

# El metamorfismo de los afloramientos paleozoicos de las Sierras de Rata, Mojón Alto, Albarracín, Menera y Ventosa en la Cordillera Ibérica (Provincias de Guadalajara y Teruel)

Por A. APARICIO (1), J. M. BRELL (2) y M. DOVAL (3)

## RESUMEN

Se hace un análisis de las características metamórficas de una serie de macizos del Paleozoico Inferior, en el dominio de la Cordillera Ibérica. Se estudian las paragénesis y condiciones, así como una evolución espacial, del metamorfismo hercínico en este sector.

## ABSTRACT

This paper describes the metamorphic characteristics of a Lower Paleozoic outcrops in the Iberica Range. The paragenesis, physical conditions and their evolution are studied.

## INTRODUCCION

La terminación del Sistema Central en su sector oriental se realiza sobre materiales de bajo grado metamórfico (APARICIO y GALÁN, 1980), que son enterrados bajo los potentes sedimentos mesozoicos del inicio de la Cordillera Ibérica.

Dentro ya de la Cordillera Ibérica, son escasos y reducidos los afloramientos de rocas paleozoicas metamorfizadas de bajo grado, afloramientos que hasta época relativamente reciente eran mal conocidos en sus aspectos estratigráficos y metamórficos, pero que por otro lado tienen gran importancia en cuanto a las características del metamorfismo del basamento ibérico y sus relaciones con el Sistema Central.

El estudio aquí realizado tiene por objeto el determinar la intensidad y condiciones de este metamorfismo hercínico en los afloramientos paleozoicos existentes entre Atienza (provincia de Guadalajara) y Sierra de Menera (provincia de

Teruel), estableciéndose las relaciones entre los materiales que los caracterizan y sus paragénesis.

De este a oeste (fig. 1) los hemos denominado con los nombres de Serrezuela de Rata (Hoja 488 MGN), Sierra Mojón Alto (Hoja 489 MGN) y Ventosa (Hoja 489 MGN), en las proximidades de Molina de Aragón, todos ellos en la provincia de Guadalajara, y, finalmente, Sierra de Albarracín (Hojas 540-565 MGN) y Sierra Menera (Hoja 515 MGN), ambas en la provincia de Teruel.

El afloramiento de Rata, en el que incluimos también los materiales pizarrosos existentes a la altura del kilómetro 14 de la carretera de Ciruelos a Saelices, corresponde a una alternancia de pizarras negras y cuarcitas de espesor variable rodeado por sedimentos detríticos, brechas y arenas de edades Pérmica y Triásica, mientras que a la propia roca metamórfica se le asigna una edad Ordovícica (O<sub>3</sub>) (Mapa Geológico. Hoja 488), y las pizarras del kilómetro 14 pertenecen al Silúrico (S<sub>1.2</sub><sup>A-B</sup>).

Al norte de Molina de Aragón (Hoja 489 MGN), la Sierra de Mojón Alto la constituye un macizo paleozoico de cuarcitas y pizarras pertenecientes fundamentalmente al Ordovícico, mientras que al Sur se localiza el otro afloramiento paleozoico-

(1) Departamento de Geología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. C. S. I. C. 28006 Madrid.

(2) Departamento de Estratigrafía. Instituto de Geología Económica, C. S. I. C. 28040 Madrid.

(3) Departamento de Mineralogía y Cristalografía. Facultad de Ciencias Geológicas. 28040 Madrid.

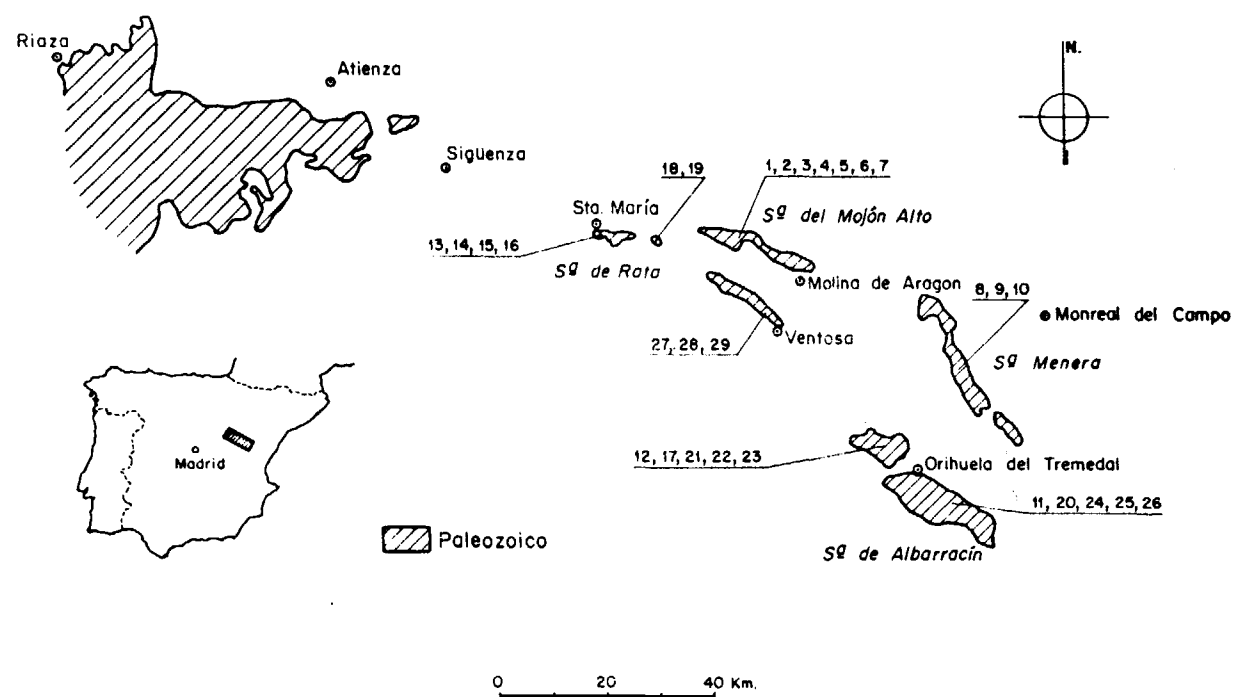


Figura 1.—Localización geográfica de los afloramientos metamórficos paleozoicos estudiados y muestras correspondientes.

metamórfico que hemos llamado de Ventosa, que está formado por pizarras silúricas ( $S_{A,B}$ ). Las características estratigráficas y litológicas de estos núcleos paleozoicos han sido descritas por: Mapa Geológico Hoja 489 (1981), SACHER (1966), VILLENA (1976), LOTZE (1929), etc. El tercer afloramiento corresponde al macizo de la Sierra de Albarracín (Hoja 540, Hoja 565), el más extenso de todos ellos, en donde se encuentran materiales ordovícicos ( $O_{31,32}$ ) y silúricos ( $S_{1,2}^A, S_{1,2}^{A,B}$ ), enmarcados por series mesozoicas triásicas [Mapa Geológico Hoja 540 (1981), Mapa Geológico Hoja 565 (1983), VILLENA (1976), LOTZE (1929) y RIBA (1959)].

El más oriental de los macizos metamórficos corresponde a Sierra Menera (Hoja 515), en donde predominan las rocas silúricas (metacuarcitas) con niveles pizarrosos más escasos y edades correspondientes al Ordovícico ( $O_1-O_2$ ) (Mapa Geológico, Hoja 515, 1979).

#### TECNICAS EMPLEADAS

El estudio mineralógico se ha realizado mediante microscopía de luz transmitida y de difracción

de rayos X, empleando un equipo Philips 1130/90 equipado con monocromador de cristal curvo de grafito y utilizando la radiación  $Cu, K\alpha$ . La velocidad de exploración empleada ha sido de  $2^\circ/\text{minuto}$  para el estudio de la caracterización mineralógica y de  $0.5^\circ/\text{minuto}$  para el estudio cristaloquímico de los filosilicatos. En todas las muestras se realizaron difractogramas de polvo de la muestra global y de agregados orientados de la fracción inferior a las 20 micras, separada por suspensión.

Sobre los agregados orientados se realizaron sistemáticamente tratamientos térmicos a  $300^\circ C$  y  $550^\circ C$ , de solvatación con etilen-glicol, y además con dimetil-sulfóxido en las muestras que presentaban reflexiones a  $7 \text{ \AA}$ .

Las estimaciones cuantitativas de las distintas fases cristalinas se realizaron mediante el método de los poderes reflectantes y en base a los criterios propuestos por POZZUOLI et al. (1972), GONZÁLEZ et al. (1970) y GALÁN y MARTÍN VALDI (1973).

La determinación de la composición química de las cloritas se realizó mediante métodos difrac-

tométricos, siguiendo el método descrito por BAILEY (1972). Se han utilizado las ecuaciones de BRINDLEY (1961) para la determinación del número de átomos de aluminio en posición tetraédrica y de ALBEE (1962) para la determinación del aluminio total. El contenido en átomos pesados de la capa octaédrica se determinó mediante el método de SHIROZU (1958).

El politipo de las moscovitas se ha deducido por el método de VELDE y HOWER (1963), utilizando la relación de intensidades de los efectos a  $3.74 \text{ \AA}$  y  $2.58 \text{ \AA}$  o por el método de MAXWELL y HOWER (1967) en el caso de muestras que contienen feldspatos.

El índice de cristalinidad de las micas se ha determinado mediante el método de KUBLER (1968) utilizando la reflexión a  $10 \text{ \AA}$ , y el de agudeza de WEAVER (1960), mediante la relación de intensidades de los efectos a  $10 \text{ \AA}$  y  $10.5 \text{ \AA}$  en las muestras exentas de biotita (comprobado por microscopía) para relacionarla con la proporción  $Al/Fe+Mg$  de la capa octaédrica, según el método de KLINGEBIEL y LATOUCHE (1962) y ESQUEVIN (1969) y teniendo en cuenta las recomendaciones de MARTÍN RAMOS (1976).

El «grado de paragonitización» de las moscovitas se ha determinado a partir de la reflexión a  $10 \text{ \AA}$  según las ecuaciones de ZEN y ALBEE (1964) o de GUIDOTTI (1966), teniendo en cuenta previamente que el «grado de fengitización» no fuera apreciable, con el fin de que no afectara el espaciado de la reflexión basal, como indica MARTÍN RAMOS (1976).

En todos los afloramientos se hizo un muestreo de las formaciones ordovícicas-silúricas, fundamentalmente en facies pizarrosas (pelíticas), aunque en algunos tramos los materiales seleccionados fueron algo más silíceos.

En el cuadro 1 se ha representado la situación de las muestras y la posición estratigráfica asignada a las mismas, por macizos, de acuerdo con la bibliografía y la nomenclatura utilizada en los mapas geológicos realizados sobre el área.

#### PARAGENESIS

En las paragénesis de los distintos afloramientos se encuentra una cierta uniformidad, a excep-

ción de la correspondiente a Sierra Menera (cuadro 1).

En el macizo de Albarracín la paragénesis característica para el Ordovícico es  $Qz+Ili\pm Caol\pm Clorita$ , mientras que en el Silúrico se encuentran además pirofilita e interestratificado ( $I-Sm, I-Ver, Cl-Sm$ ). En ambos niveles estratigráficos se pueden encontrar accesorariamente zircón y turmalina. La clorita tiene composiciones tipo ripidolita-clinocloro para ambas formaciones.

En el afloramiento de la Sierra de Rata, tanto el Ordovícico como el Silúrico incluyen las mismas paragénesis  $Qz+Ili+Caol\pm Cl$ , destacando la ausencia de cualquier tipo de interestratificados. Las cloritas determinadas en el Ordovícico son ripidolitas.

En la Sierra de Mojón Alto, con todas las muestras pertenecientes al Ordovícico, la asociación típica es  $Qz+Ili\pm Caol\pm Interestratificados (I-Cl, I-Sm, I-Cl)$ , mientras que en el Silúrico de zonas próximas (área de Ventosa) se encuentra  $Qz+Ili\pm Caol\pm Cl+Py+Interestratificados (Cl-Sm, Cl-Sm, Sm)$ . En ambos afloramientos la composición de las cloritas corresponde al tipo chamosita-ripidolita.

En el afloramiento de Sierra Menera encontramos una paragénesis más reducida con  $Qz+Ili\pm Inter (I-Sm, I-Ver)$ . En una de las muestras se localizan microclina y biotita detríticas.

El índice de paragonitización de la mica resulta bajo en todas las formaciones y afloramientos, no guardando aparentemente correspondencia con la intensidad del metamorfismo.

En un tratamiento conjunto se aprecian como significativas las paragénesis Silúricas de Albarracín y Ventosa que incluyen Pirofilita, presentándose como las más evolucionadas las del macizo de Rata (Ord+Sil) y como rocas menos evolucionadas metamórficamente el núcleo de Sierra Menera.

#### INTENSIDAD DEL METAMORFISMO

La máxima intensidad metamórfica está reflejada por las paragénesis Ordovícicas del Macizo de Rata (conjuntamente con el Silúrico) y el Ordovícico de la Sierra de Albarracín, aunque como veremos más adelante difieren en cuanto al

CUADRO 1

Localización estratigráfica de las muestras por afloramientos, junto a las paragénesis y parámetros calculados en las mismas

Afloramiento	Cronoestratigrafía	Muestra	Nivel Estratigráfico*	Cuarzo	Feldspatos	Filosilicatos	Mica	Caolinita	Clorita	Pyrofilita	Interestratificados	ION/10.5A Índice Kubler	Índice Weaver	45.6 (20)	004	3.74	Índice Paragonización	% 2M <sub>1</sub> /M <sub>2</sub> en illita		
Sierra de Albarracín	Silúrico	26	S <sub>1-2</sub> <sup>A-B</sup>	6	-	94	43	14	8	35	I-Sm(Ind)	10	1.86	1.491	2.001	0.26	0.38	0.1	100	
		25	S <sub>1-2</sub> <sup>A-B</sup>	5	-	90	80	-	-	15	I-Sm(5%)	4	3.3	1.497	1.975	0.22	0.37	-	100	
		24	S <sub>1-2</sub> <sup>A-B</sup>	40	-	60	85	6	-	-	-	I-Verm(9%)	4.5	2.85	1.497	2.001	0.22	0.35	0.25	100
		23	S <sub>1-2</sub> <sup>A-B</sup>	10	-	80	25	45	15	10	-	Cl-Sm(5%)	5	2.0	1.508	1.975	0.26	0.33	-	90
		22	S <sub>1-2</sub> <sup>A-B</sup>	8	-	92	57	5	8	30	-	Cl-Sm(Ind)	5	2.2	1.513	1.975	0.21	0.31	0.10	80
		21	S <sub>1-2</sub>	12	-	88	100	-	-	-	-	-	3	4.4	1.497	1.975	0.26	0.36	-	100
		20	S <sub>1-2</sub> <sup>A-B</sup>	8	-	92	70	Ind	-	10	-	I-Sm(15%)	4	3.5	1.495	1.979	0.28	0.35	-	100
		17	S <sub>1</sub> <sup>A</sup>	22	8	75	60	24	16	-	-	-	3.5	6.0	1.497	1.995	0.25	0.51	-	100
		12	O <sub>31-32</sub>	13	-	87	69	16	15	-	-	-	3	8.75	1.499	2.000	0.27	0.39	0.2	100
		11	O <sub>31-32</sub>	29	-	71	100	-	-	-	-	-	3	6.5	1.495	1.995	0.30	0.30	0.25	80
		Sierra Menera	Ordovícico	10	O <sub>21-22</sub>	14	6	80	95	-	-	-	I-Sm(5%)	5	2.38	1.497	1.979	0.23	0.50	-
9	O <sub>21-22</sub>			12	-	88	100	-	-	-	-	4.5	3.5	1.497	1.995	0.21	0.23	-	50	
8	O <sub>21-22</sub>			10	-	90	100	-	-	-	-	I-Verm(Ind)	4.5	2.59	1.497	1.991	0.20	0.32	0.10	80-90
Sierra de Mojón Alto	Ordovícico	7	O <sub>2-31</sub>	10	-	90	74	9	17	-	-	4	4.06	1.495	1.998	0.26	0.16	0.30	20	
		6	O <sub>2-31</sub>	30	-	70	60	18	22	-	-	I-Cl(Ind)	4	3.85	1.499	1.987	0.23	0.33	-	80-90
		5	O <sub>2-31</sub>	20	-	80	88	4	8	-	-	-	4	3.75	1.499	1.979	0.28	0.14	-	20
		4	O <sub>1-21</sub>	14	-	86	100	-	-	-	-	-	3.5	4.25	1.499	2.001	0.31	0.23	-	50
		3	O <sub>1-21</sub>	16	-	84	80	5	15	-	-	-	4	2.79	1.479	1.995	0.23	0.12	0.10	20
		2	O <sub>1</sub> <sup>P2</sup>	20	-	90	95	Ind	-	-	-	I-Sm(5%)	3.5	4.5	1.495	2.004	0.26	0.32	-	80-90
Sierra de Rata	Silúrico	19	S <sub>1-2</sub> <sup>A-B</sup>	18	-	82	87	13	-	-	-	2.5	16	1.495	1.991	0.26	0.46	-	100	
		18	S <sub>1-2</sub> <sup>A-B</sup>	16	-	84	86	3	11	-	-	3	8.5	1.499	1.995	0.25	0.43	0.3	100	
	Ordovícico	16	O <sub>3</sub>	17	-	83	89	11	-	-	-	2.2	20	1.497	1.995	0.31	0.15	0.3	100	
		15	O <sub>3</sub>	15	-	85	67	18	15	-	-	2.5	5.5	1.495	1.998	0.25	0.35	0.3	100	
		14	O <sub>3</sub>	15	-	85	70	11	19	-	-	2.5	18.5	1.495	1.995	0.25	0.30	0.25	80	
		13	O <sub>3</sub>	11	-	89	82	8	10	-	-	2.5	20	1.499	1.995	0.26	0.36	-	100	
		Ventosa	Silúrico	29	S <sub>A-B</sub>	16	-	84	43	25	13	14	Cl-Sm(5%)	4	3.83	1.497	1.987	0.28	0.39	0.10
28	S <sub>A-B</sub>			7	-	93	70	-	10	20	Cl-Sm(Ind)	7	2.10	1.495	2.001	0.21	0.13	0.10	20	
27	S <sub>A-B</sub>			8	-	92	65	-	-	35	Sm(Ind)	5.5	2.55	1.491	1.979	0.21	0.29	0.25	60-70	

\* Nomenclatura usada en los Mapas Geológicos Nacionales 1:50.000 del sector.

Ind: Indicios  
 I-Sm: Illita-Smectita  
 I-Verm: Illita-Vermiculita  
 Cl-Sm: Clorita-Smectita  
 I-Cl: Illita-Clorita  
 Sm: Smectita

Índice de Cristalinidad. Sus paragénesis pueden reflejar unas condiciones de 320-345° y presiones de 2 Kb, en profundidades indicativas de 5 kilómetros (MAXWELL y HOWER, 1967; THOMPSON, 1970; VELDE, 1977; etc.).

Las muestras del Silúrico de Albarracín y Ventosa también presentan paragénesis muy similares, con la entrada de Pirofilita e interestratificados que junto a la existencia de cuarzo, Illita, Caolinita indicarían unas condiciones de T ≈ 300-310° y P < 2 Kb (THOMPSON, 1970; VELDE y KORNPROBST, 1969; REED y HEMLEY, 1966; DAY, 1976; MAXWELL y HOWER, 1967; NORRIS, 1986).

La menor intensidad de metamorfismo, a pesar de corresponder estratigráficamente a niveles del Ordovícico Medio (Llandeilo-Llanvirniense) se da en el macizo de Sierra Menera, en donde como principal característica está ausente la clorita, lo que confirma que no se hayan superado los

200° (conjunto Illita+Clorita), si bien la clorita puede alcanzar como mínimo T de formación de 160°. Por otro lado la transformación de Interestratificados de I-Sm a Illita requiere temperaturas de 175-200°.

Estas condiciones metamórficas para los afloramientos analizados se ve confirmado también por la distribución de los índices de cristalinidad de KUBLER (1968) y de agudeza de WEAVER (1960) (cuadro 1). Los valores medios deducidos por afloramientos y niveles estratigráficos (cuadro 2) confirman que el afloramiento de Rata presenta el mayor grado de transformación metamórfica, así el Ordovícico con índice de cristalinidad = 2.42 y el Silúrico con 2.7, representan los valores más bajos encontrados, seguidos por el Ordovícico de Albarracín (IC=3), Ordovícico de Mojón Alto (3.85) y de Sierra Menera (4.66), y el Silúrico de Albarracín (4.87) y Ventosa (5.5).

CUADRO 2

Distribución de los índices de cristalinidad (medias) de KUBLER (1968) y de agudeza de WEAVER (1960) por sectores

Sistema Central Sector Oriental	Sierra de Rata	Sierra de Mojón Alto	Sierra Menera	Ventosa	Sierra de Albarracín	Cronoestratigrafía
1.81	2.42	3.78	4.3	-	3	Ordovícico
1.92	2.7	-	-	5.5	4.87	Silúrico
Índice agudezas (medias)						
33.8	16	4.21	2.82	-	7.62	Ordovícico
14	12.25	-	-	2.82	3.26	Silúrico

Desde un punto de vista estratigráfico observamos que en el nivel Ordovícico los índices son crecientes desde el afloramiento de Rata (2.42), Albarracín (3), Mojón Alto (3.85) y Sierra Menera (4.6). Mientras que en el Silúrico aumentan desde Rata (2.7) a Albarracín (4.87) y Ventosa (5.5). En el cuadro 2 está expresada esta variación cuantitativa y espacial de los índices de cristalinidad de cada afloramiento considerado comparados con los valores de APARICIO y GALÁN (1980) para el Sector Oriental del Sistema Central. Las mismas consideraciones son válidas usando los índi-

ces de WEAVER, cuyos valores medios más altos se obtienen en el Ordovícico de Rata (16) y Sierra de Albarracín (7.62), seguido por Mojón Alto (4.21) y Sierra Menera (2.82), mientras que en el Silúrico los valores más altos se dan también en Rata (12.25), seguido de Albarracín (3.26) y Ventosa (2.82). Comparativamente, y con respecto al Sistema Central (APARICIO y GALÁN, 1980) se dan también valores más altos en el sector oriental 33.8 (Ordovícico) y 14 (Silúrico).

Si estos resultados son proyectados sobre el diagrama de ESQUEVIN (fig. 2) se aprecia también,

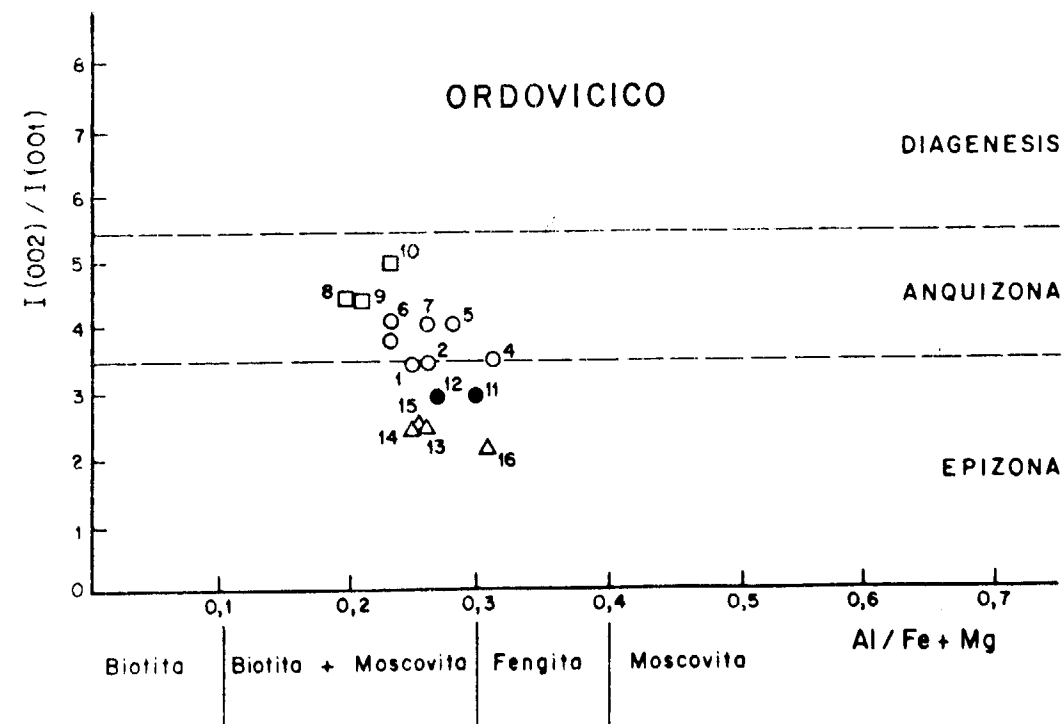
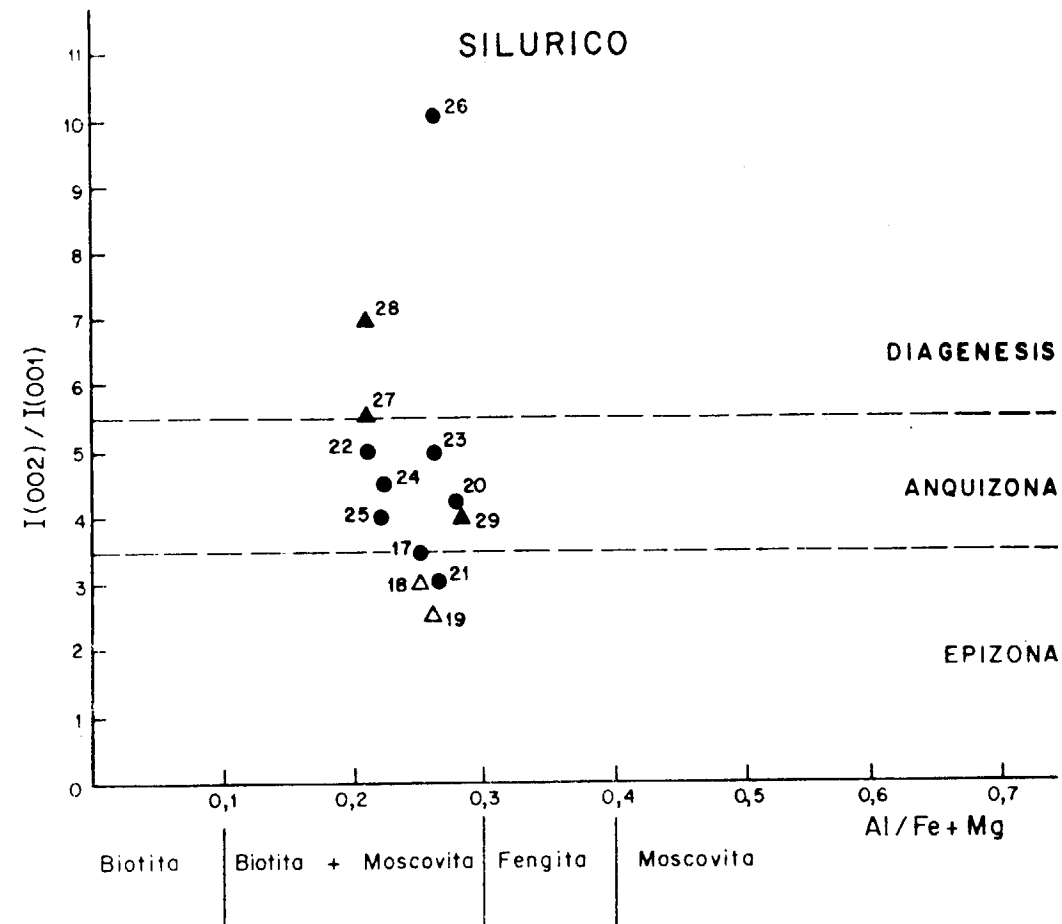


Figura 2.—Diagramas de ESQUEVIN (1969) para los niveles Ordovícicos y Silúrico de las muestras analizadas. Los campos utilizados son los definidos por DUNOYER (1969) y KUBLER (1968).

- Sierra Albarraçin
- Sierra Mojón Alto
- △ Sierra Rata
- ▲ Ventosa
- Sierra Menera

globalmente, el aumento, para el Ordovícico y Silúrico, de la intensidad metamórfica de Este a Oeste, apreciándose desde el sector oriental del Sistema Central una pequeña inflexión en estos valores en los afloramientos de Sierra Mojón Alto y Ventosa.

Algunas muestras como 27 y 28 de Ventosa y 26 de Albarraçin se localizan en el campo de la diagénesis, por el contrario el politipo estructural de las micas es 2M que caracteriza a la anchizona (DUNOYER DE SEGONÇAZ, 1970) y sólo se ve modificada (en proporción del 100 por 100) en algunas muestras, por entrada del politipo 1Md, lo que no se corresponde con unos Índices de Cristalinidad más bajos para estas muestras (cuadro 1). Sin embargo, las relaciones  $2M_2/2M_1+Md$  no se muestran especialmente significativas en relación con la intensidad del metamorfismo ni con las paragénesis encontradas, aunque la conversión total a  $2M_1$  de la mica sólo se realizaría en temperaturas próximas a los 400° como señalan ESLINGER y SAVIN (1973).

#### CONCLUSIONES

La distribución de las paragénesis y las intensidades del metamorfismo hercínico de los afloramientos aquí estudiados y del sector oriental del Sistema Central (APARICIO y GALÁN, 1980) confirma que para el Paleozoico Inferior existe una importante disminución de su intensidad hacia el Oeste.

Para los niveles Ordovícicos el metamorfismo más bajo se refleja en la Sierra Menera con tendencia a un ligero aumento en la Sierra de Albarraçin. En el Silúrico la menor intensidad metamórfica se refleja en los afloramientos de Ventosa con un ligero aumento en la Sierra de Albarraçin.

Un mínimo metamórfico queda así definido por estos afloramientos (Ventosa, Sierra Menera), proponiéndose como una de las posibles causas la mayor profundidad de la capa crustal granítica.

Desde el punto de vista paragenético es significativo, con respecto al sector oriental, la ausencia de albita, allevardita, paragonita y cloritoide, destacando el bajo grado de paragonitización

de la mica achacable probablemente a la ausencia de plagioclasas como únicos minerales con capacidad para ceder Na.

La falta de materiales devónicos en el sector estudiado nos impide hacer una correlación con el Devónico del sector de Atienza y determinar el tipo de gradientes existentes hacia el Oeste, aunque en un futuro próximo el estudio de nuevos afloramientos permitirá valorar la situación de este metamorfismo hercínico en el contexto de la Cordillera Ibérica.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el proyecto 608/467, del CSIC.

Al Dr. V. Sánchez Cela (Univ. de Zaragoza), por su inestimable colaboración en los trabajos de campo.

J. L. Casaseca, J. Arroyo, A. Viloria y M. Castillejo realizaron los trabajos de mecanografía, delineación y preparación de muestras.

#### BIBLIOGRAFIA

- ALBEE, A. L. (1962): *Relationships between the mineral association, chemical composition and physical properties of the chlorite series*. Amer. Min., 47:851-870.
- APARICIO, A., y GALÁN, E. (1980): *Las características del metamorfismo Hercínico de bajo y muy bajo grado en el sector oriental del Sistema Central*. Estudios Geol., 36: 75-84.
- BAILEY, S. W. (1972): *Determination of chlorite compositions by X-ray spacings and intensities*. Clays Clay Miner., 20: 381-388.
- BRINDLEY, G. W. (1961): *Chlorite minerals*. In: *The X-ray Identification and Crystal Structures of Clay minerals*. Ed. G. Brown 242-296. Mineral Soc. London.
- DAY, H. W. (1976): *A working model of some equilibria in the system alumina-silica-water*. Am. J. Sci., 276:1254-1284.
- DUNOYER DE SEGONÇAZ (1970): *The transformation of clay minerals during diagenesis and low-grade metamorphism: A review*. Sedimentology, 15:281-346.
- ESLINGER, E. & SAVIN, S. M. (1973): *Mineralogy and oxygen isotope geochemistry of the hydrothermally altered rocks of the Ohaki-Broadlands, New Zealand geothermal area*. Am. J. Sci., 273:240-267.

- ESQUEVIN, J. (1969): *Influence de la composition chimique des illites sur leur cristallinité*. Bull. Centre Rech. Pau SNPA 3, 147-154.
- GALÁN, E., y MARTÍN VIVALDI, J. L. (1973): *Caolines españoles. Geología, mineralogía y génesis*. Parte 1. Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidr., 12:79-80.
- GONZÁLEZ, J.; FENOLL, P., y MARTÍN VIVALDI, J. L. (1970): *Estudio mineralógico de niveles arcillosos del Trias alpujárride*. Bol. Geol. Min., 81:620-629.
- GUIDOTTI, CH. V. (1966): *Variations of the basal spacing of muscovite in sillimanite-bearing pelitic schists of north-western Maine*. Amer. Min., 51:1778-1786.
- KLINGEBIEL, A. & LATOUCHE, C. (1962): *Etude crystallographique des illite dans les series eocenes du Bordelais*. C. R. Ac. Sc., 255:142-144.
- KUBLER, B. (1968): *Evaluation quantitative du metamorphisme par la cristallinité de l'illite. Etat des progres realises ces dernieres annees*. Bull. Centre Rech. Pau. SNPA. 2, 385-397.
- LOTZE, F. (1929): *Stratigraphie und Tektonik des keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*. Publ. Extr. Geol. Esp. Inst. Lucas Mallada, 8:315 pp.
- IGME (1983): *Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja y Memoria 565. Tragacete*, 89 pp.
- IGME (1981): *Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja y Memoria 540. Checa*, 63 pp.
- IGME (1981): *Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja y Memoria 489. Molina de Aragón*, 55 pp.
- IGME (1979): *Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja y Memoria 515. El Pobo de Dueñas*, 59 pp.
- IGME (1981): *Mapa Geológico de España 1:50.000. Hoja y Memoria 488. Ablanque*, 45 pp.
- MARTÍN RAMOS, J. D. (1976): *Las micas de las cordilleras Béticas. Zonas internas*. Tesis doctoral. Univ. Granada, 245 pp.
- MAXWELL, D. T. & HOWER, J. (1967): *High-grade diagenesis and low-grade metamorphism of illite in the Precambrian belt series*. Amer. Min., 52:843-857.
- NORRIS, R. J. (1986): *Development of slate cleavage in a mudstone unit from the Cantabrian Mountains, Northern Spain*. Journal of Structural Geology, 8:871-878.
- POZZUOLI, A.; MATTIAS, P. P. & GALÁN, E. (1972): *Mineralogia di sedimenti abruzzesi*. Periodico Mineral, 41:611-655.
- REED, B. L. & HEMLEY, J. J. (1966): *Occurrence of pyrophyllite in the kekituk conglomerate, Brooks Range, north-eastern Alaska*. U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 550-C:162-166.
- RIBA, O. (1959): *Estudio geológico de la Sierra de Albarracin*. Monografía Inst. Lucas Mallada, CSIC, 16:283 pp.
- SACHER, L. (1966): *Stratigraphie und Tektonik der nordwestlichen Hesperischen Ketten bei Molina de Aragón Spanien. Teil I (Palaeozoikum)*. N.-Jb. Geol. Palaont. Abh., 124:151-167.
- SHIROZU, H. (1958): *X-ray powder patterns and cell dimensions of some chlorites in Japan, with a note on their interference colors*. Miner., 5:209-223.
- THOMPSON, A. B. (1970): *A note on the kaolinite-pyrophyllite equilibrium*. Amer. J. Sci., 268:454-458.
- VELDE, B. (1977): *Clays and clay minerals in natural and synthetic systems*. Developments in Sedimentology, 21: 218 pp. Elsevier Sci. Publ. Co.
- VELDE, B. & HOWER, J. (1963): *Petrological significance of illite polymorphism in paleozoic sedimentary rocks*. Amer. Min., 48:1239-1254.
- VELDE, B. & KORNPORST, J. (1969): *Stabilité des silicates d'alumine hydratés*. Contr. Min. Petr., 21:63-74.
- VILLENA, J. (1976): *Estudio geológico de un sector de la Cordillera Ibérica comprendido entre Molina de Aragón y Monreal (provincias de Guadalajara y Teruel)*. Paleozoico. Bol. Geol. Min., 87.4:1-26.
- WEAVER, CH. W. (1960): *Posible uses of minerals in search for oil*. Bull. Amer. Asso. Petrol. Geol., 44.
- ZEN, E. A. & ALBEE, A. L. (1964): *Coexistent muscovite and paragonite in pelitic schists*. Amer. Min., 49:904-925.

Recibido: Diciembre 1987