe una serie cuarcítica muy característica en todo el ámbito del Macizo Ibérico, no sólo por su litología, muy específica, sino además por ser el elemento constructor del relieve, que forma «Sierras» rectilíneas de muchos kilómetros de extensión.

Esta serie, formada por la cuarcita armoricana, es típica en toda la región. Tiene tonos grises, blancos y a veces rojizos, estructura masiva y delgados niveles micáceos intercalados.

La potencia de los bancos varía de medianos (0,5-1,5 m.) a gruesos (2-5 m.), muy homogéneos en la vertical y de gran continuidad lateral, dando un conjunto de gran resalte con gran cantidad de derrubios. Su potencia oscila entre los 100 y 300 m. y pasa de una forma gradual al conjunto alternante que tiene a techo.

Es frecuente encontrar en esta formación diversas especies de *cruziana* que, junto a las dataciones efectuadas a techo, y su correlación regional, permiten datarlas como Arenigiense (skiddaviense).

Son cuarcitas generalmente muy puras que al microscopio se presentan constituidas por granos equidimensionales de cuarzo de 0,3 mm. de tamaño máximo y con los bordes indentados. Con iluminación normal se observa que en el núcleo de estos cristales existe una película de minerales opacos que delimita el borde de un clasto redondeado recristalizado en continuidad óptica con el cemento. Las cuarcitas contienen, a veces, matriz sericítica intersticial, entre los granos de cuarzo y siempre cristales detriticos de minerales opacos: turmalina, zircón y xenotima. Existen también facies en las que entre el cuarzo se intercalan finos lechos sericíticos, débilmente orientados, sobre los que se observan, a veces con profusión, láminas de moscovita o clorita detriticas.

Ocasionalmente pueden llegar a darse concentraciones anómalas de minerales pesados.

1.2.3 PIZARRAS CON «CALYMENE» (9)

Como se indicó antes, la cuarcita armoricana pasa gradualmente a la formación superior de pizarras, mediante un tramo alternante de areniscas de grano fino muy micáceas, protocuarcitas de colores pardos muy compactas y pizarras sericíticas de tonos claros. Al final de la alternancia aparece ya un conjunto de 300-500 m. de pizarras oscuras con alteraciones a colores verdosos y rojizos, a veces de aspecto arcilloso. Dentro de este tramo masivo de pizarras, puede aparecer localmente algún tramo de arenisca parda.

En la parte basal de esta serie se han clasificado:

- CRINOIDEA* indet.
- Salterocoryphe?* sp.
- Neseuretus (Neseuretus)* sp. indet.
- PALEOTAXODONTA* indet.

que son fósiles del Llanvirniense

En la parte media hay:

- Redonia* sp. indet.
- ILLAENIDAE* indet.

del Llarviniense-Llandeiliense, y en la parte alta se encontraron:

- Heterorthina?* sp.
- Placoparia subgen.* et. sp. indet.
- PHACOPINA* indet.
- ORTHOCECERATIDAE* indet.

que son fósiles del Llandeiliense. Aunque estos fósiles no son determinativos, por la situación del tramo y su fácil correlación regional, se le atribuye una edad Llanvirniense-Llandeiliense.

Su potencia es difícil de medir, pero se estima en unos 200 metros.

Existen en estos tramos facies cuarcíticas verdaderamente parecidas a las del Arenig desde el punto de vista petrográfico. Se trata de unas cuarцитas de grano muy fino, en las que el cuarzo está rodeado por delgadas películas serícitas que pueden llegar a orientarse y en las que se dan concentraciones verdaderamente anómalas de minerales pesados.

Las facies pizarrosas están finamente foliadas y sobre las bandas serícitas, más o menos recristalizadas, se encuentran numerosas moscovitas detríticas, a veces con hábito fusiforme. Las rocas pueden contener finos lechos cuarcíticos microcristalinos o granos de cuarzo clásticos. Ocasionalmente a la moscovita se asocia biotita, también detrítica. En las filitas, constituidas exclusivamente por silicatos laminares recristalizados, se encuentran prismas tardíos de cloritoide, que pueden agruparse también en rosetas.

1.2.4 ARENISCAS Y CUARCITAS PARDAS (10)

Es un conjunto de tramos cuarcíticos que dan el segundo resalte morfológico importante en la zona (después de la cuarcita armoricana) y que sólo se encuentra en el Sinclinal de Santa Lucía, siguiendo rectilíneamente la dirección de la cuarcita armoricana. Son unas areniscas y cuarcitas pardas micáceas, «lajosas» o compactas, a veces con manchas de óxidos de hierro en las fracturas.

Su potencia es variable entre 50 y 100 m.

Es frecuente encontrar laminación paralela y cruzada.

En unas pizarras que hay inmediatamente a techo de las cuarcitas, encontramos:

- Svobodaina armoricana*
Alegiromena aff. aquila
Horderleyella sp.
Rafinesquina sp.
CRABOVIIDAE indet.
Actinopeltis? sp.
Dysplanus (Zatillaenus) ibericuo
TRINUCLEIDAE indet.
RHOMBIFERA indet.
GASTROPODA indet.
BRIOZOA indet.

asociación que data un Caradoc Superior (Marsbrook).

Al microscopio se presentan como rocas cuarcíticas muy micáceas en las que los clastos de cuarzo son redondeados, con tamaño medio que no sobrepasa los 0,3 mm. y que están rodeados por un cemento silíceo escaso, recristalizado en continuidad óptica. Los granos de cuarzo resultantes de esta recristalización tienen forma ligeramente alargada y bordes indentados. Generalmente son abundantes la moscovita y biotita, ambas detriticas, que se disponen en alineaciones muy continuas o delgados lechos sobre los que se concentran turmalina verde o azulada (redondeada), numerosos zircones, pequeños minerales opacos y, ocasionalmente, rutilo.

1.2.5 PIZARRAS GRIS-PARDEUZCAS MASIVAS (11)

Se encuentran a techo de la serie anterior y por debajo de la primera barra cuarcítica del Silúrico.

Esta serie está formada por pizarras gris-parduzcas. Frecuentemente alteradas y con una esquistosidad muy marcada.

Al encontrar en su base la fauna descrita en el apartado anterior, estas pizarras suponen las últimas facies del Ordovícico en esta zona.

Su potencia es difícil de calcular y estaría comprendida entre 150-200 m.

Microscópicamente son rocas finamente foliadas, de grano extremadamente fino, formadas por sericitas orientadas, entre las que se encuentran granos de cuarzo diseminados. En pequeña proporción existen cantos o lechos de cuarzo microcristalino. Generalmente tienen abundante óxido de hierro y materia carbonosa que se distribuye por la roca definiendo un bandeadío más o menos rítmico.

1.2.6 CUARCITAS (12)

Aparecen sólo en la parte norte del sinclinal de Santa Lucía. Se trata de una barra cuarcítica que ocupa el centro de dicho sinclinal, dando un resalte.

Son ortocuarcitas grises o blancas, a veces de aspecto arenoso, y con manchas de óxidos de hierro, en bancos de 0,5 a 1 m.

Su potencia es de 50-80 m. y aunque no se ha encontrado fauna, al estar encima de las pizarras del Caradoc Superior, se supone que son del Silúrico Inferior, pues regionalmente está admitida dicha edad. El límite Ordovícico-Silúrico, en zonas próximas, se sitúa siempre en esta barra cuarcítica.

Petrográficamente se trata de cuarcitas muy impuras, mal orientadas, como consecuencia de la disposición caótica de los silicatos laminares. Contienen más del 90 por 100 de cuarzo que aparece en clastos heterométricos, de hasta 0,4 mm. de tamaño máximo, subangulosos, o en fragmentos de cuarcitas microcristalinas o de lidita. Entre los clastos se encuentra una matriz sericítica muy escasa, poco recristalizada y dispuesta caóticamente. Cuando existe cemento silíceo, ha recristalizado en discontinuidad óptica con los clastos. Los accesorios comunes (minerales opacos, turmalina verde y zircón) tienen casi siempre formas muy redondeadas. La impregnación ferruginosa, de forma irregular, es también frecuente.

1.3 TERCARIO, NEOGENO

1.3.1 MARGAS Y ARCILLAS (13)

Sólo aflora en la parte sur-este de la Hoja, en el escarpe de una terraza cuaternaria de los ríos Silvadillos y Guadalupejo.

En realidad las observaciones de afloramiento son malas, ya que esta parte más baja de los materiales posthercínicos están tapados por los desmantelamientos actuales de los materiales más modernos. Aquí sólo se observan arcillas y margas con unas concreciones calcáreas. En las Hojas del E y S existen afloramientos aislados de calizas dentro de estos materiales y por su posición estratigráfica y analogía se le atribuye la edad del Mioceno de acuerdo con la bibliografía regional.

1.3.2 ARENAS ARCILLOSAS Y NIVELES CONGLOMERATICOS (14)

La datación de esta serie es también problemática, pues la única referencia que se tiene es que está a muro de la «Raña», cuya posición estratigráfica, además, está actualmente en discusión.

Son arcillas arenosas, arcillas de tonos rojizos a ocres con niveles canalizados de gravas y cantos de tamaño variado.

Estos materiales están discordantes sobre el Paleozoico y el Mioceno y al estar recubriendo un paleorrelieve, es difícil precisar su potencia, pudiéndose estimar que oscila entre los 60 y 80 m.

1.4 PLIOCENO

1.4.1 ARCILLAS, CANTOS, BLOQUES (GLACIS DE ACUMULACION, NIVEL SUPERIOR, RAÑA) (15)

Aparentemente en continuidad con la serie anteriormente descrita y discordante sobre las series más antiguas, aparecen los materiales definidos en esta zona como «Rañas».

Es una formación muy típica, de fanglomerados de cantos, métricos, con matriz arcillo-arenosa de tonos rojizos. Los cantos suelen estar frecuentemente rubefactados.

Se relacionan casi siempre con los relieves cuarcíticos más acusados, estando a veces en continuidad con los depósitos de ladera de los mismos.

Su potencia oscila entre los 10 y 30 metros.

1.5 CUATERNARIO

1.5.1 PLEISTOCENO

1.5.1.1 Glacis-terraza. Conglomerados, gravas, arenas y limos (16 y (17)

Estos depósitos aparecen al sur de la Hoja, en las márgenes de los ríos Silvadillos y Guadalupejo.

Se trata de unos materiales fanglomeráticos de escasa potencia, semejantes a las «Rañas», y que regionalmente se denominan «Rañizos».

Algunos autores les han atribuido un origen claramente fluvial (terrazas fluviales), pero en realidad deben corresponder a «glacis de depósito». Podrían estar originados a expensas de los materiales pliocuaternarios al desmantelarse por la acción remontante de los arroyos y ríos de la actual cuenca hidrográfica de la zona.

Se han cartografiado dos niveles muy claros de «glacis con depósito», que están situados respecto a la cota de los ríos, a 30-50 m. la primera terraza y a 20-30 la segunda.

1.5.2 HOLOCENO

1.5.2.1 Limos y arenas (llanura de inundación) (18)

Corresponden a los ríos más importantes: el Silvadillos, el Guadalupejo

y el Ruecas. Son cantos heterométricos y de naturaleza cuarcítica fundamentalmente, aunque están representados todos los tipos existentes a lo largo de los ríos.

1.5.2.2 Gravas, arenas y limos (aluvial, fondo de valle) (19)

Son materiales de la misma naturaleza que los anteriores, un poco más grande el tamaño de los cantos, y corresponden a los cauces actuales de los ríos de la zona.

1.5.2.3 Arenas y limos (conos de deyección) (20)

Son depósitos de origen fluvio-torrencial, formados al originarse una pérdida en la capacidad de transporte de los arroyos al cambiar bruscamente la pendiente del perfil.

1.5.2.4 Canchales, arcillas y cantos (derrubios de ladera) (21)

Son fanglomerados rojizos con fragmentos angulosos de cuarcita, existiendo en muchas ocasiones sólo los fragmentos de cuarcita («canchales»). Están normalmente recubiertos por abundante vegetación y colocados al pie de las sierras cuarcíticas, pues normalmente proceden de ellas.

2 TECTONICA

INTRODUCCION

La Hoja de Logrosán se encuentra localizada en la denominada como «zona Centro Ibérica», de acuerdo con el Mapa Tectónico de España, según el esquema de JULIVERT et al. (1972), esquema basado fundamentalmente, aunque algo modificado, en la primitiva división del Macizo Ibérico, realizada por LOTZE (1945). La «Zona Centro Ibérica», es el resultado de la unión de las zonas «Galaico-Castellana» (Galisch-Kastilische zone), y la «Lusooccidental-Alcudiense» (Ostlusitnisch-Alcudiche zone), propuestas por LOTZE (1945).

Ya en capítulos anteriores se ha dado una referencia histórica de los distintos trabajos realizados en la zona; no obstante, haremos un especial hincapié, en este apartado, de los principales trabajos y estudios realizados en el campo específico de la tectónica y estudios estructurales de la región.

Dos han sido los problemas más importantes a dilucidar en el área: primero, el reconocimiento y datación de las posibles discordancias exis-

tentes, cuya presencia era presumible dada la amplitud cronológica de los materiales presentes (formaciones rifeenses a devónicas), y segundo, la datación, tanto absoluta como relativa, de las distintas formaciones observadas.

Son numerosos los autores que han puesto de relieve la existencia de discordancias prehercínicas en la región, concretamente entre el Ordovícico-Cámbrico Inferior y entre el Cámbrico Inferior-Precámbrico, opinión mantenida por LOTZE (1956) y DE SAN JOSE et al. (1974-1977). Por otra parte, BOUYX (1970) indica la existencia de dos discordancias dentro del ciclo sedimentario precámbrico. En Portugal, a partir del estudio de una serie de pliegues de dirección N-S y NE-SO, OEN ING SOEN (1970) establece la presencia de deformaciones de edad sárdica.

En España, CAPOTE et al. (1971), a partir de una serie de observaciones tales como: la presencia de niveles conglomeráticos en las series de tránsito Precámbrico-Cámbrico, con cantos heredados de series infrayacentes y clara discordancia anteordovícica, les llevan a hablar de movimientos tectónicos antehercénicos.

En lo que respecta a la localización dentro de los distintos ciclos orogénicos de las estructuras y deformaciones presentes en la zona, hay una coincidencia casi total en atribuir casi la totalidad de estas deformaciones al hercínico, sobre todo como fases generadoras de esquistosidad, ya que diversos autores reconocen la existencia de una fase de plegamiento, la sárdica, sin esquistosidad, al menos regionalmente. Por el contrario hay una disparidad de criterios en cuanto al orden de la fase responsable de las distintas deformaciones hercénicas; así, para APARICIO YAGÜE (1971), dentro de las dos fases hercénicas responsables de la tectónica de los Montes de Toledo, la primera generaría un plegamiento de dirección principal E-O y la segunda otro de dirección N-S. No obstante, para MARTIN ESCORZA (1974) en la zona de Urda, aceptando también la existencia de dos fases hercénicas, invierte la edad de la generación de pliegues, es decir: la primera generaría pliegues de dirección N-S y la segunda E-O.

CAPOTE et al. (1971) y GUTIERREZ ELORZA y VEGAS (1971) reconocen la existencia de dos fases de deformación hercénicas sinesquistosas.

MORENO, F. (1977) en su tesis doctoral sobre la región de Valdelacasa y las Villuercas, encuentra cuatro fases de deformación hercénica. La 1.^a fase se manifiesta sólo por la presencia ocasional de una esquistosidad tumbada y pliegues menores en el macizo de las Villuercas.

La 2.^a fase de deformación sería la responsable de los grandes pliegues de dirección NO-SE y del plegamiento a todas las escalas, su esquistosidad crenula a la anterior en aquellos lugares donde aparecen juntas.

Las otras fases aparecen distribuidas de una forma irregular y trastocan donde aparecen a las estructuras anteriores.

En la Memoria de la Hoja del MAGNA (28-18) Las Guadalerzas (IGME,

1975), se considera a la 1.^a fase hercínica como la generadora de los grandes pliegues y de la esquistosidad de plano axial de aquéllas; sobre estas estructuras se sobreimponen otras fases, al parecer con direcciones y estilos variables de unas localidades a otras.

VEGAS y ROIZ (1979) delimitan las estructuras cartografiadas del basamento hercínico en toda la región, atribuyéndolas a la fase principal hercínica, a la cual se adscribe la esquistosidad regional presente en esta región. Esta fase, la hacen corresponder con la primera fase de deformación en el extremo occidental de la zona (Región de Salamanca).

Las estructuras definidas, sufren una deformación transversa que modifica la geometría de los pliegues más regulares de la región de las Villuercas, constituyendo estructuras de aspecto redondeado como resultado de la interferencia de una 2.^a fase con la fase principal sinesquistosa.

2.1 MACROESTRUCTURAS

Como elemento de referencia para la determinación de las estructuras, se viene utilizando tradicionalmente por los distintos autores la disposición de la «cuarcita armoricana». Ello es debido a que dicha cuarcita constituye una auténtica formación en el sentido litoestratigráfico, tiene una extraordinaria continuidad regional y es el mejor elemento constructor del relieve.

El estilo tectónico de las Villuercas y los Montes de Toledo, se caracteriza por la existencia de sinclinos Paleozoicos apretados y grandes anticlinorios Precámbricos fuertemente replegados y debido a la naturaleza de sus materiales, fuertemente peneplanizados. Esta disposición debe corresponder a que los materiales Precámbricos se han comportado de forma distinta que la cobertura Paleozoica debido a las diferencias reológicas de ambas formaciones.

Las macroestructuras actuales presentes en la Hoja, de NE a SO, son:

- Sinclinal de Guadarranque: Su representación en esta Hoja es anecdótica, pues sólo ocupan unos cientos de metros de su flanco occidental en la esquina NE.

Su representación completa está en la Hoja que limita al E, Minas de Santa Quiteria, núm. 708.

- Anticlinorio de Guadalupe-Ibor: Se sitúa a lo largo de la parte oriental de las Villuercas, ocupando toda la zona central y oriental de la Hoja.

Tiene una dirección ONO-ESE y se extiende desde el Tajo hasta más al S de la margen izquierda del Guadiana. Al encontrarse representados los flancos de los sinclinales Ordovícicos colindantes significa que en la Hoja está incluido todo el anticlinorio.

- Sinclinal de las Villuercas: Formando un conjunto sinclinal, pero con

varios repliegues, siendo los más importantes, de oeste a este, el sinclinal de Santa Lucía, el anticlinal de Navezuelas-Robledollano y el sinclinal del río Viejas.

El conjunto de éstos atraviesa la Hoja con dirección NO-SE, quedando interrumpido al sur de Cañamero por los materiales posthercinos. Su continuación por el sur sería el sinclinal de Herrera del Duque y por el norte llega hasta Cañaveral mediante el sinclinal de Monfrague. Su máxima anchura, en donde están todos los repliegues antes descritos, llega a 7,5 Km. En la parte sur, donde ya sólo está el sinclinal de Santa Lucía, tiene solamente 3 Km. de anchura. Es la única parte de la Hoja donde afloran los materiales superiores al Arenig, aunque en el repliegue anticlinal de Navezuelas-Robledollano aflora otra vez la serie del Precámbrico.

A lo largo de todo el flanco occidental de este conjunto existe un accidente tectónico importante, que es la falla inversa de Cañamero-La Solana. Esta ha producido un empuje de todo el «esquisto-grauváquico» del SE al NE, que hace que el flanco occidental de las Villuercas tenga buzamientos verticales e incluso invertidos al NE. Luego, progresivamente, los buzamientos van perdiendo inclinación, llegando finalmente en el flanco NE del sinclinal del río Viejas a ser bastante tendido.

- Gran anticlinorio centroextremeño: Formado por todo el esquisto-grauváquico situado al oeste de la falla inversa de Cañamero-La Solana.

Es, por tanto, parte del flanco oriental de dicha gran estructura.

Al estar afectado tectónicamente por dicha falla, estratigráficamente está incompleto. También está afectado por intrusiones graníticas, como la de Logrosán.

2.2 ESTRUCTURAS MENORES

2.2.1 PLIEGUES

En el ámbito de la Hoja no se han observado pliegues menores tanto en el conjunto Precámbrico como en el Paleozoico, a pesar de ser numerosos los ejemplos en las Hojas colindantes.

Así pues, para los materiales Precámbricos del anticlinorio de Guadalupe-Ibor, en la Hoja que linda al N (Castañar de Ibor, núm. 681) se describen, en alternancias de areniscas y pizarras, pliegues métricos asimétricos, aparentemente vergentes al NE, con ángulo entre flancos próximo a los 70°. En esta misma macroestructura, en capas de areniscas y limolitas centimétricas a decimétricas, aparecen pliegues simétricos suaves con ángulo entre flancos próximo a los 130°; la amplitud oscila entre 1-2 m. y la longitud de

onda de unos 6 m., correspondiendo a pliegues de la clase 1B de RAMSAY (1967). En los materiales cuarcíticos del Arenig existen pliegues de mayor tamaño (decamétricos) debido a la potencia y competencia de sus materiales. Son simétricos, entre abiertos y suaves, de 90° a 14° el ángulo entre flancos, asimilables a la clase 1B (op. cit).

Por último, citaremos los pliegues que existen en el flanco NE del sinclinal de Guadarranque descritos por CAPOTE et al. (1971). Son pliegues en pizarras del Silúrico, con una amplitud de 2-3 m. y longitud de onda aproximadamente igual; presentan un ángulo entre flancos bastante cerrado (30°), con flancos rectos sin puntos de inflexión, asimilables a pliegue de clase 2 (similar de RAMSAY). El plano axial de los mismos es «horizontal», la dirección de los ejes varía entre N110E y N160E, son también horizontales, aunque alguno presenta un ligero «pinch» hacia el Norte (0-15°).

2.2.2 ESQUISTOSIDADES

En esta Hoja se reconoce claramente una esquistosidad S_1 , que en los pliegues antes descritos, fuera de la Hoja, está asociada a sus planos axiales, apareciendo regularmente distribuida por toda la zona. Es del tipo «rough cleavage» (esquistosidad grosera), espaciada, bien desarrollada en los materiales anteordovícicos, sobre todo en las litologías más finas, mientras que en las cuarcitas y grauvacas raramente es penetrativa, dándose el caso de que en bancos de grauvacas, con granoselección bien definida, la esquistosidad tan solo aparece hacia el techo de la capa.

En los términos pizarrosos más finos del Llanvirniense-Llandeiloíense y del Silúrico, la esquistosidad es del tipo «slaty cleavage». Por último hay que señalar la presencia local de una esquistosidad poco patente, pero que a veces se manifiesta como una débil crenulación en las pizarras del Silúrico (CAPOTE et al., 1971).

2.3 FRACTURACION

A partir de criterios cartográficos, se distinguen:

- 1.º La falla inversa de Cañamero-Berzocana, con dirección de empuje hacia el NE, citada anteriormente.
- 2.º Existencia de un sistema de fallas NNE-SSO.
- 3.º Un segundo sistema de fracturas, bien representadas, cuyas direcciones oscilan desde N50°E a N140°E que puede estar asociado al sistema de Logrosán (ver Hoja Sevilleja de la Jara, núm. 682).
- 4.º Finalmente, un sistema E-O, que parece el último, y que afecta a las rocas Hercínicas exclusivamente.

Por último, es importante resaltar la fractura (o flexión?) de dirección aproximada N70°E, deducida del estudio del relieve y de la disposición de los depósitos de «raña», y terciarios no sólo en esta Hoja sino en la más oriental (Minas de Santa Quiteria, núm. 708). Este accidente, que ha originado un hundimiento del bloque sur, ha «jugado» muy recientemente, puesto que condiciona los afloramientos de rañas, limitándolas al sur (labio hundido). Se calcula que tiene un componente vertical de por lo menos 200 metros, a tenor de las cotas de los relieves cuarcíticos a uno y otro lado del mismo.

2.4 EDAD DE LAS DEFORMACIONES

2.4.1 DEFORMACIONES PRE-ORDOVICICAS

En la región y desde 1956 se ha venido admitiendo la existencia de una fase pre-Ordovícica, denominada por LOTZE fase ibérica. En el caso de esta Hoja, se situaría en la base de la cuarcita armónica.

La primera fase de deformación determinada en esta Hoja, es la que afecta exclusivamente a las rocas del Precámbrico.

Existen hechos que permiten pensar dentro de este área en movimientos tectónicos anteriores a las fases Hercínicas, tales como:

- Un Ordovícico Inferior transgresivo y en discordancia angular, que a su vez es una clara discordancia cartográfica entre el Ordovícico y las series infrayacentes.

En base a consideraciones regionales, ya explicadas anteriormente, la edad de esta deformación Precámbrica puede considerarse sárdica.

2.4.2 PLEGAMIENTO HERCINICO

El plegamiento Hercínico es el responsable de las grandes estructuras cartografiadas en la región.

La existencia, en Hojas situadas al E y NE de la de Logrosán, de pliegues de doble vergencia, variaciones notables en las direcciones de algunas charnelas, permite la separación de dos fases de pliegamiento hercínicas.

1.^a Fase

Origina la esquistosidad más patente en todo el área.

Es vergente al NE. Su existencia se deduce, tanto por dicha vergencia, como por la dirección oblicua a las grandes megaestructuras y ejes de pliegues.

2.^a Fase

En nuestra opinión genera las grandes estructuras actuales de la zona.

No se observa una esquistosidad generalizada singenética con esta fase, aunque sí, localmente, una débil de crenulación, en áreas situadas al NE (Las Villuercas, MORENO op. cit.).

Produce vergencias opuestas a las de la 1.^a fase, es decir SO, aunque en la parte occidental de las Villuercas queda camuflada esta vergencia debido al efecto de la falla Cañamero-Berzocana.

Como resultado de esta fase se forman las grandes estructuras que de NE-SO son: El sinclinal de Guadarranque, anticlinorio de Guadalupe-Ibor, sinclinal de las Villuercas y el anticlinorio Centroextremeño descritos anteriormente.

No obstante, otros autores anteriormente citados sostienen que las grandes estructuras y la esquistosidad regional más generalizada son debidas a la fase principal de deformación hercínica (1.^a fase).

Fases post-Hercínicas

Se desarrollan los sistemas de fallas explicados en el apartado correspondiente.

Al final del Oligoceno, la fase Sávica de la Orogenia Alpina reactiva de forma generalizada las fracturas hercínicas, creando la fosa del Tajo, y dando sus caracteres actuales a la cuenca de sedimentación manchega. Durante el Neógeno y el Cuaternario se sigue desarrollando una tectónica de bloques que condiciona la disposición de las rañas (MUÑOZ JIMENEZ, 1976).

3 GEOMORFOLOGIA

Desde el punto de vista geomorfológico, se pueden observar en la Hoja dos grandes unidades. La primera es la Unidad Hercínica, que constituye el armazón del relieve. La segunda, Neógena, la forman los depósitos terciarios coronados por el glacis «raña», que suavizan y colmatan las formas anteriores.

3.1 UNIDAD HERCINICA

La Unidad Hercínica muestra en la actualidad un relieve prácticamente invertido. Los anticlinorios están erosionados aflorando el conjunto pizarroso-grauváquico Precámbrico, permaneciendo los sinclinales «colgados», donde se conservan materiales Ordovícicos y Silúricos.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el elemento principal del relieve lo constituyen las «cuarcitas armorianas»; así, la gran alineación montañosa que cruza la Hoja de NO a SE corresponde al sinclinal Paleozoico de las Villuercas.

Estas sierras se caracterizan por la fuerte inclinación de sus laderas y por la terminación en «risco» de los niveles de cuarcita que las culminan.

Así pues, claramente se observa un condicionamiento litológico-estructural en la morfología resultante: las directrices del relieve son estructurales y precisamente las topografías más acusadas se corresponden a materiales blandos y fácilmente erosionables (pizarras).

Respecto al «nivel de cumbres» característico de los Montes de Toledo y Extremadura Oriental, atribuido siempre a una penillanura antigua —«superficie fundamental de la Meseta»— (M. TENAN), que como resultado de un «apalachismo» quedaría reflejada en la iso-altitud de cumbres, la explicación que más convence y que puede aceptarse como más lógica, fundada en criterios geológicos razonados, es la explicación de MUÑOZ JIMENEZ, J. (1976). Según su interpretación, las superficies de cumbres son testigos de lo que podría definirse como un sistema de «superficies estructurales derivadas» resultantes del arrasamiento de los niveles superiores, blandos y plásticos, de la serie sedimentaria, hasta alcanzar las duras, pero intensamente fracturadas cuarcitas arenigüenses, en las zonas de charnela de los anticlinorios.

Por tanto, la homogeneidad de altitudes de los conjuntos montañosos de los montes no es testigo del estadio final de un ciclo erosivo, sino de un momento en el continuo y complejo proceso morfogenético que los viene afectando, dado su levantamiento orogénico.

Es el momento en que la erosión deja de actuar sobre una litología homogénea y blanda y comienza a retrabajar niveles inferiores de la serie formados por un conjunto duro soportado por materiales de menor resistencia. Es cuando, como consecuencia de factores estructurales, la acción erosiva pasa de simple arrasamiento a iniciar al desmantelamiento de los anticlinales que aún hoy se pueden reconocer.

Respecto a la morfología de los anticlinales, donde afloran materiales anteordovícicos, litológicamente homogéneos y blandos, se desarrolla un relieve de cerros y valles más o menos encajados.

3.2 NEOGENO, DEPOSITOS TERCARIOS, GLACIS DE RAÑA

Al final del Oligoceno, la región dista mucho de ser una penillanura, sino que presenta como en la actualidad una disposición en dos niveles, uno de cumbres y otro de depresiones con rellenos de piedemonte.

Sobre un relieve de tipo «apalachiano», con formas características según

los dominios estructurales, se deposita un conjunto de materiales que son los sedimentos originados por la continuación del «apalachismo», que ponen el piedemonte y las depresiones internas a un nivel de altitudes aproximadamente igual al actual.

En aquellos lugares donde es posible observar el contacto de la raña con los materiales de las series anteordovícicas o con las pizarras de la unidad superior, particularmente sobre los del (Llarvirniense-Llandeiloense) ésta aparece considerablemente alterada, por lo que parece indicar que el Mioceno Superior se desarrolló bajo condiciones de intensa biostasia, con morfogénesis caracterizada por un ataque químico de los materiales y arrastres poco intensos.

Topográficamente las rañas forman grandes mesetas o plataformas fragmentadas por valles bien marcados.

Desde el punto de vista de su forma, la raña se define como un glacis de acumulación, dando unas superficies suavemente inclinadas desde las cercanías de los relieves montañosos a las zonas más alejadas, constituidas por los aportes detríticos que tienen en esos relieves su área fuente. Salvo en aquellos casos en que la erosión posterior ha separado el glacis de los relieves montañosos, convirtiéndolo en una meseta aislada, existe total continuidad entre la raña y las laderas.

Geomorfológicamente la evolución posterior a la formación de la raña, consiste en la organización y desarrollo de una red fluvial.

El cambio de este nuevo tipo morfológico no parece brusco, sino con períodos, a veces importantes, en los que se retorna en mayor o menor grado a las condiciones anteriores. Los espasmos semi-áridos dan lugar a detenciones en el proceso de disección de la raña, y el modelado de glacis encajados, que hoy presenta el aspecto de «terrazas de raña» o «rañizos»; depósitos fanglomeráticos de aspecto parecido a la raña, aunque más arenosos y con cantos de apariencia más desgastada.

4 PETROLOGÍA

4.1 METAMORFISMO REGIONAL

En las rocas precámbricas el metamorfismo regional que afecta a todas las series es de epizona muy superior o de grado muy bajo, empleando la terminología de WINKLER (1978). En las metagrauvacas, si bien existe biotita detrítica, también aparece incipientemente neoformada a partir de clorita. Igualmente se encuentra moscovita, tanto heredada como de neoformación, suponiéndose que esta última se ha originado por reacción de albita y del escaso feldespato potásico con silicatos laminares del tipo de

la pirofilita. En general, salvo la neoformación de mica blanca y biotita, el metamorfismo se traduce más en recristalización y orientación de los minerales componentes que en aparición de otros nuevos.

En todo el Paleozoico, el grado de recristalización de las rocas es aún más bajo. No detectándose, salvo en contadas ocasiones, neoformación de clorita o moscovita. Se puede decir que la intensidad del metamorfismo alcanza las condiciones de la facies de laumontita-prehnita-cuarzo de WINKLER (1978) próximas a los límites de la diagénesis.

4.2 METAMORFISMO DE CONTACTO

Se da en una pequeña aureola que rodea a una masa granítica que aparece ya fuera de los límites de la Hoja. Sobre las metapelitas del Precámbrico más antiguo se desarrolla una esquistosidad de fractura moderadamente penetrativa, creciendo simultáneamente a ella blastos de biotita, de clorita o de ambas asociadas que confieren a las rocas una estructura mosqueada. Se trata, pues, de un metamorfismo de grado muy bajo a bajo (WINKLER, 1978).

5 HISTORIA GEOLOGICA

Para la región comprendida en la Hoja (14-28), la historia geológica se inicia con la sedimentación de las series del Precámbrico Superior en facies que, salvo en los niveles carbonatados, se les ha venido atribuyendo en su totalidad un origen turbidítico, pero que según las observaciones realizadas en este trabajo deben de corresponder en su mayoría a depósitos menos profundos, de plataforma e incluso inter-mareales.

La sedimentación continúa con facies de aguas someras de plataforma intermareal, correspondientes a series rítmicas detríticas cuarcíticas (formación Azorejo) y tramos carbonatados perimareales arrecifales (calizas de los Navalucillos) hasta completar el Cámbrico Inferior Alto. Estos materiales no llegan a aflorar en la Hoja, pero sí en las más septentrionales.

A partir de este conjunto existe una laguna estratigráfica hasta el Ordovícico Inferior; durante este intervalo de tiempo que comprende el Cámbrico Medio y Superior, o bien no se depositó, o en caso de hacerlo fue erosionado, correspondiéndose entonces esta etapa erosiva con la fase de deformación Sárdica (LOTZE, 1956; MARTIN ESCORZA, 1977; MORENO, 1977) la cual, según dichos autores, no dio lugar a pliegues y por tanto a discordancias angulares (?), sino que se manifestó en forma de grandes abombamientos de poca intensidad y gran radio, con una emersión generalizada.

El Ordovícico Inferior se inicia con una transgresión, por lo que las aguas vuelven a cubrir gran parte de la región.

La sedimentación continúa con la presencia de una serie potente de cuarcitas con pistas de tipo cruziana y estructuras indicadoras de una facies costera, probablemente entre las zonas intermareal y submareal.

Estas son las condiciones de sedimentación de las «cuarcitas armoricanas». Las alternancias superiores con la que se continúa la serie, marcan ya un ambiente de mayor profundidad, por debajo al menos de la oscilación mareal. Las pizarras debieron depositarse en un ambiente más profundo, pero de plataforma.

Una nueva regresión viene marcada por las facies arenosas del Caradoc, continuando con una sedimentación pelítica más tranquila y profunda.

El Silúrico comienza nuevamente regresivo, con sedimentos clásticos cuarcíticos evolucionando a materiales pizarrosos con fauna de graptolites y ambiente de plataforma, no estando ya estos representados en esta Hoja.

Durante el Devónico y hasta el Carbonífero, cuando tiene lugar el plegamiento hercínico, la región debió permanecer emergida, pues no se han datado hasta ahora los materiales correspondientes.

La Orogenia hercínica viene marcada por una intensa fase de plegamiento, produciéndose al mismo tiempo fenómenos de anatexia y migmatización en las zonas más profundas de la serie sedimentaria y un metamorfismo regional generalizado (APARICIO YAGÜE, A., 1971).

Esta fase genera un conjunto de grandes estructuras anticlinoriales y sinclinoriales, adaptándose a las cuales se produce con posterioridad el encajamiento de los granitos.

Al cesar la compresión, se desarrolla un importante sistema de fracturas y desgarres tardihercinicos (ROIZ Y VEGAS, 1979).

Como resultado, la región queda organizada al final de la Era Primaria como una serie de macroestructuras plegadas y falladas.

Desde el mismo momento de su emersión y plegamiento, la cordillera hercínica sufre un intenso proceso erosivo, que para esta región comprende desde el Estefaniense hasta el Paleógeno.

Al final del Oligoceno, la fase Sávica de la Orogenia Alpina vuelve a reactivar las fracturas, creando la fosa del Tajo y la cuenca Manchega.

Fragmentado y desnivelado el macizo hercínico, y levantado claramente sobre fosas tectónicas, comienza en los sectores más deprimidos y en las fosas circundantes la sedimentación de un Mioceno detrítico continental.

Al final de la deposición de la serie miocena, se desarrolla un largo y poco claro proceso erosivo plioceno, al cual como sedimento correlativo, se han venido atribuyendo las rañas, en relación con una crisis climática bajo condiciones de evidente aridez, quedando ya sólo la instalación de la red hidrográfica actual que se establece sobre las rañas y que las han venido afectando con mayor o menor intensidad según los sectores.

Los glacis-terrazas o «rañizos» corresponderían a varios episodios de aridez cuaternarios (Pleistoceno-Holoceno?), quedando ya sólo la disección fluvial con sus depósitos correspondientes y, el «tapizado» de las vertientes por los depósitos de ladera más reciente, «los canchales» o «pedrizas» que se siguen formando en la actualidad.

6 GEOLOGIA ECONOMICA

6.1 MINERIA

En las proximidades del pueblo de Logrosán, en la carretera de Berzocana, antes de llegar a la estación de ferrocarril abandonado, existe una mina de fosfatos abandonada, que tuvo cierta importancia. Es una mineralización filonianana relacionada con el granito de Logrosán. La paragénesis está formada por Cuarzo, Apatito fibroso-radial tipo Dahllita, Fluorita, Carbonatos, Blenda y Galena.

En la mina se explotaba el filón «CONSTANZA» de 1,5 m. de potencia y 5 Km. de longitud y dirección NO-SO, que armaba en pizarras con metamorfismo de contacto, llegando hasta el granito. Su ley llega hasta un 40 por 100 de Apatito, y fue explotado hasta los 162 m. de profundidad.

La mina tuvo su máxima actividad en 1917-21 y cerró en 1944 al bajar la ley media hasta valores inferiores al 16,5 por 100.

Dentro del propio granito se encuentran otras mineralizaciones filonianas con paragénesis diferentes, siendo la más frecuente: Casiterita-Cuarzo-Ambligonita-Mispique y Estannita. Algunas de ellas han sido explotadas para Sn.

En la parte noroccidental de la Hoja, en el término municipal de La Solana, existe otra labor antigua llamada mina de la Concepción, que explotaba un filón de 1 m. de potencia y dirección N20°E encajando en las pizarras y grauvacas del Precámbrico. En él se observan Cuarzo-Carbonatos-Blenda y Galena. Actualmente, en otras labores próximas, se están realizando trabajos de investigación. Son filones sin relación genética con granitos conocidos.

Finalmente, en las calizas del Vendense Superior, en su prolongación a Castañar de Ibor, ya fuera de la Hoja, existen mineralizaciones de Magnesitas, cuya explotabilidad no ha sido determinada.

6.2 CANTERAS

No existe en la actualidad, dentro de la Hoja, ninguna explotación cuyo objeto sea el aprovechamiento de las rocas industriales; no obstante, se pueden destacar tres tipos de materiales susceptibles de explotación:

Aridos de trituración

Los materiales cuarcíticos, abundantes en el centro de la Hoja, pueden considerarse buenos para su utilización en obras públicas para firmes y como áridos. La dureza de estos materiales hace difícil y costosa su extracción y machaqueo, pero el gran desarrollo de los canchales, con cantos sub-angulosos, les hace susceptibles de aprovechamiento directo una vez clasificados por tamaños. Se han utilizado localmente para acondicionar caminos vecinales y particulares; los accesos son regulares y las reservas medianas.

Zahorras

Se engloban bajo esta denominación mezclas de cantos, gravas, arenas y arcillas. Estas zahorras están relacionadas estratigráficamente con los depósitos Neógenos: arenas y arcillas miocenas, «rañas» y «rañizos».

En general están constituidos par cantos heterométricos con predominio de los de naturaleza cuarcítica, de subredondeados a sub-angulosos y finos, limo-arenosos y arcillosos de tonos rojizos o pardo amarillentos.

La principal utilización de estos materiales es como áridos de compactación en carreteras y caminos. Los accesos son buenos, las reservas abundantes y su explotación sencilla.

Gravas

Unicamente merecen destacarse las formaciones aluviales del río Guadalupejo, constituidas por cantos fundamentalmente cuarcíticos y en general bastante redondeados. Su calidad es variable dependiendo del contenido en finos, aunque no existen, en ningún punto, gravas limpias con alguna continuidad. Sus reservas son medianas y sus accesos en general buenos.

Hornos de cal

En todos los afloramientos que hay en la Hoja, de calizas del Vendiente Superior, existen hornos donde antiguamente producían cal.

6.3 HIDROGEOLOGIA

El conjunto litológico que aflora en la Hoja, constituido fundamentalmente por pizarras, cuarcitas y areniscas y, fosilizado con mayor o menor continuidad por los depósitos arcillosos miocenos y las rañas, se puede considerar en general como impermeable; sin embargo, dado el diaclasamiento, la «lajosidad» y la tectonización que presentan, poseen una cierta permeabilidad.

No hay posibilidad de que se formen acuíferos definidos y continuos, sino solamente pequeños mantos relacionados siempre con lechos estructurales, especialmente la red de fracturación.

Las pizarras son el material más impermeable, sólo en relación con grandes fracturas o áreas muy meteorizadas es posible el funcionamiento de mantos acuíferos, siempre muy locales y de bajísimo caudal.

Las cuarcitas y areniscas, muy diaclasadas en general, presentan unas condiciones algo más favorables para la infiltración de las aguas y su circulación subterránea, siempre en sistemas escasos, irregulares y aislados.

Las rañas, por sus características litológicas, tienen carácter impermeable, pero en realidad tienen alguna tendencia a la permeabilidad, por lo que es normal en ellas la formación de acuíferos, pero también de escasa importancia y caudal.

En el área de la Hoja la escasez de agua presenta problemas, tanto para el abastecimiento de los núcleos de población como para la ganadería.

Las captaciones de agua más importantes se hacen en los torrentes mediante obras de mampostería y secando los manantiales, excavando pozos de poca profundidad y construyendo depósitos reguladores. Estos están excavados en el aluvial del Guadalupejo, el Ruecas y en otros arroyos de menor importancia.

7 BIBLIOGRAFIA

- APARICIO YAGÜE, A. (1971).—«Estudio geológico del macizo cristalino de Toledo». *Estudios geol.*, XXVII, 369-414.
- APARICIO YAGÜE, A., y GIL CID, M.^a D. (1972).—«Hallazgos de Trilobites en el Cámbrico de los Montes-Isla de Toledo». *Estudios geol.*, XXVIII, 105-109.
- BOUYX, E. (1970).—«Contribution a l'étude des formations Ante-Ordoviciennes de la Meseta Meridional (Ciudad Real et Badajoz)». *Mem. Inst. Geol. Miñero*, núm. 73.
- BRASIER, M. D.; PEREJON, A., y DE SAN JOSE, M. A. (1979).—Discovery of an important fossiliferous Precambrian-Cambrian sequence in Spain». *Estudios geol.*, vol. 35, pp. 379-383.
- CAPOTE, R.; GUTIERREZ ELORZA, M., y VEGAS, R. (1971).—«Observaciones sobre la tectónica de las series precámbryicas y paleozoicas del E de la provincia de Cáceres». *Bol. Geol. Min.*, LXXXII-II, 147-151.
- CAPOTE, R.; CASQUET, C.; FERNANDEZ CASALS, M. J.; MORENO, F.; NAVIDAD, M.; PEINADO, M., y VEGAS, R. (1977).—«The Precambrian in the Central Part of the Iberian Massif». *Estudios geol.*, 33.
- GEHRENKEMPER, J. (1978).—«Rañas und Relief generationen der Montes de

- Toledo in Zentralspanien». *Institutes für Physische geographie der Freien Universität Berlin*. Hef 29.
- GIL CID, M. D.; GUTIERREZ ELORZA, M.; ROMARIZ, C., y VEGAS, R. (1976).—«El Ordovícico y Silúrico del sinclinal del Guadarranque-Gualija (prov. de Cáceres, España)». *Com. Serv. Geol. Portugal*.
- GIL CID, M. D.; PEREJON, A., y DE SAN JOSE, M. A.—«Estratigrafía y paleontología de las calizas cámbicas de los Navalucillos (Toledo)».
- GUTIERREZ ELORZA, M., y VEGAS, R. (1971).—«Consideraciones sobre la estratigrafía y tectónica del E de la provincia de Cáceres». *Estudios geol.*, XXVII, 177-180.
- HERNANDEZ PACHECO, F. (1949).—«Ensayo de la morfogénesis de la Extremadura». *Comptes Rendues du Congrès International de Geographie Lisboa*.— (1949).—«Las rañas de las Sierras centrales de Extremadura». *Comptes Rendues du Congrès International de Geographie Lisboa*.
- HERRANZ, P.; SAN JOSE, M. A., y VILAS, L. (1977).—«Ensayo de correlación del Precámbrico entre los Montes de Toledo occidentales y el Valle de Matachel». *Estudios geol.*, 33, 327-342.
- IGME (1971).—«Mapa geológico de España 1:200.000, Hoja 53. Toledo». *IGME*.— (1971).—«Mapa geológico de España 1:200.000, Hoja 52. Talavera de la Reina». *IGME*.— (1971).—«Mapa geológico de España 1:200.000, Hoja 60. Villanueva de la Serena». *IGME*.— (1971).—«Mapa geológico de España 1:200.000, Hoja 61. Ciudad Real». *IGME*.— (1970).—«Mapa geológico de España 1:50.000, Hoja 711. Las Guadalerzas». *IGME*.— (1980).—«Mapa geológico de España 1:50.000, Hoja 734. Villarta de los Montes». *IGME* (en prensa).— (1980).—«Mapa geológico de España 1:50.000, Hoja 735. Fontanarejo». *IGME* (en prensa).
- LOTZE, F. (1960).—«El Precámbrico en España». *Not. y Com. del IGME*, 60, 227-239.
- (1961).—«Sobre la estratigrafía del Cámbrico en España». *Not. y Com. del IGME*, 61, 137-161.
- (1970).—«El Cámbrico de España». *Mem. del IGME*, 75, 256 pp.
- MARTIN ESCORZA, C. (1971).—«Estratigrafía del Paleozoico en Mora de Toledo (Toledo)». *Bol. Real Soc. Esp. de Hist. Nat.*, 69, 262-265.
- (1976).—«Las capas de transición. Cámbrico Inferior y otras series pre-ordovícicas (Cámbrico Superior?) en los Montes de Toledo Surorientales. Sus implicaciones geotectónicas». *Estudios geol.*, 33, 591-613.
- (1977).—«Nuevos datos sobre el Ordovícico Inferior, el límite Cámbrico-Ordovícico y fases sárdicas en los Montes de Toledo. Consecuencias geotectónicas». *Estudios geol.*, 33, 57-58.

- MARTIN-CARO, I.; MORENO EIRIS, E.; PEREJON, A., y DE SAN JOSE, M. A. (1979).—«Hallazgo de arqueociatos en las calizas de La Estrella (Montes de Toledo Occidentales. Toledo, España)». *Estudios geol.*, 35, 385-388.
- MORENO, F. (1974).—«Las formaciones Anteordovícicas del Anticlinal de Valdelacasa». *Bol. Geol. Min.*, LXXXV.
- (1975).—«Olistostromas, fangoconglomerados y slump-folds. Distribución de facies en las series de tránsito precámbrico-cámbrico en el anticlinal de Valdelacasa (prov. de Toledo, Cáceres y Ciudad Real)». *Estudios geol.*, 31.
- (1977).—«Tectónica y sedimentación de las series de tránsito (Precámbrico terminal) entre el anticlinal de Valdelacasa y el Valle de Alcudia, Ausencia de Cámbrico». *Studia geológica*, 12.
- MORENO, F.; VEGAS, R., y MARCOS, A. (1976).—«Sobre la edad de las series Ordovícicas y Cámbricas relacionadas con la discordancia "Sárdica" en el anticlinal de Valdelacasa (Montes de Toledo, España)». *Breviora Geol. Astúrica*, XX, núm. 1.
- MUÑOZ JIMENEZ, J. (1976).—«Los Montes de Toledo. Dep. de Geografía de la Universidad de Oviedo». *Instituto J. S. Elcano (CSIC)*.
- RAMIREZ RAMIREZ, E. (1965).—«El sinclinal del Guadarranque (Cáceres)». *Estudios geol.*, 11, 409-436.
- (1955).—«El límite Cámbrico-Silúrico en el borde noroccidental de los Montes de Toledo». *Not. y Com. del IGME*, 40, 53-87.
- RAMSAY, J. G. (1967).—«Folding and fracturing of rocks. Mc. Graw-Hill Co.
- RANSEILLER, M. (1967).—«Geologische Karte der Ostlichen Extremadura». (Inédito.)
- ROBARDET, M.; VEGAS, R., y PARIS, F. (1980).—«El techo del Ordovícico en el Centro de la Península Ibérica». *Studia Geologica*, XVI, 103-121.
- SAN JOSE, M. A.; PELAEZ, J. R.; VILAS, L., y HERRANZ, P. (1974).—«Las series ordovícicas y preordovícicas del Sector Central de Toledo». *Bol. Geol. Min.*, 85.
- SOS BAYNAT, V. (1950).—«Geología y Morfología de las Sierras de Villuercas (Cáceres)». *Estudios geográficos CSIC*, núm. 61.
- VEGAS, R., y ROIZ, J. M. (1979).—«La continuación hacia el E de las estructuras hercínicas de las regiones de las Villuercas, Guadalupe y Almadén (Zona Luso-Oriental-Alcudiana)». *Tecniterra*, 5-1.
- VEGAS, R.; ROIZ, J. M., y MORENO, F.—«Significado del complejo esquisto-grauváquico en relación con otras series "pre-arenig" de España Central». *Studia geologica*, XII, 207-215.
- VILAS, L.; PELAEZ, J. R., y ARCHE, A. (1979).—«El Precámbrico del Anticlinorio de Ibor. (I): Zona de la Calera (Cáceres)». *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (geol.)*, 77, 141-152.
- VIDAL BOX, C. (1944).—«La edad de la superficie de erosión de Toledo y el problema de sus Montes-Islas». *Las Ciencias*, IC, 82-11.
- WINKLER, H. G. (1978).—«Petrogénesis de las rocas metamórficas». *Blume*, Madrid.



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3