

ESTUDIO DE LAS MAGNETITAS DE LATEDO: I CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO Y METALOGÉNICO DE LAS MINERALIZACIONES DE HIERRO ASOCIADAS A LOS MATERIALES ORDOVÍCICOS DE LA PROVINCIA DE ZAMORA

A. FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ y M. C. MORO BENITO

RESUMEN.—En este trabajo se efectúa un estudio geológico, mineralógico y geoquímico de las mineralizaciones de Fe sedimentarias de Latedo, en la provincia de Zamora, asociadas a los materiales ordovícicos de flanco S del Sinforme de Alcañices. Igualmente, se analizan las características paleogeográficas del medio de depósito y las fuentes del Fe y se establecen las condiciones fisico-químicas y los procesos de formación de la magnetita y las cloritas que constituyen estas mineralizaciones.

ABSTRACT.—A geological, mineralogical and geochemical study of the sedimentary Iron-ores from Latedo (Zamora) has been performed. The mineralizations are associated to Ordovician materials in the South limb of the Alcañices Synform. The palaeogeographic features, the depositional environment and the provenance of the mineralization are analyzed. The physico-chemical conditions in which the magnetite and chlorite constituting the mineralization were formed are established.

Palabras clave: Ordovícico, magnetitas, sedimentario-diagenético, lixiviación continental, Zamora, Alteración de rocas volcánicas básicas.

Key words: Ordovician, magnetites, sedimentary-diagenetic, continental weathering, Zamora, alteration of basic volcanics.

1. INTRODUCCIÓN

Las mineralizaciones de Fe de Latedo fueron puestas de manifiesto por MORO *et al.* (1989) al interpretar el Mapa del Campo Magnético Residual de la Comarca de Aliste. En varios puntos de esta comarca se encuentran restos

de explotaciones antiguas de Fe PUIG y LARRAZ (1883), ya hace referencia a las explotaciones de Fe de RÍO MANZANAS y otros autores, MARTÍNEZ GARCÍA (1971, 1972) y QUIROGA (1981) en sus trabajos de geología regional, mencionan en los tramos esquistosos situados a techo de la Cuarcita Armoricana, mineralizaciones de esta naturaleza.

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

La zona que contiene las mineralizaciones de Fe está situada en el NO de la provincia de Zamora, junto a la localidad de Latedo, en las hojas n.º 337-338 del Mapa Topográfico Nacional. Geológicamente se encuentra dentro de la Zona Centro-ibérica de JULIVERT *et al.* (1972), en el flanco S del Sinforme de Alcañices, que está limitado al S por el Antiforme de Villadepera (QUIROGA 1981, 1982), y al N por el de «Ullo de Sapo» o Antiforma de Sanabria (MARTÍNEZ GARCÍA, 1971, 1973).

3. GEOLOGÍA DE LA ZONA DE LATEDO

En la zona de Latedo se ha realizado una cartografía geológica a escala 1:25.000, y se ha levantado la serie estratigráfica de los materiales ordovícicos que en ella se encuentran (Fig. 1). De muro a techo, las formaciones diferenciadas son las siguientes:

Formación Cabeza de las Viñas: tiene una potencia de unos 300 m. y en ella se han diferenciado tres miembros. El inferior, formado por micaesquistos con intercalaciones de cuarcitas micáceas, el medio de naturaleza volcano-sedimentaria, constituido por metabasaltos fuertemente alterados por procesos hidrotermales y metamórficos. A techo de estos basaltos, y probablemente en relación con ellos, aparece un nivel de turmalinitas, de varios metros de potencia, constituido aproximadamente por un 70 % de turmalina de la serie Chorlita-Dravita. Y por último, el miembro superior presenta características similares al primero de ellos, pero tiene mayor abundancia de intercalaciones cuarcíticas. La edad de esta Formación, por correlación con otras series establecidas en la región, es Ordovícico inferior.

Formación Cuarcitas del Pielgo: tiene una potencia de unos 400 m. y en ella se han diferenciado dos miembros. El inferior formado por bancos de cuarcitas masivas y blanquecinas, y el superior constituido por cuarcitas micáceas con intercalaciones de esquistos. A este último miembro están asociadas las mineralizaciones de Fe. Esta Formación es asimilable a la Cuarcita Armoricana, de edad Arenig.

Formación Latedo: tiene una potencia de unos 1.050 m. y está constituida por pizarras grises azuladas, muy monótonas, de tonos oscuros, cuya edad es Llanvirn-Llandeilo.

Estas formaciones presentan características comunes a las definidas por otros autores en áreas adyacentes (RIBEIRO & REBELO, 1971; MARTÍNEZ GARCÍA, 1973; RIBEIRO, 1974; QUIROGA, 1981; REBELO, 1983-1985; REBELO AND

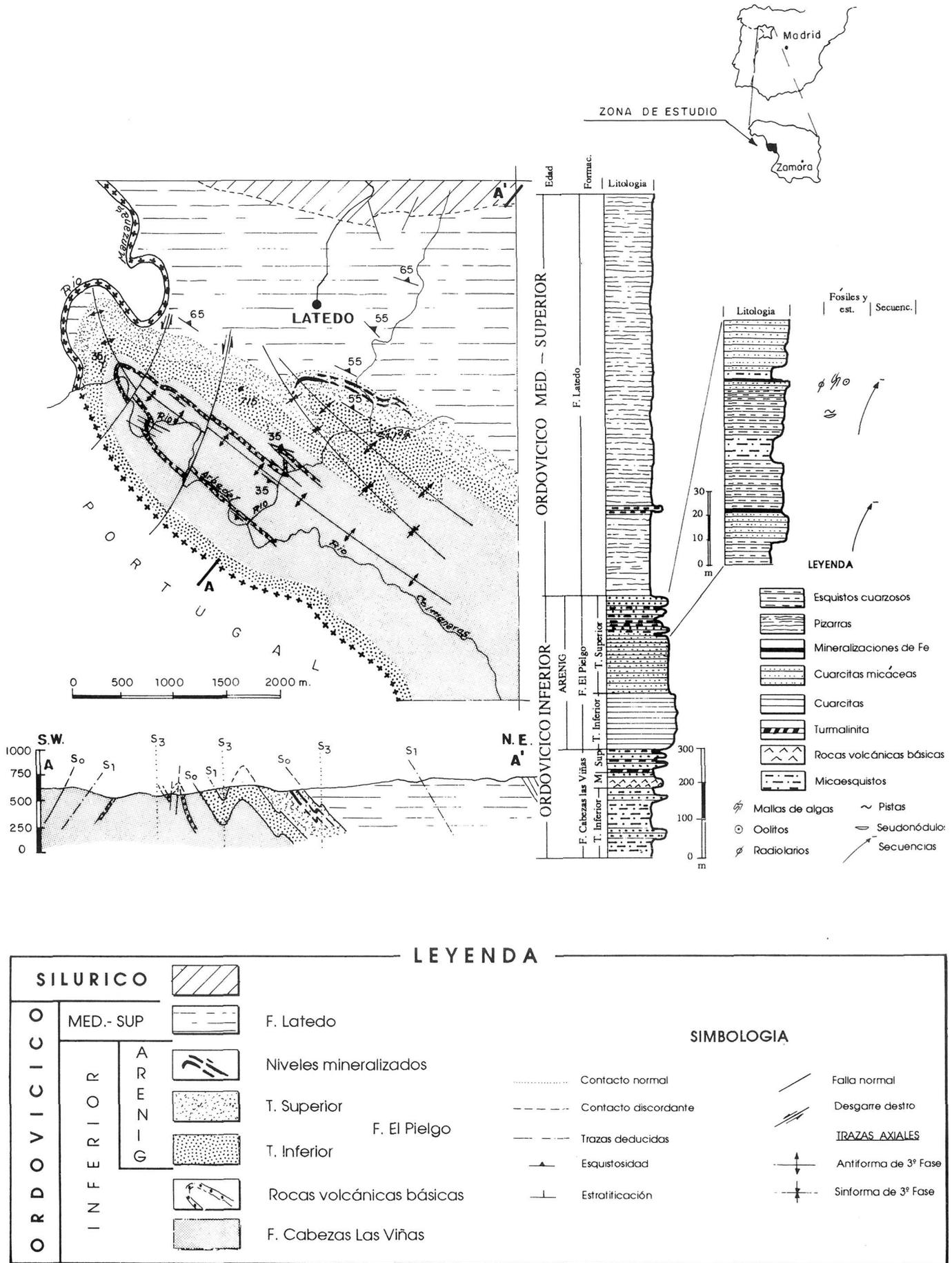


FIG. 1. Mapa geológico de la zona de Latedo (Zamora).

ROMANO, 1986 y VACAS y MARTÍNEZ-CATALÁN, 1987), y por lo tanto pueden correlacionarse entre sí. Ahora bien, teniendo en cuenta las diferencias encontradas entre ellas, como es la presencia de un miembro de naturaleza volcano-sedimentaria dentro de la formación inferior, no descrito en otras áreas y, además, la existencia de dos miembros bien definidos en la Formación Cuarcitas del Pielgo, se ha optado, en principio, por definir estas nuevas formaciones, que van a facilitar la descripción de las mineralizaciones de Fe asociadas a estos materiales.

Desde el punto de vista tectónico se han identificado dos fases de deformación y una etapa posterior de fracturación. Estas fases corresponden a las fases de deformación principales hercínicas I y III y a una etapa de fracturación terdihercínica respectivamente, definidas por QUIROGA (1981, 1982) y VACAS y MARTÍNEZ CATALÁN (1987). La fase I se manifiesta por una marcada esquistosidad S_1 , la fase III por una antiforma de plano axial subvertical con pliegues menores asociados, sobre todo a su flanco N y una esquistosidad de crenulación S_3 paralela al plano axial de esos pliegues. Y por último, a las etapas posteriores de fracturación le corresponde la presencia de dos desgarres senestros. Al S de la zona aparece un cizalla subhorizontal, no cartografiada, relacionada probablemente con la segunda fase de deformación hercínica.

El metamorfismo que afectó, durante la Orogenia Hercínica, a los materiales de esta zona, es un metamorfismo regional de grado muy bajo a bajo, que sobrepasó eventualmente la isograda de la biotita. Este metamorfismo abarca la zona de la clorita y parte de la zona de la biotita, sin llegar a alcanzar la del granate, ya que este último mineral no ha sido observado en el área.

4. LAS ROCAS ENCAJANTES DE LA MINERALIZACIÓN: FORMACIÓN CUARCITAS DEL PIELGO

4.1. Caracteres estratigráficos, mineralógicos y geoquímicos

Las mineralizaciones de Fe de Latedo se encuentran interestratificadas en los materiales pertenecientes al miembro superior de la Formación Cuarcitas del Pielgo, en los cuales, de muro a techo, se han diferenciado los siguientes tramos (Fig. 1):

- 20 m. de micaesquitos cuarzosos, formados fundamentalmente por cuarzo, clorita, moscovita y biotita. Como minerales accesorios están presentes la magnetita y el apatito. La esquistosidad S_1 está claramente marcada por la alternancia de lechos, muy poco potentes, de micas y óxidos de Fe.

- 10 m. de cuarcitas micáceas constituidas por cuarzo fundamentalmente y clorita, moscovita, feldespatos y magnetita como minerales accesorios. A techo de este tramo se encuentra el tramo mineralizado inferior.

- 20 m. de esquistos cuarzosos que contienen abundante magnetita en la base. Este tramo está constituido esencialmente por cuarzo, clorita y abundante materia orgánica. El tamaño de grano del cuarzo es muy homogéneo y presenta formas alargadas que se disponen paralelamente a la S_1 .

— 10 m. de micaesquistos similares a los del primer tramo descrito.

— 20 m. de esquistos constituidos fundamentalmente por cuarzo, clorita, moscovita y sericita. Este tramo presenta una estructura bandeada debido a la alternancia de lechos de clorita, moscovita y sericita con abundante magnetita, y otros de cuarzo fundamentalmente, que presentan micas y magnetita de forma diseminada.

— 3,5 m. de cuarcitas micáceas, en las cuales la magnetita, junto con el cuarzo y las cloritas, pasan a ser los constituyentes fundamentales. El apatito se encuentra de manera accesoria. También es característico de estas cuarcitas la presencia de radiolarios magnetitizados y de mallas de algas reemplazadas por clorita, magnetita y apatito, las cuales condicionan, probablemente, la estructura bandeada que se observa. A techo de estos materiales se encuentra el tramo mineralizado superior.

— 5 m. de clorito-esquistos cuarzosos, en los que la magnetita, junto con las cloritas y el cuarzo, continúan siendo los minerales fundamentales. El apatito y el circón son también frecuentes. Estos esquistos presentan una estructura bandeada, que está definida por la alternancia de lechos de mallas de algas reemplazadas por magnetita, clorita y apatito y otros, de mayor potencia y continuidad, formados por cuarzo, clorita y apatito y magnetita diseminados. Este bandeo define la S_0 que resulta subparalela a la S_1 .

— 10 m. de cuarcitas micáceas de tamaño de grano fino, similares a las que aparecen a muro del tramo mineralizado superior, aunque ligeramente más cuarzosas y con una orientación de los minerales menos marcada.

— 20 m. de cuarcitas micáceas de tamaño de grano medio a fino, constituidas fundamentalmente por cuarzo, clorita, moscovita y sericita. Presentan una estructura bandeada debido a la alternancia de lechos más silíceos con otros más micáceos. Este bandeo define la S_0 y es paralelo a la S_1 , que está bien desarrollada en los niveles más micáceos.

Con el objeto de observar la evolución de los elementos concentrados en los tramos mineralizados, respecto de los encajantes, de naturaleza más silícea, se analizaron 11 muestras pertenecientes, cada una de ellas, a los tramos diferenciados en el miembro superior de la Formación Cuarcitas del Pielgo (Tabla 1). Los contenidos de los elementos mayores y traza más significativos fueron representados gráficamente (Fig. 2). De la distribución de los elementos mayores, cabe destacar lo siguiente:

El contenido en Fe, representado como Fe_2O_3 , aumenta gradualmente hasta los tramos mineralizados, en los que presenta la concentración máxima, siendo ésta más alta en el tramo superior que en el inferior. En cambio, el contenido en SiO_2 sigue una traza prácticamente simétrica a la del Fe_2O_3 . Por otro lado, los contenidos en P_2O_5 y en CaO evolucionan de forma paralela, presentando ambos óxidos un aumento en los tramos mineralizados, lo que justifica la presencia en ellos de apatito, que se considera como un mineral característico de estas mineralizaciones. El aumento del contenido en MgO se debe a que el Mg forma parte de las cloritas, que son minerales esenciales en

estas mineralizaciones. El contenido en TiO_2 no presenta máximos claramente definidos, aunque puede decirse en general que es elevado en este tipo de rocas. Por último, el contenido en Al_2O_3 no aporta ninguna información ya que forma parte de varios minerales, distribuidos a lo largo de todo el miembro.

Respecto a la distribución de los elementos traza cabe destacar lo siguiente: el aumento del contenido en V de los tramos mineralizados, por la importancia genética que tiene este elemento. El contenido en S también aumenta, llegando a alcanzar, en el tramo inferior, un valor de 14.249 ppm. Los contenidos en Ni, Co, Cu y Zn, son en general bajos. Los contenidos en Co y Zn son más elevados en los tramos mineralizados. En el contenido en Cu se observa una cierta tendencia a aumentar en los tramos mineralizados o en sus proximidades, mientras que el de Ni disminuye. Estos últimos elementos pueden entrar en la red de la magnetita, sustituyendo al Fe^{++} , aunque también es posible que estén formando parte de los sulfuros de Fe. Por último, los contenidos en Ba son en general muy elevados.

TABLA I. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS NIVELES MINERALIZADOS Y DE LAS ROCAS ENCAJANTES

<u>Elementos mayores (% en peso)</u>											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO_2	83.56	33.95	26.26	57.27	85.86	46.21	5.72	61.69	92.22	88.14	85.18
TiO_2	0.59	0.67	0.97	1.41	0.31	0.34	0.32	0.65	0.30	0.33	0.54
Al_2O_3	5.76	3.82	7.19	6.52	8.19	4.02	3.92	5.31	3.54	4.56	6.53
Fe_2O_3	4.60	54.77	52.53	26.23	2.24	41.15	82.98	24.33	2.41	3.83	2.84
MgO	0.10	0.54	2.06	1.38	0.11	0.95	1.39	1.03	0.16	0.06	0.23
MnO	0.02	0.04	0.10	0.12	0.00	0.04	0.05	0.10	0.02	0.01	0.04
CaO	0.17	1.62	3.85	2.91	0.19	1.84	2.82	1.13	0.20	0.16	0.08
Na_2O	-	0.21	0.23	0.15	-	0.23	0.17	0.29	-	-	-
K_2O	1.98	1.01	2.97	1.94	1.00	0.66	0.89	1.33	0.57	0.09	1.55
P_2O_5	0.06	0.45	0.98	0.70	0.04	0.62	0.79	0.33	0.19	0.01	0.07
M.V	0.84	2.04	2.94	1.42	1.20	3.39	1.28	3.24	0.47	1.18	1.80
<u>Elementos traza (ppm)</u>											
S	0	14249	2111	0	406	3916	90	0	0	81	652
Cu	0	27	43	22	0	121	34	66	14	0	0
Cr	138	74	100	27	94	18	-	135	82	109	98.5
Sc	5.2	22	46	25	2.1	23	37	22	2.1	3.3	4.5
Zn	0	100	97	75	0	87	137	78	0	0	0
Y	23.3	100	175	144	10.5	152	156	50	17	32.8	19.5
Ni	40.4	19	2	-	13.1	58	1	1232	44.2	45.9	37.3
Co	8.6	4	16	10	5.3	-	10	15	3.5	7.4	5.7
Sr	51.1	228	185	228	4.3	46	141	48	27	53.1	34
V	92	532	578	345	47	482	731	240	29	81.7	49
Ba	554	2266	3217	4769	416	327	682	198	325	908	272

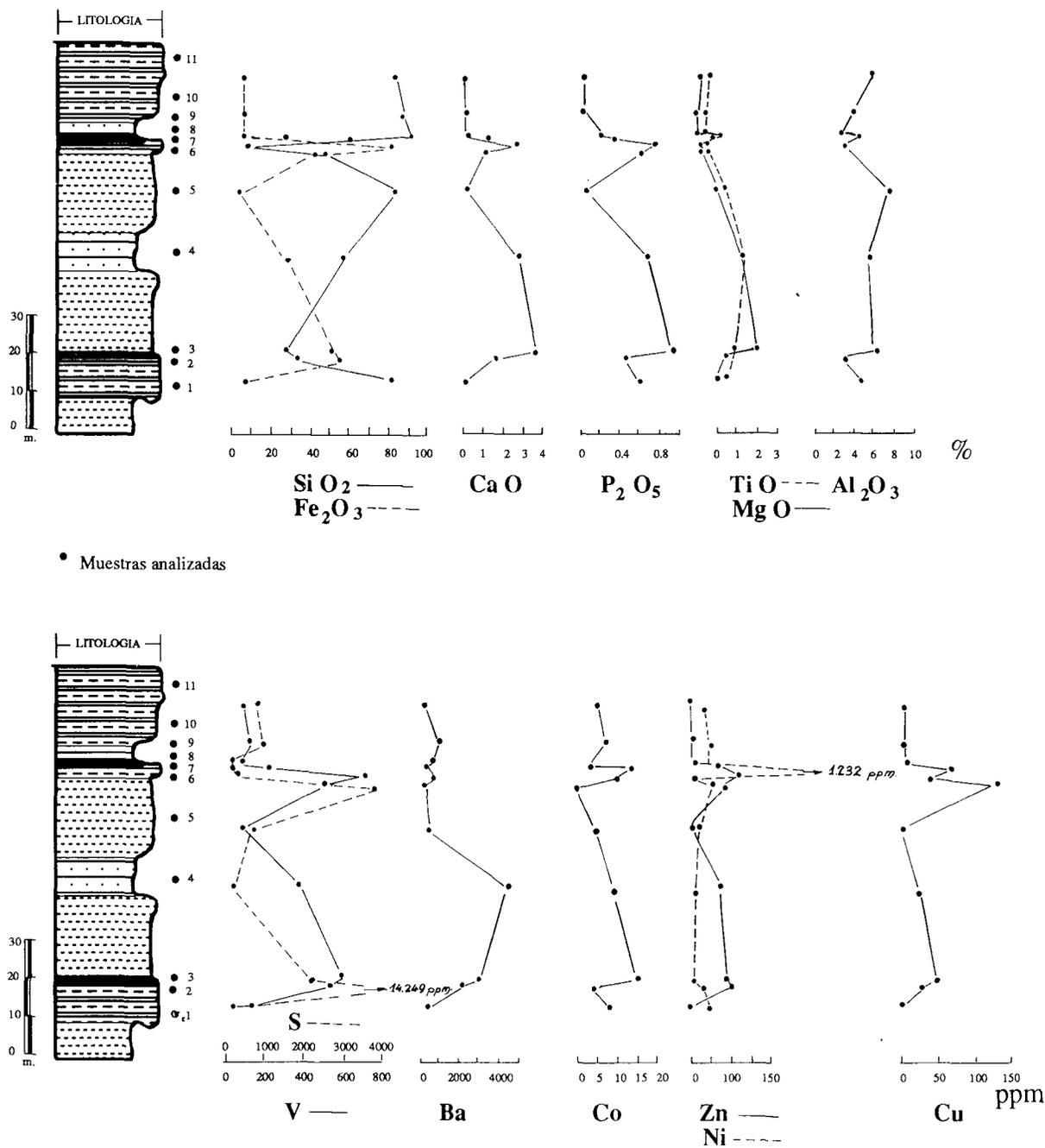


FIG. 2. Variación de las concentraciones de algunos elementos mayores (%) y trazas (ppm), en los niveles mineralizados y en las rocas encajantes.

- FIG. 3. a) *Afloramiento del nivel mineralizado superior, en el paraje denominado «El Zufrero». Obsérvese la estructura bandeada que presenta.*
- b) *Aspecto microscópico del bandeado algal, en este mismo nivel, donde se observan las mallas de algas reemplazadas por clorita, apatito y magnetita. Sección transp., LN × 63.*
- c) *Magnetita en cristales idiomorfos, parcialmente hematitizados a través de los planos de exfoliación (111). Sección pulida, NC × 200.*
- d) *Magnetita en agregados cristalinos con láminas de clorita y granos de apatito. Sección transp. NC × 63.*
- e) *Magnetita masiva con algunas impurezas de cuarzo y clorita. Sección pulida, LN × 200.*
- f) *Radiolarios magnetitizados y formas algales reemplazadas por apatito. Sección transp., Ln × 63.*

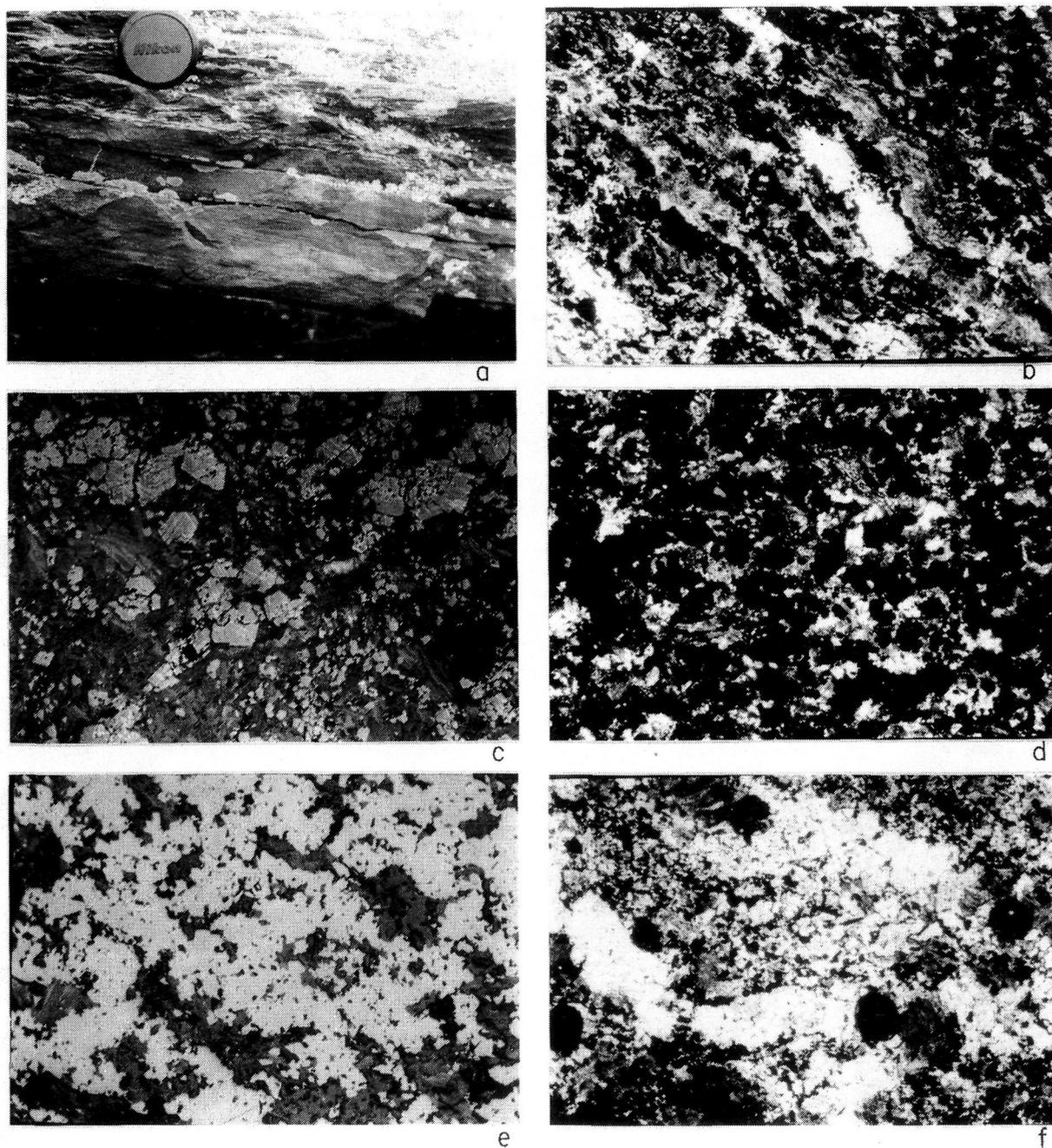


FIG. 3

5. DESCRIPCIÓN DE LAS MINERALIZACIONES

5.1. Caracteres morfológicos y mineralógicos

Las mineralizaciones de Fe de Latedo definen dos tramos poco potentes y de gran continuidad lateral, que están interestratificados en los materiales esquistosos del miembro superior de la Formación Cuarcitas de Pielgo. Las características texto-estructurales y mineralógicas que presentan son las siguientes:

Tramo mineralizado superior: tiene una potencia aproximada de 1 m., y presenta una estructura bandeada, debida a la alternancia de lechos más cloríticos con otros más ricos en magnetita. Este bandeo define la S_0 y es paralelo a la S_1 , y está condicionado en parte por la presencia de mallas de algas, reemplazadas por magnetita, clorita y apatito (Fig. 3a).

Los minerales fundamentales que constituyen este tramo son magnetita, clorita y apatito, y cuarzo, hematites, ilmenita, pirita, biotita y grafito como accesorios. La magnetita se presenta normalmente en cristales idiomorfos a subidiomorfos, en agregados cristalinos, masiva y reemplazando a mallas de algas y/o radiolarios (Figs. 3b, 3c, 3d, 3e y 3f). Normalmente este óxido de Fe está parcialmente martitizado a través de los bordes de los cristales y de los planos de exfoliación (111). En algunos de los cristales se diferencian pequeñas inclusiones de pirita. La clorita fue identificada por difracción de rayos X y calculada su fórmula química a partir de los parámetros deducidos de su difractograma, teniendo en cuenta una serie de premisas establecidas por NIETO (1983). Los valores obtenidos para el Si^{4+} y la relación Fe^{2+}/R^2 , representados en el diagrama de FOSTER (1962) (Fig. 4), dan que el tipo de clorita analizada es una thuringita $[(Mg_{1.08} Fe_4 Al_{0.92}) (Al_{1.48} Si_{2.52})_{0.10} (OH)_8]$.

El apatito se presenta en agregados cristalinos y reemplazando a mallas de algas de tal forma que, a veces, se pueden observar lechos casi continuos de este mineral.

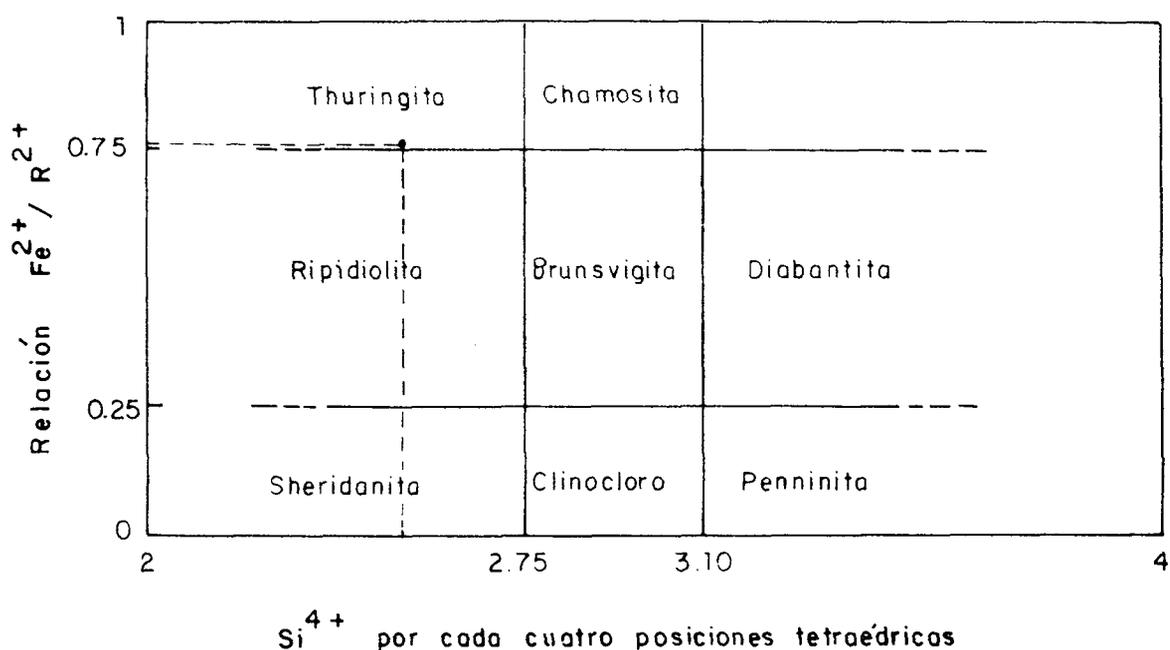


FIG. 4. Clasificación de las cloritas (FOSTER, 1962).

Tramo mineralizado inferior: tiene una potencia de 1,5 m. y es de naturaleza más arenosa que el superior. El cuarzo pasa a ser un constituyente esencial, mientras que las cloritas y la magnetita son menos abundantes y también de menor tamaño de grano. La ilmenita es más común, y lo mismo ocurre con la hematites y la goethita, las cuales aparecen en pequeños lechos y en filoncillos de origen secundario (Fig. 5a). La magnetita se presenta normalmente en cristales idiomorfos de pequeño tamaño, aunque también se observa reemplazando a formas algales (Figs. 5b y 5c).

5.2. Caracteres geoquímicos

De la composición química de los tramos mineralizados es importante señalar los contenidos elevados en V, el cual en el tramo superior tiene un valor de 731 ppm. También los contenidos en Al_2O_3 y P_2O_5 son bastante elevados (Tabla I).

Los análisis puntuales realizados por microsonda electrónica (CAMEBAX SX50) en las magnetitas y cloritas del tramo mineralizado superior (Tabla II), confirman las consideraciones hechas para los análisis químicos.

TABLA II. ANÁLISIS DE MAGNETITAS Y CLORITAS POR MICROSONDA ELECTRÓNICA

	A	B	C	D	E	F	G	H
SiO_2	0,155	0,380	0,136	0,565	0,102	0,251	25,956	22,417
TiO_2	0,094	0,065	0,050	0,110	0,061	0,111	0,021	0,007
Al_2O_3	0,085	0,076	0,064	0,083	0,083	0,063	20,137	20,718
Cr_2O_3	0,081	0,048	0	0	0,034	0,024	0,032	0,017
V_2O_3	0 191	0,200	0 283	0 180	0 307	0 139	0,007	0 068
Fe_2O_3	98,043	98,704	98,802	99,347	98,173	96,029	37,034	40,061
MnO	-	0	0,092	0	0	0,033	0,028	0,056
MgO	0	0,012	0	0,091	0	0,016	8,412	8,107
ZnO	0,068	0	0	0,101	0	0,807	0,027	0
NiO	0	0,011	0	0,006	0	0,032	0,022	0
CaO	0	0,023	0,008	0	0	0,049	0,092	0,002
Na_2O	0	0	0	0	0	0	0	0
K_2O	0	0,034	0,007	0	0,010	0	0,158	0,006
Nb_2O_5	0	0	0,009	0	0	-	-	-
P_2O_5	0	0	0	0	0	0,046	0,200	0,016
CoO	0	0	0	0	0	0	1,077	0
CuO	0	0	0,091	0,010	0	0,885	0,009	0
S_2O_3	0,048	0	0,048	0,075	0,286	0	0,065	0

(A, B, C, D, E y F : magnetitas. G y H : cloritas.)

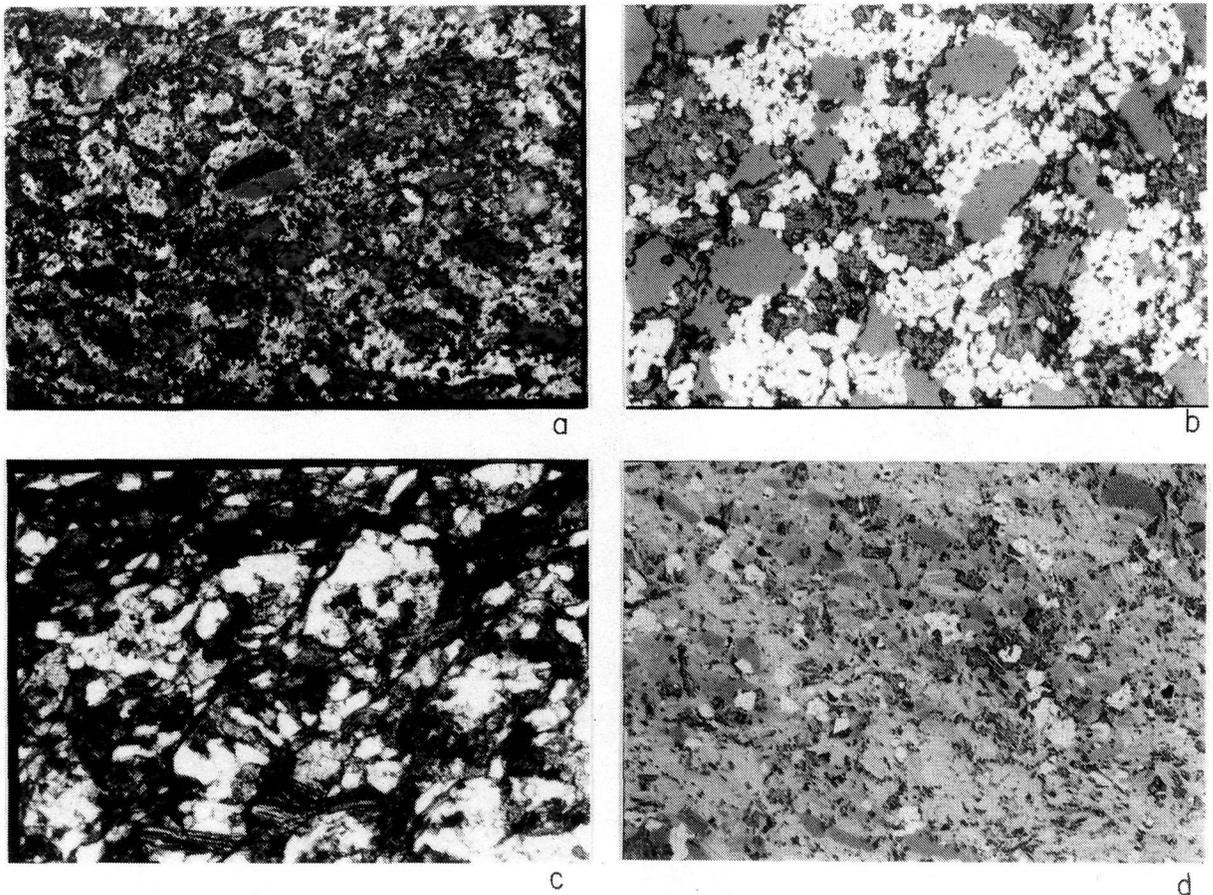


FIG. 5. a) Obsérvese los cristales subidiomorfos de magnetita, parcialmente transformada en hematites y goethita, y los cristales maclados de ilmenita. Sección pulida, NC \times 50.
 b) Aspecto microscópico de la textura granular que presenta, en determinados puntos, el nivel mineralizado inferior, donde pueden verse agregados de pequeños cristales idiomorfos de magnetita. Sección pulida, LN \times 200.
 c) Otro aspecto de este nivel mineralizado, donde se observan mallas de algas reemplazadas por clorita y magnetita, así como la presencia de abundantes cristales de cuarzo. Sección transp. LN \times 63.
 d) Textura bandeada de los lechos cloríticos (thuringitas) con cristales idiomorfos de magnetita diseminados. Sección pulida, LN \times 200.

En las magnetitas el contenido en Fe_2O_3 tiene un valor medio de 98,183 %, siendo también importantes los contenidos medios en V (0,217 %) y en Ti (0,156 %). Para las cloritas se ha obtenido un valor medio en Fe_2O_3 de 38,527 %, muy elevado respecto al 8,229 % de MgO. Estos contenidos indican que se trata de una clorita férrica, lo que concuerda con los resultados obtenidos a partir de los análisis de rayos X, expuestos en el apartado 4.1.

6. CONSIDERACIONES GENÉTICAS SOBRE LAS MINERALIZACIONES DE HIERRO DE LATEDO

Las mineralizaciones de Fe de Latedo pueden clasificarse en base a sus características texto-estructurales, mineralógicas, químicas y a su edad, como mineralizaciones de Fe sedimentarias de tipo IRONSTONES. No obstante, presentan algunas diferencias, como son el predominio de la magnetita en la facies óxidos y la ausencia de los carbonatos; así como la falta de las formas oolíticas que son muy características en este tipo de mineralizaciones. Sin embargo, conviene señalar que YOUNG (1989a) recomienda englobar con el término de Ironstones tanto a las mineralizaciones de Fe denominadas clásicamente con este término, como a las formaciones de Fe bandeado.

6.1. Paleogeografía de la zona de Latedo

Las condiciones físico químicas de la cuenca de depósito son las responsables de la especie mineral que en ella se forme; además, están estrechamente relacionadas con el medio paleogeográfico. Por esta razón se resumen a continuación las características físico-químicas y paleogeográficas de la zona de Latedo.

La Formación Cuarcitas del Pielgo (Arenig), roca encajante de los tramos mineralizados, y la Formación Latedo, definen una megasecuencia positiva que tiene carácter transgresivo. Los depósitos marinos someros, sublitorales, que constituyen el miembro inferior de la Formación Cuarcitas del Pielgo, están seguidos por otros de transición, que corresponden a los del miembro superior, sobre los cuales aparecen los sedimentos pelíticos de la Formación Latedo, de medios más profundos.

Al carácter arenoso de la Formación Cuarcitas del Pielgo se suma la presencia de mallas de algas fósiles, observadas al microscopio, que confirman la poca profundidad del medio. Además, en las proximidades de esta zona, se han encontrado huellas internas de organismos, probablemente *Daedalus*, las cuales son característica de zonas litorales arenosas (SEILACHER, 1967; CRIMES, 1975). En los materiales pelíticos de la Formación Latedo no se han encontrado fósiles que permitan deducir la batimetría exacta del medio en que se formaron. Ahora bien, tanto por su carácter lutítico, como por la correlación que se ha hecho con series vecinas, se puede decir que los depósitos que la constituyen son más profundos que los anteriores; y correspondientes probablemente a medios de plataforma externa.

Respecto a las condiciones físico-químicas del medio, puede decirse que éstas fueron reductoras, con unos valores de Eh intermedios entre los de facies de óxidos y de carbonatos (éstos últimos no encontrados en la zona de Latedo) y con pH básico. Todas estas condiciones están controladas por la presencia de materia orgánica. Esta última consideración se deduce de la presencia de grafito en los niveles mineralizados y en sus materiales encajantes y, además, por las condiciones paleogeográficas que regulan la oxigenación y la agitación de las aguas de la cuenca.

6.2. Origen del hierro

En cuanto a la fuente o fuentes que pudieron aportar el Fe a la cuenca son las áreas continentales emergidas durante el período en que estas mineralizaciones se formaron, finales del Arenig-principios del Llanvirn, las más probables, durante un período de estabilización de la transgresión ordovícica. Pequeñas oscilaciones del nivel del mar explicarían el hecho de que el tramo inferior sea más arenoso, de material más grosero que el tramo superior. Las referencias bibliográficas apoyan esta fuente.

Entre los autores que en España han estudiado mineralizaciones semejantes, cabe citar a LUNAR (1977), quien describe las mineralizaciones de Fe de la Zona Astur-Occidental Leonesa; GUTIÉRREZ MARCO *et al.* (1984), quienes efectúan una recopilación de los depósitos de Fe oolítico del Ordovícico de España, en los que encajan temporal y geológicamente las mineralizaciones de Fe de Latedo, a los que asignan un origen continental. ARAMBURU (1989) describe los depósitos de Fe oolítico de edad similar, en la zona Cantábrica, obteniendo el Fe que los constituye de la alteración subaérea del cemento de la dolomita ferrosa o de los materiales volcánicos. Esta procedencia del Fe, para estas mineralizaciones, ya había sido citada por otros autores (GARCÍA-RAMOS *et al.*, 1987). Por último, ARENAS (1984) estudia los Fe sedimentarios en la zona de Cabo Ortegal, cuyo origen podría estar en la alteración de rocas volcánicas existentes en el Ordovícico y Silúrico.

Por la proximidad a la zona de estudio, cabe citar las mineralizaciones de Fe del Norte de Portugal, de edad Ordovícico y de gran similitud mineralógica y textural con las de Latedo. Estas mineralizaciones han sido estudiadas por diferentes autores. A principios de siglo, HERNÁNDEZ SAMPELAYO (1929) estudió los yacimientos de Fe del Cabeço da Mua y de la sierra de Roboredo, en la región de Moncorvo, realizando una valoración minera importante, así como una descripción mineralógica y geoquímica de los mismos; COTELO NEIVA y DE MORAIS CERVEIRA (1951) estudiaron las magnetitas en la zona de Vila Cova do Marão, más tarde COTELO NEIVA *et al.* (1957) describen otras mineralizaciones de magnetita en la Sierra de Marão; RIBEIRO & REBELO (1971) hacen un estudio de los depósitos de Fe en Moncorvo, cuya continuación hacia el Este es estudiada más tarde por Rebelo (1980-1981) y, por último D'OREY y REBELO (1983) también realizan estudios sobre los yacimientos de Fe de esta zona. Igualmente, mineralizaciones de Fe semejantes a las de Latedo han sido descritas en el Macizo Armoricano Francés (CHAUVEL, 1971, 1974; JOSEPH, 1982),

asignándole también un origen continental. Por último, YOUNG (1986, 1989) efectúa una síntesis de los ironstones oolíticos que se encuentran en el Llanvirn inferior, Caradoc inferior y Ashgill inferior de Europa y áreas adyacentes, relacionando su formación con los momentos de máxima transgresión a escala global.

Por último, la presencia de rocas volcánicas básicas interestratificadas en los materiales de la Formación Cabeza de las Viñas, en la zona de Latedo, hace que no se descarte una relación de las mineralizaciones de Fe de esa zona con la alteración de rocas volcánicas básicas, las cuales han sido halladas muy próximas e incluso en contacto con las mismas en las zonas de San Mamed y Santa Ana (E de Latedo).

6.3. Procesos de formación de las mineralizaciones

La presencia de contenidos significativos en V, Ni, Cu, Zn y S, elementos que suelen asociarse con la materia orgánica y/o estar absorbidos, excepto el S, por los oxi-hidróxidos de Fe, inducen a pensar que la magnetita es de origen diagenético y recristaliza a partir de oxihidróxidos de Fe, los cuales serían depositados episódicamente en la cuenca. Estos episodios sedimentarios se formaron en un medio marino poco profundo. La magnetita que aparece en grandes cristales puede corresponder a una recristalización durante el metamorfismo regional, en aquellos puntos donde se llegó a alcanzar la subfacies de la biotita. Los bajos contenidos en TiO_2 de las magnetitas explican la ausencia, en los cristales, de exsoluciones de ilmenita y, en principio, descarta la posibilidad de que dicho mineral tenga un origen magmático; y además, el análisis termodinámico, atendiendo a la composición de las magnetitas analizadas, descarta un origen sinéctico para las mismas, hecho con el que están de acuerdo en la actualidad la mayoría de los autores.

Las thuringitas han podido comenzar su desarrollo durante la diagénesis, dado que las condiciones en que se desarrolla este proceso son adecuadas para su formación, ya que los contenidos en Mg de las soluciones intersticiales son importantes. La formación de estas cloritas probablemente continuó durante el metamorfismo regional de bajo grado que afectó a la zona, MAYNARD (1983), mantiene que el hecho de que las cloritas estén asociadas a magnetita, indica que éstas se originan por metamorfismo de bajo grado de la chamosita. No obstante, algunos autores, como es HAYES (1928-1930), mantienen que las cloritas se pueden formar por precipitación directa.

7. CONCLUSIONES

Las conclusiones más importantes de este trabajo son las siguientes:

En los materiales ordovícicos de la zona de Latedo se han diferenciado, de muro a techo, tres formaciones: *Formación Cabeza de las Viñas*: tiene una potencia de unos 300 m., y está constituida por micaesquistos con intercalaciones de cuarcitas micáceas, estas últimas más abundantes hacia el techo. En esta formación se describe, por primera vez en el Sinforme de Alcañices, la presencia de un miembro intermedio de naturaleza volcano-sedimentaria y de un nivel de turmalinitas, a techo del mismo. Su edad es Ordovícico inferior; *For-*

mación Cuarcitas del Pielgo: tiene una potencia aproximada de 400 m. y se han diferenciado dos miembros, el inferior está formado por cuarcitas blanquecinas y el superior está formado por cuarcitas micáceas con intercalaciones de esquistos. Su edad es Arenig; y *Formación Latedo*: tiene una potencia de unos 1.050 m. y está constituida por pizarras grises-azuladas, monótonas. Su edad es Llanvirn-Llandeilo.

Las mineralizaciones de Fe definen dos tramos de poca potencia y de gran continuidad lateral, que se encuentran interestratificados en el miembro superior de la Formación Cuarcitas del Pielgo. El tramo superior está constituido por magnetita, clorita y apatito como minerales esenciales y cuarzo, hematites, ilmenita, pirita, biotita y grafito como accesorios. En el tramo inferior el cuarzo pasa a ser un constituyente fundamental, mientras que la magnetita y la clorita son menos abundantes. La ilmenita y la hematites son más comunes y aparece la goethita como producto de oxidación de la magnetita y hematites. La magnetita se presenta normalmente en cristales idiomorfos a subidiomorfos, en agregados cristalinos, masiva y pseudomorfizando a mallas de algas y radiolarios.

La magnetita tiene probablemente un origen diagenético. Se originó durante este proceso por la recristalización de los oxi-hidróxidos de Fe sedimentarios, depositados en un medio marino somero, de baja fugacidad de oxígeno, como indica la presencia de grafito. Parte de la magnetita fue afectada por procesos metamórficos. En cuanto a la clorita su origen es diagenético y/o metamórfico.

La fuente más probable que aportó el Fe a la cuenca fueron las áreas continentales emergidas, durante el período en que estas mineralizaciones se formaron, en una etapa de estabilización de la transgresión ordovícica. Los datos bibliográficos apoyan esta fuente. Sin embargo, no se descarta una relación de estas mineralizaciones de Fe con la alteración de las rocas volcánicas básicas, encontradas en las áreas adyacentes.

8. BIBLIOGRAFÍA

- ARAMBURU, C. (1989): *El Cambro-Ordovícico de la zona Cantábrica (N.O. de España)*. Tesis Doctoral (inédita). Univ. Oviedo, 530 pp.
- CHAUVEL, J. J. (1971): Contribution à l'étude des minerais de fer de l'Ordovicien Inférieur de Bretagne. *Mem. Soc. géol. mineral. Bretagne*, 16, 243 pp.
- CHAUVEL, J. J. (1974): Les minerais de fer de l'Inférieur du bassin de Bretagne-Anjou, France *Sedimentology*, 21, 127-149.
- COTELO NEIVA, J. M., HENRIQUES DA SILVA, G. y GONCALVES PUREZA, F. (1957): Novas jazidas de magnetite na Serra do Marao e contribuição para o estudo geológico desta Serra. *Mem. e Not.*, Univ. Coimbra, 43, 82 pp.
- COTELO NEIVA, J. M. y MORAIS CERVEIRA, A. D. de (1951): A estrutura do jazigo de Magnetite de Vila Cova do. Marao. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 32, 223-230.
- CRIMES, T. P. (1975): The stratigraphical significance of trace fossils. En FREY, R. W. (Ed.): *The study of trace fossils. A synthesis of principles, problems and procedures in ichnology*. Springer-Verlag, Berlin, 109-130.

- D'OREY, F. L. C. y REBELO, J. L. A. (1983): The nature of the refractory iron ores at Moncorvo, North, Eastern Portugal. *Spec. Publ. geol. Soc. S. Afr.*, 7, 253-260.
- FOSTER, M. D. (1962): Interpretation of the composition and a classification of the chlorites. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper.*, 41-A, 1-33.
- GARCÍA RAMOS, J. C., SUÁREZ DE CENTI, C. PANIAGUA, A. y VALENZUELA, M. (1987): Los depósitos de hierro oolítico del Paleozoico de Asturias y N de León: ambiente de depósito y relación con el vulcanismo. *Geogaceta*, 2, 38-40.
- GUTIÉRREZ-MARCO, J. C., LUNAR, R. y AMORÓS, J. L. (1984): Los depósitos de hierro oolítico en el Ordovícico de España. Significado paleogeográfico. *Actas I. Congr. Esp. Geol.*, II, 501-525.
- HAYES, A. O. (1928): Wabana iron mines and deposits. Newfoundland. *Mining and Metallurgy*, IX, august.
- HAYES, A. O. (1928): Further studies of the origin of the Wabana iron ore of Newfoundland, *Ec. Geol.*
- HAYES, A. O. (1930): Structural geology of the conception bay region and of the Wabana iron ore deposits of Newfoundland. *Ec. Geol.*, abril.
- HERNÁNDEZ SAMPELAYO, P. (1929): Criadero de mineral de hierro de Moncorvo (Portugal), *Not. com. IGME*, 2, 2-86.
- JOSEPH, P. (1982): Le mineral de fer oolithique Ordovicien du Massif Armoricaín: Sédimentologie et paleogeographie. *Thèse. L'Ecole Nationale Superieuse des Mines de Paris*, 314 pp.
- JULIVERT, M., MARCOS, A. y TRUYOLS, J. (1972): L'évolution paleogeographique du NW de l'Espagne pendant l'Ordovicien-Silurien. *Bull. Soc. géol. minéral. Bretagne*, Coll. Ordovicien-Silurien (c), IV, 1, 1-7.
- LAZNICKA, P. (1985): *Empirical Metalogeny. Depositional Environments, Lithological Associations and Metallic Ores. Vol 1: Phanerozoic Environments, Associations and Deposits, Developments in Econ. Geol.*, 19, 1747 pp.
- LUNAR HERNÁNDEZ, R. (1977): Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del NW de la península. *Mem. IGME*, 20, 211 pp.
- MARTÍNEZ GARCÍA E. (1971): Esquema geológico de NW de la provincia de Zamora (Noroeste de España). *Publ. I Congr. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ.*, 1, 273-286.
- MARTÍNEZ GARCÍA, E. (1973): Deformación y metamorfismo en la zona de Sanabria. *Stvd. Geol.*, 5, 7-106.
- MAYNARD, J. B. (1983): *Geochemistry of sedimentary ore deposit*. Springer-Verlag. New York. Heidelberg, Berlin, 305 pp..
- MORO, M. C., CEMBRANOS, M. L. y PÉREZ DEL VILLAR, L (1989): Estudio aeromagnético y aeroradiométrico de los materiales Ordovícicos y Silúrico-Devónicos del Sinforme de Alcañices. Prov. de Zamora (in Prep.).
- NIETO, F. (1983): Las cloritas de las Cordilleras Béticas. *Tesis Doctoral* (inédita). Universidad de Granada.
- PUIG Y LARRANZ, G. (1883): Descripción geológica de la provincia de Zamora. *Mem. Com. Map. Geol. España*, 10,2-488.
- QUIROGA, J. L. (1981): Estudio geológico del Paleozoico del W de Zamora (Alba y Aliste). *Tesis Doctoral* (inédita). Univ. Oviedo, 210 pp.
- QUIROGA, J. L. (1982): Estudio geológico del Paleozoico del W de Zamora. *Trabajos de geología*. Univ. Oviedo, 12, 205-226.
- REBELO, J. A. (1980-81): Sobre o prolongamento para Este do jazigo de ferro de Moncorvo. *Bol. Soc. Geol. Port.*, 22, 267-271.
- REBELO, J. A. (1983-1985): Contribuição para o conhecimento da base do Ordovícico em Portugal-Região de Moncorvo. I Congreso Nacional de Geología-Aveiro, 1983. *Bol. Soc. Geol. Port.*, Lisboa, 24, 263-267.

- REBELO, J. A. & ROMANO, M. (1986): A contribution to the Lithostratigraphy and Palaeontology of the Lower Rocks of the Moncorvo Region, Northeast Portugal. *Comun. Serv. Geol. Portugal*, 72, 1/2, 45-57.
- RIBEIRO, A. (1974): Contribution a l'étude tectonique de Trás-os-Montes Oriental. *Serv. Geol. Portugal*, Mem. n.º 24 (nova série), 168 pp.
- RIBEIRO, A. & REBELO, J. A. (1971): Estudo geológico da região de Moncorvo e, em especial, do seu jazigo de Ferro. *Publ. I Congr. Hisp. Luso Amer. Geol. Econ.*, 4, 983-994.
- SEILACHER, A. (1967): Bathymetry of trace fossils. *Mar. Geol.*, 5, 413-428.
- VACAS, J. M. y MARTÍNEZ CATALÁN, J. R. (1987): El Sinforme de Alcañices en la transversal de Manzanal del Barco. *Studia Geol. Salmant.*, XXIV, 151-175.
- YOUNG, T. P. (1986): Oolitic ironstones in the Ordovician of Europe and adjacent areas: their sedimentological, stratigraphic and palaeogeographic significance. *Intern. Conf. on Iberian Terranes and their regional correlation*, sept. 1986, Univ. Oviedo. Resúmenes, p. 49.
- YOUNG, T. P. (1989a): Phanerozoic ironstones: an introduction and review. En: YOUNG, T. P. y TAYLOR, W. E. G. (Eds.), *Phanerozoic ironstones*, *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 46, iv-xxv.
- YOUNG, T. P. (1989b): Eustatically controlled ooidal ironstone deposition: facies relationships of the Ordovician open-shelf ironstones of Western Europe. En: Young, T. P. y Taylor, W. E. G. (Eds.), *Phanerozoic Ironstones*, *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 46, 51-63.