

# GEOLOGÍA Y METALOGENIA DE LOS YACIMIENTOS DE Pb Y W DE LA ZONA DE GUIJUELO. EL CASO DE LA STOLZITA DE LA TALA

J. C. MERCHÁN\*, A. MARTÍN-IZARD\*, A. ARRIBAS\*

**RESUMEN.**— Las mineralizaciones de Pb, W y Pb-W situadas al E de Guijuelo, se encuentran ubicadas en metasedimentos del Complejo Esquisto Grauvaquico y, en particular, de la formación Monterrubio, que en esta zona presenta tres fases de deformación hercínica, así como una importante fracturación tardihercínica. El origen de estos yacimientos es hidrotermal para el caso del Pb y sedimentario metamórfico para el del tungsteno, confluyendo ambos tipos en el yacimiento de La Tala, en cuya zona de cementación aparece la stolzita ( $\text{WO}_4\text{Pb}$  tetragonal), un raro mineral que en este yacimiento presenta características peculiares.

**ABSTRACT.**— The Pb, W and Pb-W mineralizations described in this paper are situated 3-4 km east of Guijuelo, in the province of Salamanca. The host rocks are metasediments of the Monterrubio Fm., a rock assemblage occurring in the schist greywacke complex (CEG), which underwent three Hercynian tectonic stages and one important late Hercynian fracturation. The Pb ores are vein-like and hydrothermal, the W ores are disseminated in calcsilicate rocks; and the Pb-W ores, represented by La Tala orebody, have a mixed origin, as hydrothermal Pb-rich solutions affected the stratabound W mineralizations already present in the CEG. Due to it, stolzite ( $\text{PbWO}_4$ ) made up most of the ore when the mine was in operation.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es el esclarecimiento de la metalogenia de las mineralizaciones de wolframio y plomo existentes en las minas situadas al E de Guijuelo (Salamanca).

\* Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Universidad de Salamanca.

Aparte del interés económico que dichos yacimientos puedan tener, su principal importancia radica en que en uno de ellos se dan las únicas mineralizaciones españolas, y una de las pocas del mundo, en las que aparece el wolframato de plomo, ya que la paragénesis principal del mismo viene definida por la presencia de STOLZITA ( $\text{Pb WO}_4$ ) y GALENA ( $\text{Pb S}$ ).

Por este motivo se han realizado diversos estudios a fin de poder comparar la metalogenia de todos los yacimientos existentes en este sector.

Las áreas estudiadas (figura 1) están situadas en el borde sur-oriental de la provincia de Salamanca, en el límite con la provincia de Ávila.

Dichas áreas se encuentran junto al embalse de Santa Teresa, y están comprendidas en las Hojas del mapa topográfico nacional 1:50.000 números: 528 (Guijuelo) y 529 (Santa María del Berrocal).

## 1. GEOLOGÍA REGIONAL

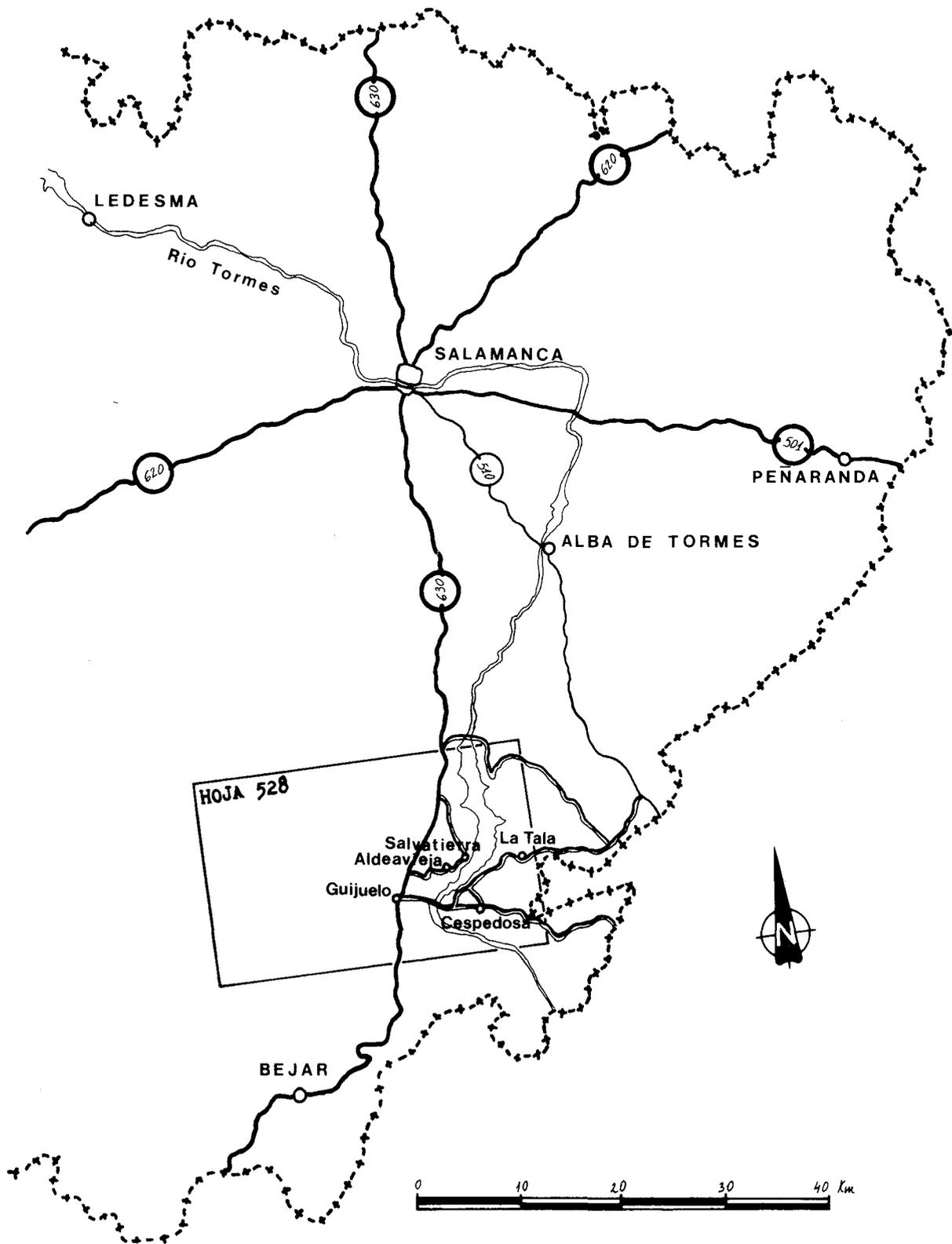
La zona estudiada está situada en el Macizo Ibérico, dentro de la zona Galaico-Castellana, de LOTZE (1945), y de la zona Centro-Ibérica, de JULIVERT y otros (1972).

Todas las mineralizaciones están situadas dentro de metasedimentos precámbricos pertenecientes al Complejo Esquisto-Grauváquico (C.E.G.) (CARRINGTON DA COSTA, 1950), que son las rocas dominantes en el área. Concretamente están encajadas en la serie inferior denominada Formación Monterrubio (DÍEZ BALDA, 1980).

Estos materiales metasedimentarios han sido afectados por las diferentes fases de deformación de la orogenia Hercínica y, posteriormente, por los grandes sistemas de fractura tardihercínicos, de dirección NE-SO, que a veces llevan asociados filones de cuarzo, ocasionalmente mineralizados.

En un sentido amplio, los límites geológicos de la zona están definidos por las siguientes formaciones: al Norte, la cobertera cenozoica (miocena); al Sur, la granodiorita biotítica «tardía» (post fase 2) y su cinturón metamórfico (GARCÍA DE FIGUEROLA Y FRANCO, 1975; FRANCO, 1980); al Este, los granitoides deformados (sin fase 2) del Álamo (GARCÍA DE FIGUEROLA Y FRANCO, 1975); y al Oeste, la formación superior del Complejo, o formación Aldeatejada, que se pone de manifiesto por sinclinales de la fase 1 (DÍEZ BALDA, 1982).

Figura 1



## 1.1. Antecedentes

En la zona objeto de estudio, se han realizado diversos trabajos entre los que destacan los de GARCÍA DE FIGUEROLA Y FRANCO (1975), DÍEZ BALDA Y HACCAR RODRÍGUEZ (in litt), DÍEZ BALDA (1982) y FRANCO Y CASTRO (1983).

Según estos autores, el Complejo Esquisto-Grauváquico de la zona está constituido por dos formaciones, las denominadas de Aldeatejada y Monterrubio. Es en esta última donde se encajan las mineralizaciones estudiadas y por tanto la que ofrece mayor interés.

Está constituida por 2.000 m. de pizarras arenosas, pizarras negras bandeadas y tramos métricos de conglomerados, cuarcitas, microconglomerados y porfiroides. Respecto a la litología, cabe destacar, por su importancia metalogénica, las anfibolitas y esquistos calcosilicatados, atribuyendo a las primeras un origen volcánico-básico, y uno sedimentario (margas), a las segundas.

El límite superior de esta formación corresponde al último tramo conglomerático, sobre el cual se dispone concordante la formación Aldeatejada. El límite inferior no se conoce en la zona de Salamanca.

## 1.2. Petrografía

Para el conocimiento de la geología de la zona, se efectuó un primer estudio cartográfico que consistió en la realización de un mapa a escala 1:50.000 (figura 2) en el que se han reflejado las principales litologías, los caracteres estructurales y la ubicación de las antiguas labores mineras.

Para la confección del mapa se ha tenido en cuenta la Hoja nº 528 (Guijuelo) del proyecto «Magna» del IGME (in litt), así como algunos mapas de detalle obtenidos de la memoria de indicios mineros de la misma Hoja.

Estos mapas han sido modificados y ampliados durante la realización del presente trabajo.

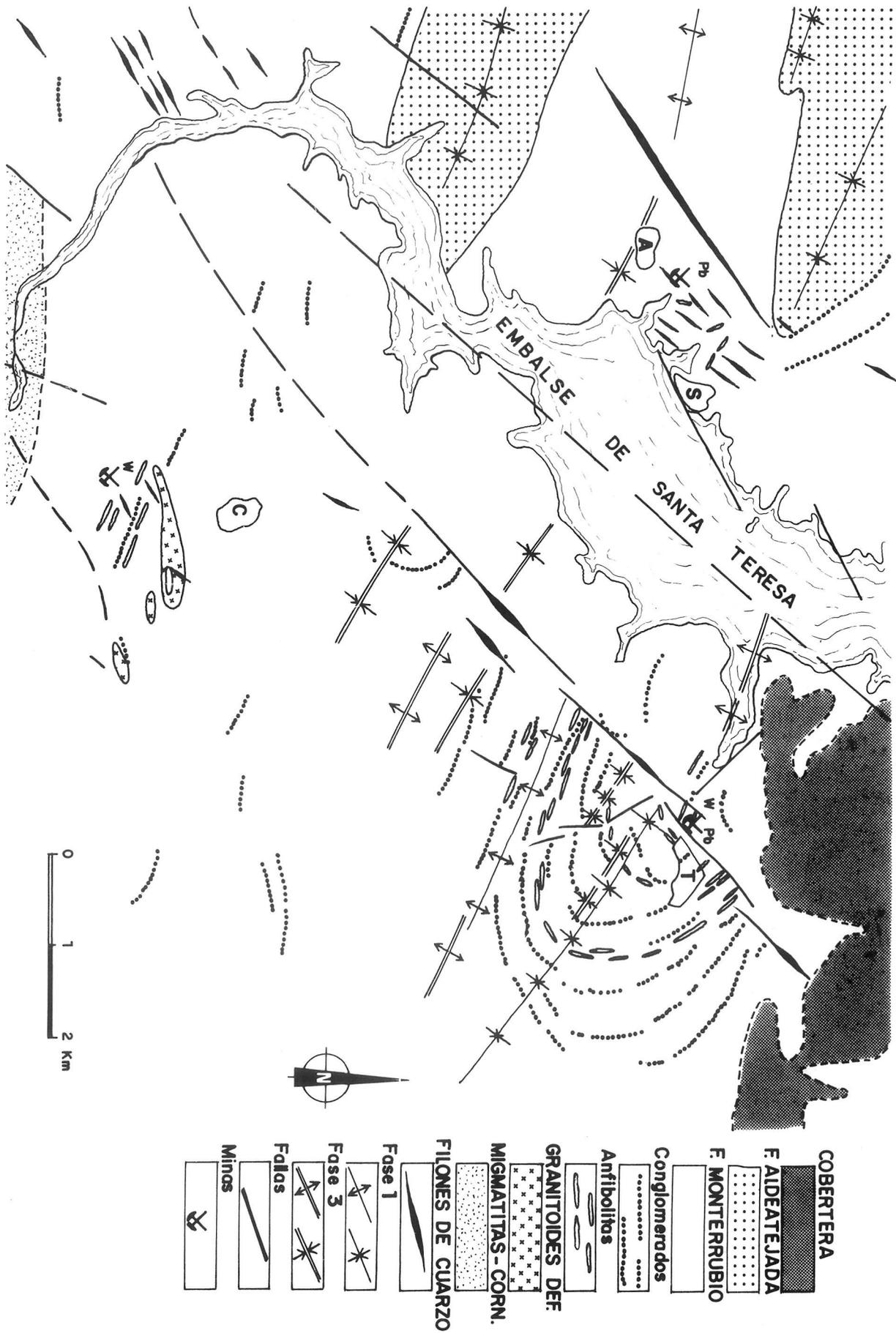
Desde un punto de vista petrográfico, las litologías que aparecen en la cartografía se pueden reunir en dos grandes grupos:

- Los metasedimentos deformados del CEG y
- Los sedimentos poco o nada deformados de la cobertura cenozoica.

### 1.2.1. C.E.G.: Formación Monterrubio

En la zona estudiada, la formación Monterrubio ocupa la mayor parte de la figura 2. Sus litologías comprenden:

Figura 2



- *Pizarras grises*: micacitas moscovíticas-cuarzosas, cuarcitas moscovíticas y pizarras bandeadas.
- *Pizarras negras*: ampelitas bandeadas.
- *Cuarcitas*: ortocuarcitas.
- *Conglomerados*: conglomerados y porfiroides, microconglomerados y cuarcitas microconglomeráticas y cuarcitas.
- *Niveles calcosilicatados*: anfibolitas feldespáticas y cuarcitas anfibólicas.

### *Pizarras grises*

Bajo este nombre se agrupan un conjunto de litologías que, en la zona estudiada, ocupan la mayor parte de su extensión. Además, éstas son las rocas encajantes de la mineralización en el yacimiento de La Tala.

Sus colores, en afloramiento, son muy variados, dependiendo de su grado de alteración. Cuando la roca está fresca son grisáceos, algo verdosos, con tonalidades más o menos claras. Conforme se van alterando, las pizarras toman un color más amarillento hasta llegar a tonos pardos y marrones, debidos a los hidróxidos de Fe formados en la alteración, los cuales se infiltran por los planos de esquistosidad y fractura.

Las litologías varían insensiblemente desde unas micacitas moscovíticas, con poco cuarzo, hasta unas micacitas cuarzosas, e incluso cuarcitas moscovíticas, las cuales, a pesar de su aspecto pizarroso, por la gran cantidad de matriz que contienen, poseen la consistencia y dureza propia de estas rocas.

Estas diferencias en la proporción matriz/cuarzo se observan claramente cuando estas litologías alternan entre sí, produciendo un bandeo en el que cada lámina tiene escasos centímetros o milímetros de potencia. Es en estos casos cuando, en el contacto entre niveles de distinta composición, se producen estructuras de tipo «mullion» (foto 1) debido al aplastamiento y a la diferencia de competencias.

En ocasiones, en los tramos pelíticos, se puede ver una laminación lenticular, presumiblemente de origen primario; no obstante, las laminaciones de estas rocas se deben con gran frecuencia a bandeados tectónicos, reconocibles al microscopio, y que son debidos a la imposición de la esquistosidad de fase 2 ( $S_2$ ) sobre la  $S_1$ .

De otro lado, los tramos con mayor cantidad de cuarzo, segregan en los planos de esquistosidad y fractura sílice amorfa, que con la lámpara de rayos UV se muestra de un color verde-amarillento, muy brillante. También se encuentran, en ocasiones, cristales idiomorfos de pirita originados diagenéticamente.

Alternando en esta litología se pueden ver capas de cuarcitas de espesor variable, así como tramos conglomeráticos y niveles calcosilicatados que se describirán más adelante.

### *Pizarras negras*

Las pizarras anteriormente descritas pueden pasar, en determinados sitios, por aumento de los compuestos grafitosos, a pizarras negras.

Interesan preferentemente aquellas que aparecen en las inmediaciones de las minas de Aldeavieja de Tormes, dado que son ellas las rocas encajantes de las mineralizaciones existentes en ese lugar.

Estas ampelitas poseen una composición mineralógica muy similar a la de las pizarras grises, esto es, gran cantidad de moscovita y cuarzo y algo de biotita, aparte de la materia orgánica transformada en grafito. Las variaciones en la vertical de este último, junto con el diferente contenido en cuarzo, va a dar lugar a un laminado en el que alternan niveles claros y oscuros de diferente consistencia.

Es de resaltar la gran cantidad de pirita que estas rocas pueden llegar a tener, sobre todo, aquellas que hacen de caja de la mineralización. Este sulfuro se concentra preferentemente en las superficies de esquistosidad y en las grietas producidas en los niveles ricos en cuarzo por una deformación de tipo frágil, las cuales se rellenan primero de sílice y posteriormente de pirita. Este mineral ocupa también los planos de fractura.

Por todas estas circunstancias se puede decir que, en las ampelitas con pirita de origen sedimentario, se producen removilizaciones posteriores hacia las zonas antes descritas.

En cualquier caso, la pirita produce al alterarse gran cantidad de compuestos ferruginosos que tiñen de color rojizo a las pizarras negras.

### *Cuarcitas*

Se presentan intercaladas entre las pizarras con potencias variables entre unos pocos centímetros y algunos metros y generalmente asociadas a los conglomerados, dándose entre ellos cambios laterales de facies.

Están constituidas mayoritariamente por cuarzo, existiendo también, en menor proporción, plagioclasas y feldespatos K. Las micas, entre las que domina la moscovita, son poco abundantes. Aparecen adaptándose a los granos de cuarzo, los cuales están deformados, alargados y recristalizados, pudiendo verse entre ellos puntos triples.

Los escasos minerales opacos que tienen se orientan y alargan junto con otros minerales melanocráticos, como las biotitas, definiendo una lineación de estiramiento en las mismas.

Como es de esperar, esta litología segrega gran cantidad de cuarzo secundario que rellena multitud de venas y filoncillos.

Por otro lado, tanto en la zona de La Tala como en la de Aldeavieja, pueden verse capas de cuarcitas de más de medio metro de potencia boudinadas espectacularmente debido a la diferencia de competencia con las pizarras que les rodean; en estos casos, la esquistosidad dominante (que es subparalela a la estratificación en todos los casos), se adapta a los bordes de los boudines (foto 2).

### *Conglomerados*

Dentro de este término se incluyen también los llamados «porfiroides» de MARTÍNEZ GARCÍA Y NICOLAU (1973), pero sin darles una implicación genética.

Estos conglomerados están formados mayoritariamente por cuarzo, pudiendo, en ocasiones, tener abundantes feldespatos, adaptándose las micas al contorno de los cantos. Entre los accesorios se encuentran minerales del grupo de la epidota-zoisita-clinozoisita, los cuales llevan generalmente asociados minerales opacos.

Teniendo en cuenta la escasa cantidad de matriz existente entre los clastos y su cementación silícea, han sido clasificados como ortoconglomerados.

Se pueden distinguir en estos conglomerados estructuras sedimentarias, tales como imbricaciones de cantos o granoselecciones.

Estos niveles cambian lateralmente de facies, pasando a litologías tales como microconglomerados, cuarcitas microconglomeráticas y cuarcitas.

En determinadas zonas producen gran cantidad de cuarzo secundario de segregación, llegando a enmascarar la estructura primaria de la roca y rellenando las fracturas y grietas existentes en el entorno, con la consiguiente formación de diques de cuarzo.

Estos conglomerados y litologías afines son muy resistentes a la erosión y, por ello, sus resaltes ayudan en la cartografía geológica, comprobándose de esta forma su gran continuidad lateral y también, como ocurre en la zona de La Tala, su frecuente y rítmica repetición.

### *Niveles calcosilicatados*

Son niveles con escasa potencia, centimétrica, de cuarcitas anfibólicas y anfibolitas feldespáticas que se encuentran intercalados tanto en las facies más cuarcosas, como en las más pelíticas.

Como puede verse en la figura 2, su abundancia en la zona de La Tala es significativa. También se han encontrado abundantemente en Cespedosa y, en menor proporción, en la zona de Aldeavieja.

Los componentes mayoritarios son cuarzo y feldespato, junto con gran cantidad de minerales calcosilicatados accesorios tales como:

- Anfíbol cálcico (actinolita-tremolita),
- Granate (grosularia con participación de almandino y algo de espesartita),
- Clinopiroxeno cálcico (diópsido),
- Esfena,
- Epidota-Zoisita-Clinozoisita (van asociados a opacos) y
- Scheelita (ocasionalmente).

Cuando estos niveles se alteran toman un color blanquecino característico, tanto mayor cuanto más feldespato tienen.

Dentro de ellos pueden verse las lineaciones que proporcionan los anfíboles y que son paralelas a la esquistosidad, por todo lo cual son fácilmente reconocibles (foto 4).

Normalmente no afloran aislados, presentándose por lo general varios niveles asociados, intercalados en las pizarras, y separados entre sí algunos decímetros o metros.

En conjunto, estos niveles pueden tener una gran continuidad lateral, como lo demuestra el hecho de que aparezcan en ambos flancos del sinclinal de La Tala. No obstante, cada nivelillo por separado puede acuñarse lateralmente.

También es frecuente que aparezcan boudinados, en cuyo caso la lineación de los anfíboles se adapta al borde del boudín. En estos casos puede verse un zonado mineralógico desde el borde al centro del boudín.

Hacia el borde, dominan los anfíboles y los granates de pequeño tamaño, y hacia el centro, los granates aumentan de volumen y domina el clinopiroxeno (foto 8).

Estos niveles tienen una gran importancia metalogénica, como se verá más adelante y, únicamente resaltaremos la presencia de scheelita como mineral accesorio en las anfibolitas de Cespedosa.

### 1.2.2. *Terciario*

Posee dos niveles. El inferior son arcosas de color blanquecino, con feldespatos y cantos rodados de cuarzo y cuarcita que rellenan un paleorelieve de edad miocena.

El superior son arcillas rojas, con cantos rodados que presentan una aureola de lavado decolorada por encharcamiento.

Su edad es Mioceno Superior o Plioceno Inferior y en cualquier caso, anterior a la raña. El espesor de ambos niveles es inferior a 15 metros (DÍEZ BELDA, in litt.).

### 1.3. Tectónica

La deformación hercínica es la más importante acaecida en los materiales antes descritos del complejo esquistograuváquico de esta zona. Se pueden distinguir tres fases de deformación distintas y consecutivas en el tiempo, además de una posthercínica de gran importancia metalogénica.

#### 1.3.1. Deformación hercínica

La primera deformación hercínica se pone de manifiesto en los pliegues de plano axial subvertical y dirección NO-SE (figura 2) que se enumeran seguidamente:

- El sinclinal de Pizarral.
- El anticlinal de Cabezuela.
- El sinclinal de Campillo.
- El sinclinal de La Tala.

Según la memoria de la hoja de Guijuelo, la inclinación de los ejes de los pliegues es de 10° a 25° hacia el NO, siendo la longitud de onda de 2 a 5 Km y la amplitud de 1 Km, estando acompañados de pliegues menores.

De todos, el más interesante para este trabajo es el cierre periclinal del sinclinal de La Tala. El mismo ha sido interpretado por diversos autores de formas distintas.

Tanto RODRÍGUEZ Y LOBATO (1974) como GARCÍA DE FIGUEROLA Y FRANCO (1975), lo interpretan como pliegues de fase 1 de dirección NE-SO y vergentes al SE, que serían plegados posteriormente por una sinforma de fase 2, de plano axial subvertical y dirección NO-SE.

Por el contrario, DÍEZ BALDA Y OTROS (1977) y DÍEZ BALDA (in litt y 1982) consideran que se trata de un pliegue de fase 1 de plano axial subvertical y dirección NO-SE.

Esta primera fase de deformación desarrolla una esquistosidad  $S_1$  subvertical y de dirección paralela a los ejes de los pliegues, que se encuentra práctica-

mente borrada en el campo debido a que las fases posteriores desarrollan una nueva esquistosidad.

No obstante, en los niveles cuarzosos del bandeo tectónico ( $S_2$ ), producido por la interferencia de esquistosidades, pueden observarse aún micas orientadas según la antigua  $S_1$ , así como también arcos poligonales que serían los restos de las charnelas que se produjeron en la crenulación de la  $S_1$  por la  $S_2$ .

La segunda fase hercínica desarrolla una esquistosidad  $S_2$  que es la más importante, mejor desarrollada y más fácilmente observable en todo el área. Al microscopio se puede ver que se trata de una segunda esquistosidad que se manifiesta como un bandeo tectónico, dentro del cual se distinguen bandas ricas en micas y bandas ricas en cuarzo.

En las primeras, los filosilicatos se encuentran totalmente reorientados y con el mismo ángulo de extinción. En las segundas existen fémcicos sin reorientar, y el cuarzo se encuentra recrystalizado y alargado según el nuevo elipsoide de deformación finita.

El eje X de deformación para la fase 2 puede verse en las lineaciones de estiramiento, tanto en los cantos de cuarzo de los conglomerados (foto 3), como en los minerales fémcicos, que se alargan según esta dirección y que son visibles en los planos de esquistosidad de las pizarras.

La deformación de la fase 2 se debe principalmente a un cizallamiento simple, que ocasiona pliegues de plano axial subhorizontal y charnela curva (en «dedo de guante») característica de este tipo de deformación (foto 6).

Por último, señalar que el boudinaje observable en las capas de conglomerados, cuarcitas y niveles calcosilicatados es debido al aplastamiento ocasionado por la fase 2, y por ello los boudines son paralelos a la  $S_2$  (foto 2).

La tercera fase hercínica se pone de manifiesto en la superficie de esquistosidad  $S_2$ , la cual se encuentra plegada, dando sinformas y antiformas de plano axial subvertical y dirección NO-SE, coincidiendo frecuentemente con las trazas axiales de los pliegues de fase 1.

Estas estructuras de tercera fase son de intensidad variable, existiendo con frecuencia pequeñas sinformas y antiformas de orden menor y longitud de onda de pocos metros.

La fase 3 es la responsable del aplastamiento que puede verse en el sinclinal de La Tala. En la figura 2 se observa una mayor separación de los conglomerados en la charnela del pliegue que en los flancos, donde aparecen más juntos debido al acortamiento.

La esquistosidad  $S_2$  puede verse localmente crenulada por una incipiente y poco desarrollada  $S_3$  subvertical que, como puede verse al microscopio, tiende a acumular opacos y biotitas en esos planos de anisotropía. En el bandeo tectó-

nico producido por la fase 2, la crenulación de fase 3 se desarrolla en los niveles más micáceos.

### 1.3.2. *Deformación tardía y posthercínica*

Esta tectónica, que en general es de tipo frágil, genera fallas y desgarres que, en ocasiones, dan lugar a la formación de filones de cuarzo.

Esta deformación se desarrolla mejor en las litologías más competentes (más cuarzosas), dado que su respuesta ante un esfuerzo será más frágil y, por otro lado, tienen mayor capacidad de segregar filones de cuarzo en las grietas durante la relajación.

Así pues, existe un control litológico de esta fracturación, y por tanto, de las mineralizaciones que, como se verá, están asociadas a las salbandas de los filones.

Estas fallas tienen una historia compleja y han jugado de diversas maneras:

- Movimientos senestros,
- Movimientos dextros y
- Movimientos verticales

#### *Movimientos senestros*

Los movimientos senestros tienen una dirección aproximada N 50° E y dan lugar a:

- Fallas y fracturas,
- Filones de cuarzo y
- Brechas asociadas a estos últimos.

Para esta zona, las grandes fracturas tardihercínicas NE-SO son producidas durante este movimiento senestro. Una evidencia de esta afirmación se tendría en la falla de La Tala que, en su trazado por este área (figura 2), ocasiona una serie de fallas en «échelon» o en relevo que se interpretan como fracturas tipo «Riedel» producidas por una cizalla senestra subvertical.

El hecho de que éstas aparezcan en la zona de máxima concentración de niveles conglomeráticos está en consonancia con este tipo de deformación en zonas de cizalla frágiles.

Estas fallas dibujan suaves sigmoides que forman un ángulo, entre 5° y 10°, con la dirección general de movimiento. También se encuentran otras pequeñas fallas que se podrían interpretar por su orientación como «Riedel conjugadas».

A pesar de la escasez de fracturas encontradas, la diferencia de escalas, y la complejidad del área, la disposición de las fallas en la zona estudiada podría parecerse al estadio «b» del experimento Riedel (TCHALENKO, 1970).

Por lo que se refiere a los filones de cuarzo, se pueden dividir en dos grupos. Por una parte, aquellos de dirección aproximada N 50° E y cuyo trazado coincide con el de las fallas principales; por otro lado, los que son oblicuos a las mismas y cuya dirección es N 30° E.

Los primeros se introducen aprovechando las zonas de debilidad que suponen los desgarres, sin que tengan porqué ser contemporáneos con los mismos, pudiendo haberse producido en un rejuego posterior o durante la relajación de esfuerzos.

Por el contrario, aquellos que resultan ser oblicuos a las fallas, y que en general son de escasa longitud, pueden explicarse como grietas de tensión que, como tales, se rellenan de cuarzo. Estas son fácilmente interpretables en el elipsoide de deformación finita que se originó con la cizalla senestra. Un buen ejemplo de este fenómeno se encuentra en los filones situados al Este de Aldeavieja de Tormes (figura 3).

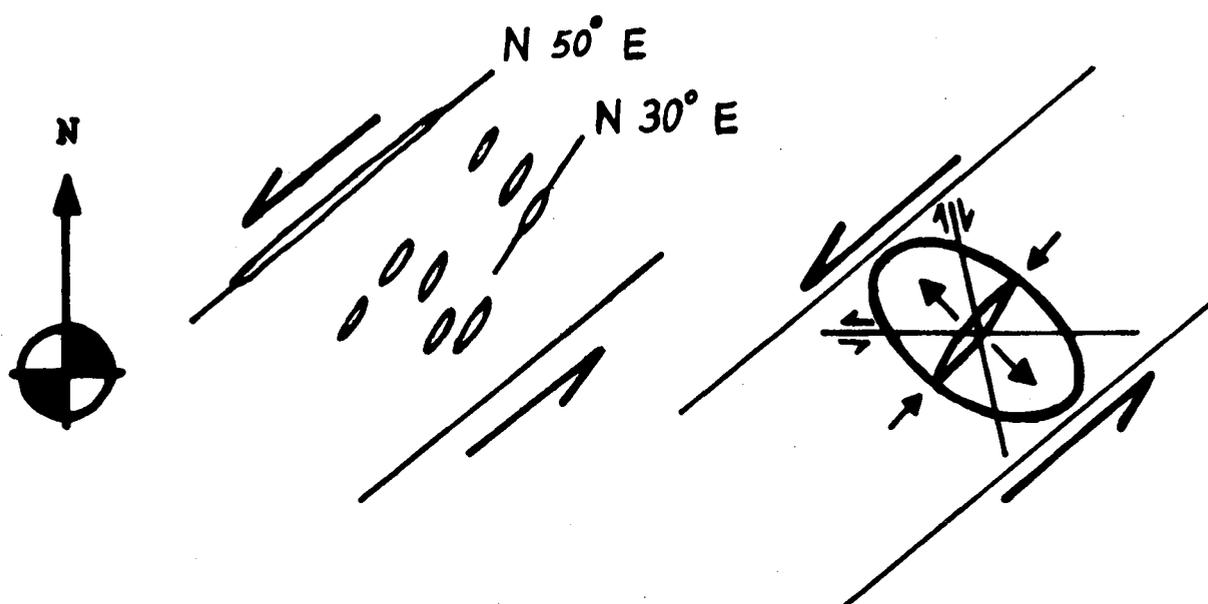


Figura 3. Interpretación, con el elipsoide de deformación finita, de las grietas de tensión originadas durante el movimiento senestro (filones de Aldeavieja de Tormes).

Tanto unos como otros están formados por cuarzo lechoso hidrotermal, segregado en parte de las litologías cuarzosas encajantes (conglomerados y cuarcitas). También se les puede ver cortados por filoncillos de cuarzo secundario con crecimientos «en peine», originados en rejuegos posteriores.

En lo referente a las brechas, se describen aquí las de Aldeavieja de Tormes, que son las más fácilmente observables. En los hastiales de los filones antes mencionados se pueden ver, al microscopio, dos generaciones de brechas.

La primera de ellas es contemporánea con la apertura del filón y con el movimiento tardihercínico que lo formó.

Por el contrario, la segunda fase de brechificación es posterior y posiblemente no tenga nada que ver con este movimiento inicial.

Durante la formación de esta segunda brecha, los filones de cuarzo, ya existentes, han actuado como cuerpos rígidos ante un esfuerzo posterior, lo que ha provocado una segunda brechificación de las salbandas. Así pues se encuentran en ella fragmentos de lo que fue la primera brecha.

En ambas brechas se puede ver que sus fragmentos son angulosos y no se encuentran orientados, lo que viene a indicar un origen tensional para ellas.

### *Movimientos dextros*

A lo largo del trazado de las grandes fracturas, como en el caso de la de La Tala, se encuentran pliegues de tipo «kink-band», los cuales tienen el plano axial subvertical y una dirección comprendida entre la N 40° E y la N 60° E, lo que los hace subparalelos a la fracturación antes vista.

En el flanco corto de alguno de estos «kink-band» se han podido ver venillas sigmoidales rellenas de cuarzo que corresponden a grietas de tensión ocasionadas en una zona de cizalla (foto 7).

Haciendo un estudio más en profundidad, no se encontraron «kink-bands» conjugados ni sus sigmoides asociados. Las grietas de tensión, rellenas de cuarzo y opalo, originadas durante la misma deformación por cizalla, mostraron una dirección media comprendida entre la N 90° E y la N 100° E, con buzamiento vertical. La esquistosidad de fractura relacionada con este cizallamiento presenta una dirección aproximada N 10° E y el mismo buzamiento.

Con estos datos, y dado que los sigmoides indican un desplazamiento dextro, se ha interpretado que estas estructuras se deben a un movimiento general relacionado con una cizalla dextra de la misma dirección que la cizalla senestra antes vista (figura 4).

No hay ningún criterio para decir si este movimiento es anterior o posterior al senestro pero, dada su menor importancia, parece que no es más que un rejuego, en sentido contrario de las grandes fracturas formadas durante el movimiento senestro.

Cabe poner de relieve que, en un segmento del Sistema Central (UBANELL, 1981), la fracturación tardihercínica tiene un primer movimiento sinistral NE-SO que proporciona fracturas Riedel y otros fenómenos asociados, al que sucede otro dextral y de misma dirección. Posteriormente, ocurren otras fracturaciones y movimientos, entre los que se incluyen rejuegos verticales.

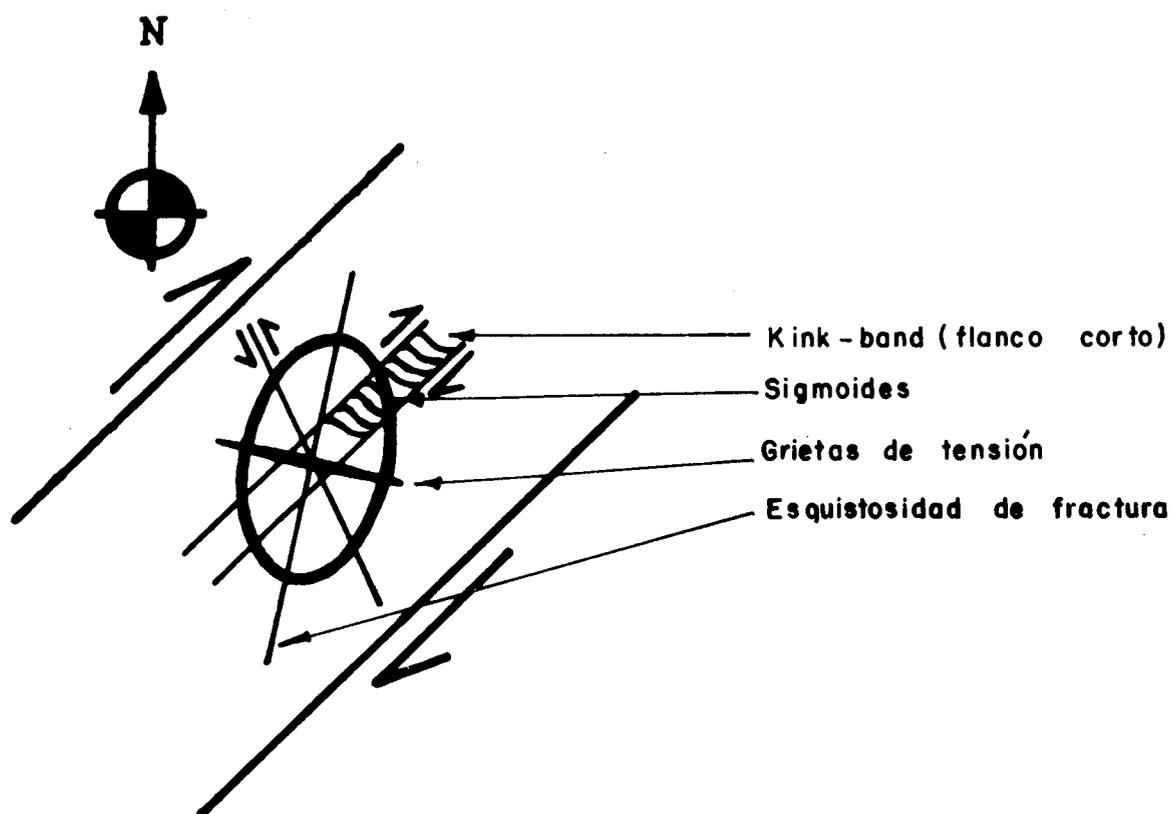


Figura 4. Orientación del elipsoide de deformación finita del movimiento dextro, a partir de las estructuras encontradas.

Con ello, no se pretende comparar aquella zona con la aquí estudiada, si no que, únicamente se quiere resaltar la coincidencia de fenómenos, para su mejor comprensión, sin intención de buscar una génesis común para ambos sistemas de fractura.

#### *Movimientos verticales*

Toda esta fracturación comentada anteriormente puede considerarse como parte de la fracturación NE-SO generalizada en este área del Macizo Hespérico (PARGA, 1969), dentro de la cual se incluirían las conocidas fallas del Alentejo-Plasencia y de Alba-Villoria, entre otras muchas.

Por otra parte, los autores consultados en la bibliografía (JIMÉNEZ, 1973; SANZ DONAIRE, 1979; UBANELL, 1981; DÍEZ BALDA, 1982, y FRANCO Y CASTRO, 1983) coinciden en las implicaciones geomorfológicas de esta fracturación, y que son debidas tanto a rejuegos verticales normales como inversos, actuando hasta épocas muy recientes y afectando incluso a sedimentos terciarios.

Algunas de las fallas tienen gran importancia, tanto por su longitud como por su profundidad (falla de Plasencia) y son ellas las encargadas de delimitar los bloques y activarlos durante las fases tardihercínicas y/o alpinas, en general distensivas.

La falla de La Tala podría formar parte del conjunto de fracturas que delimitan el borde occidental del denominado bloque tardihercínico «Corredor y Sierra de Béjar» (SANZ DONAIRE, 1979).

#### 1.4. Metaformismo y Magmatismo

##### *Metamorfismo*

Los materiales que constituyen la zona estudiada están afectados por un metaformismo regional cuyo grado se va incrementando al desplazarse del NO al SE de la zona.

Los yacimientos de La Tala y Aldeavieja se sitúan dentro de la isograda de la biotita, mientras que los de Cespedosa lo hacen en un área con mayor grado metamórfico, dentro de las isogras de la andalucita y la sillimanita.

La biotita puede estar orientada en unos casos, acumulada en determinadas bandas en otros, o como una blastesis sin orientación preferente respecto a las esquistosidades. Hay veces en las que se acumula según los planos definidos por la crenulación de la tercera fase; por todas las formas de presentarse, cabe pensar que este mineral se desarrolla durante todas las fases de deformación hercínica.

Debido a este metamorfismo regional, las litologías calcosilicatadas desarrollan minerales como: actinolita (foto 5), grosularia, epidota-zoisita-clinozoisita, esfena y, en ocasiones, diópsido y scheelita. A estas rocas se les conoce, a veces, bajo el nombre de «skarnoides» por su similitud con la mineralogía de los «skarn».

Cabe destacar que, especialmente en la zona de Aldeavieja, se han encontrado con cierta frecuencia pequeñas intrusiones de pegmatitas, subverticales, de escasos centímetros de potencia, y que se han interpretado como producto de una segregación metamórfica en las fracturas tardihercínicas.

En el límite SE de la zona de Cespedosa se sitúan rocas de mayor grado metamórfico (migmatitas) y en el contacto con la granodiorita «tardía» se forma una aureola de corneanas de metamorfismo de contacto, de 1 Km de anchura.

##### *Magmatismo*

En la cartografía (figura 2) puede observarse al S y SE de Cespedosa un pequeño afloramiento alargado de un granito de dos micas deformado, el cual presenta enclaves de las litologías pertenecientes a la formación Monterrubio.

Está formado esencialmente por cuarzo, feldespato K, moscovita, biotita, plagioclasa y, como accesorios, circón y apatito.

Este granito está fuertemente deformado por la segunda fase de deformación hercínica, y su orientación es concordante con la del encajante, lo cual hace que GARCÍA DE FIGUEROLA Y FRANCO (1975) lo consideren como un neis de grano fino a medio.

Hacia el sur, aflora la granodiorita «tardía» o granodiorita biotítica, frecuentemente porfídica en este sector, de las sierras de Béjar y Ávila. Presenta, en el borde, facies más anfibólicas y apuntamientos de rocas básicas. Todas estas rocas intruyen con posterioridad a la fase 2 de deformación hercínica (GARCÍA DE FIGUEROLA Y FRANCO, 1975).

## 2. YACIMIENTOS

### 2.1. Yacimientos de Cespedosa

Como puede verse en la figura 5, se realizaron multitud de trincheras, de variables dimensiones y en una amplia zona. También se hizo algún pozo vertical que, posiblemente, comunicase con varias galerías subterráneas. Varias de estas trincheras se encuentran en la actualidad tapadas en previsión de accidentes. Entre las labores se aprecian los restos de las instalaciones que debieron servir para la concentración de mineral.

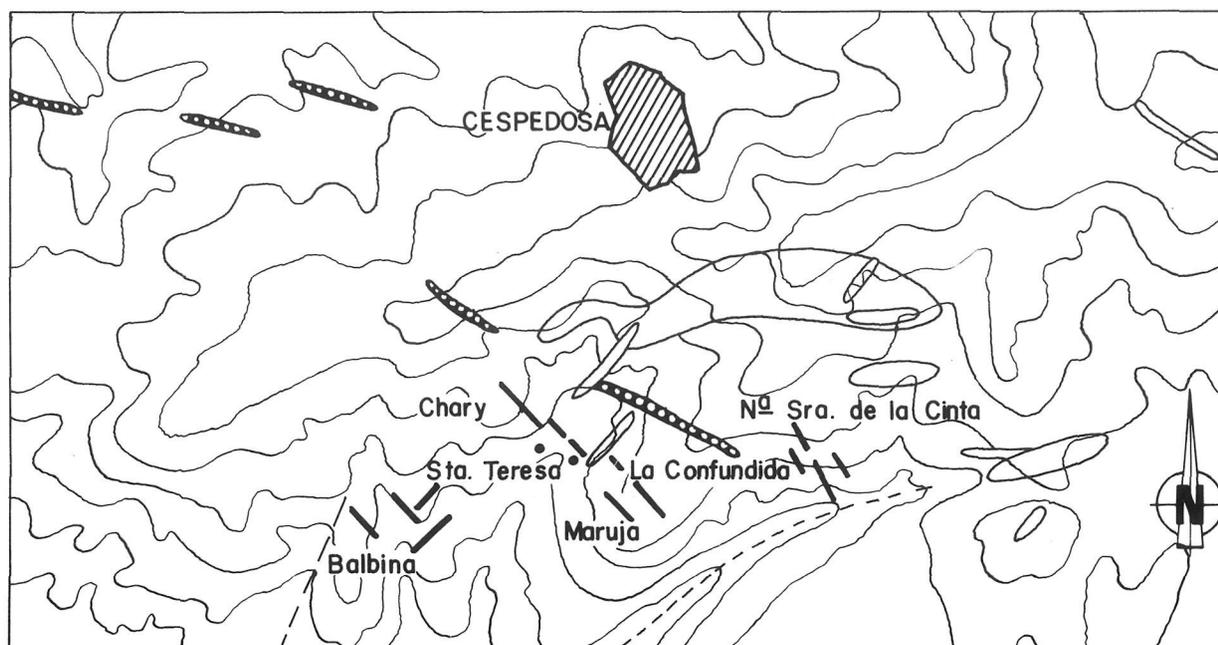


Figura 5

El principal mineral beneficiado fue la scheelita. Todas estas explotaciones se efectuaron mientras duró la segunda guerra mundial, durante la cual hubo una gran demanda de wolframio.

### 2.1.1. *Características de la mineralización*

En el yacimiento de Cespedosa hay dos tipos diferentes de mineralización (HACAR RODRÍGUEZ, in litt):

Una correspondería a la scheelita y molibdenita presentes en los niveles calcosilicatados, los cuales habrían sufrido un marcado metasomatismo, por el que se silicificarían y mineralizarían.

Este autor también destaca la similitud entre estas mineralizaciones de wolframio y alguna de la zona de Morille-Martinamor en las que aparecen igualmente apuntamientos graníticos similares a los de Cespedosa, y que podrían estar implicados en la metalogenia de las anfibolitas.

La otra mineralización serían los filones hidrotermales de alta temperatura que cortan a las estructuras subverticalmente y que pueden llevar, además de turmalina, rutilo y minerales metálicos como: mispíquel, pirita, pirrotina, calcopirita, bismuto nativo e ilmenita, lo que demuestra su origen catatermal.

Los niveles calcosilicatados encontrados en Cespedosa se pueden clasificar como cuarcitas anfibólicas con feldespatos y como anfibolitas feldespáticas, dada la cantidad de plagioclasas y feldespato K que contienen.

Resulta curioso ver como los granates, poiquilíticos, aparecen rodeados completamente por un blindaje de cuarzo, siendo sus inclusiones también totalmente silíceas. Este fenómeno se interpreta como una aureola desarrollada durante la formación del granate dado que, este último, durante el metamorfismo, crece a expensas de los minerales alumínicos y del cuarzo, resultando de ello un exceso de  $\text{SiO}_2$ , que es la que rodea al granate.

#### a) *Scheelita*

Diseminados en las rocas calcosilicatadas se han encontrado, gracias a la lámpara UV que los vuelve fluorescentes, granos de scheelita de fluorescencia blanca-azulada.

Estableciendo una similitud entre este yacimiento y los de tungsteno de la zona de Morille (ARRIBAS, 1980), en donde las fases tectónicas acaecidas y la litología existente son totalmente correlacionables, se puede identificar esta mineralización con el primer tipo de los yacimientos estratiformes de Morille.

## 2.2. Yacimientos de Aldeavieja de Tormes

En el ángulo NO de la figura 2 se ha situado el emplazamiento de las antiguas labores mineras de Aldeavieja, las cuales están atravesadas por la carretera que une este pueblo con el de Salvatierra de Tormes.

Según los archivos de la Jefatura de Minas de Salamanca, hubo multitud de explotaciones en los términos municipales de Aldeavieja y Salvatierra, las cuales se realizaron en su mayoría a principios de siglo. No obstante, la actividad más importante se realizó por los alemanes durante la segunda guerra mundial, finalizándose el laboreo al término de la contienda.

El principal elemento beneficiado fue el plomo, obtenido de la galena. Al parecer hubo dos pozos principales con galerías a varios niveles, los cuales, en la actualidad, se encuentran sellados en previsión de accidentes con losas de cemento. En la zona se han detectado gran cantidad de pequeñas excavaciones y trincheras que quizás conectasen con galerías subterráneas, encontrándose la mayoría de ellas cubiertas por el agua. Están siempre realizadas en los numerosos filones de cuarzo existentes en la zona.

### 2.2.1. Características de la mineralización

Como ya se ha dicho, en esta zona se han podido distinguir dos brechificaciones en los hastiales de los filones, siendo la segunda la más importante y la portadora de la mineralización (foto 9).

Esta última, que en la zona de la mina afecta a rocas ampelíticas, se encuentra fuertemente silicificada y presenta varios episodios de cementación que, por orden cronológico, son:

- Cementación de cuarzo que rellena a los fragmentos de la primera brecha.
- Segunda cementación de cuarzo y galena, que rellena a la segunda brecha. Se trata de cuarzo hialino, idiomorfo, que crece con estructuras «en peine», perpendiculares a la salbanda del filón.
- Tercera cementación de cuarzo, que crece en continuidad óptica con el cuarzo idiomorfo anterior.
- Cementación de carbonatos idiomorfos, que cristalizan como romboedros, y galena. Se encuentran en las salbandas formando pequeñas bolsadas. Poseen como cationes principales Ca, Mg, Fe y algo de Mn, por lo que pueden clasificarse como dolo-anqueritas. (El análisis de los cationes ha sido efectuado mediante un S.E.M. de energía dispersiva).
- Cuarta cementación de cuarzo, que termina de rellenar la brecha, aunque dejando algunos huecos. Es posible que este cuarzo provenga de removilizaciones de las anteriores cementaciones.

— Cementación de sulfuros, sobre todo pirita, que se dispone en las vesículas que han dejado libres las cementaciones precedentes. Suelen ser idiomorfos (foto 10).

Ambas brechas parecen haber sido originadas de una forma tensional dado que sus fragmentos se muestran angulosos y sin orientación preferente, viéndose los típicos crecimientos de cuarzo «en peine» perpendicularmente a las grietas.

Los minerales opacos presentes en este yacimiento son los siguientes: pirita, galena, calcopirita, pirrotina, blenda y rutilo.

#### a) *Pirita*

Es el sulfuro más abundante, apareciendo frecuentemente subidiomorfo a idiomorfo. Se presenta rellenando huecos y venillas e infiltrándose también en las rocas de caja por sus planos de esquistosidad y fractura.

Cuando se encuentra en contacto con carbonatos presenta una aureola de reacción, viéndose su borde corroído (foto 11).

La pirita se altera a goethita-limonita, las cuales se infiltran por todo tipo de grietas en el cuarzo del filón y en el encajante, dando su característico color rojizo y el típico «gossan» en las salbandas de los filones (foto 9).

#### b) *Galena*

Es la mena que se beneficiaba en este yacimiento y aparece tanto en el cuarzo hidrotermal, como en las bolsas de carbonatos.

Este sulfuro siempre se encuentra sin deformar e inalterado, viéndose sus planos de exfoliación. Es la galena que se conoce en términos mineros como «alcohol de hoja», lo que viene a confirmar el origen tensional de estas brechas, dado que la mineralización no está en absoluto tectonizada.

Los análisis químicos, efectuados con el S.E.M. de energía dispersiva, demuestran la inexistencia de plata en estas galenas.

#### c) *Calcopirita*

Es mucho menos abundante que los otros sulfuros. Se presenta como granos redondeados y asociada a la pirita, siendo contemporánea con ésta (foto 12).

#### d) *Pirrotina*

Aparece muy raramente y siempre como pequeñísimas inclusiones dentro de algunas piritas, por lo que parece ser anterior.

e) *Blenda*

Se muestra como diminutos cristales aislados. Es poco representativa.

f) *Rutilo*

Aparece como pequeños granos diseminados, sobre todo en los fragmentos de las pizarras negras encajantes.

Su origen puede deberse a acciones metasomáticas de los fluidos hidrotermales mineralizantes.

### 2.3. Yacimientos de La Tala

Se han podido encontrar cuatro denuncias pertenecientes a este yacimiento:

<i>Nombre</i>	<i>Denunciadas para</i>
Teresa	(plomo)
Goviendes	(plomo)
Teresa 2. <sup>a</sup>	(hierro)
Teresa 4. <sup>a</sup>	(plomo)

En «Teresa» se trabajaron unos filones de dirección NO-SE y situados al NO de la entrada al pueblo desde la carretera de Guijuelo.

La explotación «Goviendes» benefició un filón de dirección NE-SO situado en la misma zona y al cual deben pertenecer la trinchera y el pozo, aún visibles, de la mina (foto 13). Según los lugareños, el pozo tendría unos 40 m de profundidad y contaba con algunas galerías subterráneas. En la actualidad, el pozo y la trinchera se encuentran colmatados por el agua.

La denuncia denominada «Teresa 2.<sup>a</sup>» consistía en un filón NE-SO situado más o menos paralelamente a la carretera, entre el regato Vallejones y la entrada al pueblo. Así mismo, contaba con otro filón de misma dirección y situado más hacia el NO, ya cruzando el regato. También en esta zona se realizaron varias calicatas de dirección NO-SE paralelas al trazado del riachuelo.

Por último, en «Teresa 4.<sup>a</sup>», se trabajaron una serie de filones paralelos entre sí, de dirección NE-SO y situados entre el denominado, por la Jefatura de Minas, «Km 4» de la carretera y el arroyo de Barilla que se encuentra más al norte. Parece que estos filones tienen bastante continuidad lateral, volviendo a aparecer al Este del regato de la Calzada.

A partir de informaciones de las gentes del pueblo, se han podido detectar otras dos pequeñas explotaciones. Una de ellas se encuentra al norte del pueblo y apenas conserva una pequeña escombrera totalmente conquistada por la vege-

tación. La otra se sitúa al oeste de la explotación principal, siguiendo el trazado del regato allí existente, y consiste en un par de pequeñas trincheras.

Muchas de las labores se encuentran en la actualidad situadas en campos de labor, por lo que han desaparecido por completo; por su parte, lo que fue la mina principal se encuentra abandonada.

Según parece, la explotación minera comenzó durante la 2.<sup>a</sup> guerra mundial para beneficiar el wolframio de la stolzita, la cual se extrajo en un principio creyéndose que era scheelita, así como la galena acompañante. Con posterioridad, según confirmación personal del dueño de la mina, sólo se interesaron por el plomo de la galena, terminando por cerrarse la mina en los años cincuenta.

### 2.3.1. *Características de la mineralización*

Las brechas mineralizadas de La Tala presentan un menor grado de silicificación que las de Aldeavieja y, por el contrario, han sufrido una mayor alteración meteórica, lo que hace que tengan una gran variedad de minerales supergénicos.

A su vez, y aunque están relacionadas con las fallas y la fracturación tardihercínica, no siempre están asociadas a filones de cuarzo importantes, como en el caso de Aldeavieja. No obstante, el cuarzo en dichas brechas siempre aparece como un componente mayoritario.

Los fragmentos son angulosos y no presentan orientación, lo que parece indicar un origen tensional.

Al igual que en Aldeavieja, se han encontrado, en algunas brechas de La Tala, carbonatos como mineral cementante, que tras su análisis químico con un S.E.M. de energía dispersiva, resultaron ser estos una dolomita con algo de Fe, lo cual parece indicar una génesis similar para las brechas de ambos yacimientos.

En La Tala se pueden distinguir dos tipos diferentes de mineralización: una de origen primario y otra secundaria, generada ésta en la zona de oxidación del yacimiento primario.

#### *Yacimiento primario*

Es muy difícil de estudiar dada la gran alteración a la que ha sido sometido. No obstante, sus minerales principales son pirita y galena, los cuales podrían pertenecer a una paragénesis BGPC como en el caso de Aldeavieja.

Sin embargo, en este yacimiento no se han podido encontrar restos de calcopirita, blenda o pirrotina lo que, por otra parte, es lógico, dado que en el yacimiento de Aldeavieja aparecen de forma muy accesoria. Si se tiene en cuenta que, en La Tala, la alteración es muy importante, y que incluso la pirita, tan abundan-

te en Aldeavieja, aparece aquí de forma casual, debido a que la mayor parte se ha alterado, se comprende que no se hayan observado en este yacimiento los otros sulfuros.

#### a) *Pirita*

Este sulfuro debió de ser muy abundante en el yacimiento primario, dada la gran cantidad de goethita-limonita que se encuentra como mineral cementante de las brechas.

Así, se han encontrado cubos de pirita de más de 1 cm de lado, totalmente reemplazados por goethita de forma pseudomórfica.

La poca pirita que se ve en las preparaciones aparece como pequeños restos dentro de la goethita-limonita.

#### b) *Galena*

Fue una de las menas beneficiadas en las labores de minería. Aparece rellenando grietas entre los fragmentos de la brecha, aunque en las escombreras se suele encontrar con formas redondeadas, del tamaño de una nuez, debido a la alteración.

Esta galena presenta características similares a la de Aldeavieja, es decir, aparece sin deformar («alcohol de hoja»), lo que indica un crecimiento en huecos tensionales. Tampoco presenta trazas de plata en los análisis de microquímica efectuados con el S.E.M. de E.D., y en un análisis efectuado con Plasma se demuestra que es una galena de gran pureza\*.

Siempre se muestra alterada a cerusita, que la rodea y sustituye en los bordes y planos de exfoliación o fractura. Debido a la gran insolubilidad de la cerusita, que la protege de seguir alterándose, la galena está conservada en su interior (foto 18).

Además de la cerusita, la galena presenta otros minerales secundarios que se verán en el apartado siguiente.

#### *Yacimiento secundario*

Bajo este nombre se agrupan los minerales que aparecen en la zona de cementación y que proceden de la alteración supergénica de los minerales primarios.

Debido a la alteración de la pirita, se forman goethita y limonita, y por alteración de la galena se originan los siguientes materiales:

\* 165 ppm de Ag sobre el 71% de Pb.

— Cerusita	$\text{Pb CO}_3$
— Anglesita	$\text{Pb SO}_4$
— Vanadinita	$\text{Pb}_5 (\text{VO}_4)_3 \text{Cl}$
— Stolzita	$\text{Pb WO}_4$

#### a) *Goethita-limonita*

Este hidróxido de Fe, más o menos hidratado, es muy abundante en toda la zona de alteración de las brechas.

Aparece cementando todo tipo de fracturas y venillas. Presenta una textura típica, en finas capas concéntricas y dibujando nódulos o figuras poligonales. Esta laminación es visible debido a un cambio de color entre las láminas, lo que se debe a su mayor o menor hidratación.

El origen de este laminado se debe al sucesivo avance de la alteración, conservándose en los núcleos las zonas menos alteradas (más oscuras al microscopio) en las que incluso puede verse algún grano de pirita inalterada.

Por estudios microanalíticos se sabe que lleva cantidades variables de manganeso, acompañándose también de abundantes dendritas de pirolusita.

La goethita puede aparecer pseudomorfizando cubos de pirita de considerable tamaño o también pequeños romboedros (visibles a la lupa) que originariamente corresponderían a algún carbonato.

#### b) *Cerusita*

Se encuentra siempre asociada a la galena, que al alterarse es reemplazada por cerusita de color negro, la cual forma en torno suyo un «blindaje» que, como ya se ha dicho, la protege de seguir alterándose. Generalmente no presenta formas cristalinas, pero en ocasiones, pueden verse pequeños cristales idiomorfos tapizando los nódulos de galena.

#### c) *Anglesita*

Mineral muy accesorio y poco importante en este yacimiento. De color blanco, translúcido, se presenta en pequeños cristales idiomorfos formados posteriormente a la cerusita y a la stolzita, a las que aparece asociada (foto 15).

#### d) *Vanadinita*

Ha sido encontrada en este yacimiento por primera vez gracias al presente trabajo. Dado su color y hábito cristalino, parecía que se trataba de piromorfita, mineral que aparece frecuentemente en las zonas de cementación de los yacimientos de plomo, pero al realizar el análisis microquímico por energía dispersiva en

una serie de muestras, se comprobó que se trataba de una vanadinita muy pura, sin que apareciesen trazas de fósforo o arsénico en sustitución del vanadio.

Aparece recubriendo y rellenando las superficies de las fracturas de las brechas, siendo generalmente idiomorfa. Su color es variable, oscilando desde un gris-verdoso a un gris-amarillento y volviéndose blanquecina al fracturarse. Se ha comprobado que la vanadinita es un mineral bastante abundante en este yacimiento.

Los cristales son, por lo general, bastante pequeños, y dentro de ellos se han podido diferenciar dos tamaños con hábitos de cristalización diferentes.

Los más pequeños, de hasta 3 mm de altura, presentan caras de prisma hexagonal (1010) y pinacoide (0001), pudiendo también verse en muchas ocasiones caras de bipirámide hexagonal (1011) en combinación con las anteriores (figura 6a). Las caras de prisma (1010) suelen estar algo combadas y presentan una estriación paralela al eje «c», lo que es indicio de un crecimiento rápido. Estos cristales son los de color más claro y amarillento (foto 14).

Los cristales mayores, de hasta 1 cm de alto, aparecen con sus caras exageradamente convexas y muy estriadas, teniendo forma de tonel (figura 6b). Al igual que en el caso anterior, esto indica un rápido desarrollo del cristal. En estos cristales, el color es más oscuro y grisáceo.

En ambos tipos cristalinos, el alargamiento del cristal (según el eje «c») es mayor que su anchura en una proporción de 3/2, y frecuentemente aparecen recubiertos por una fina película de hidróxidos de Fe y Mn que los vuelve de color negro-rojizo, dificultando su identificación.

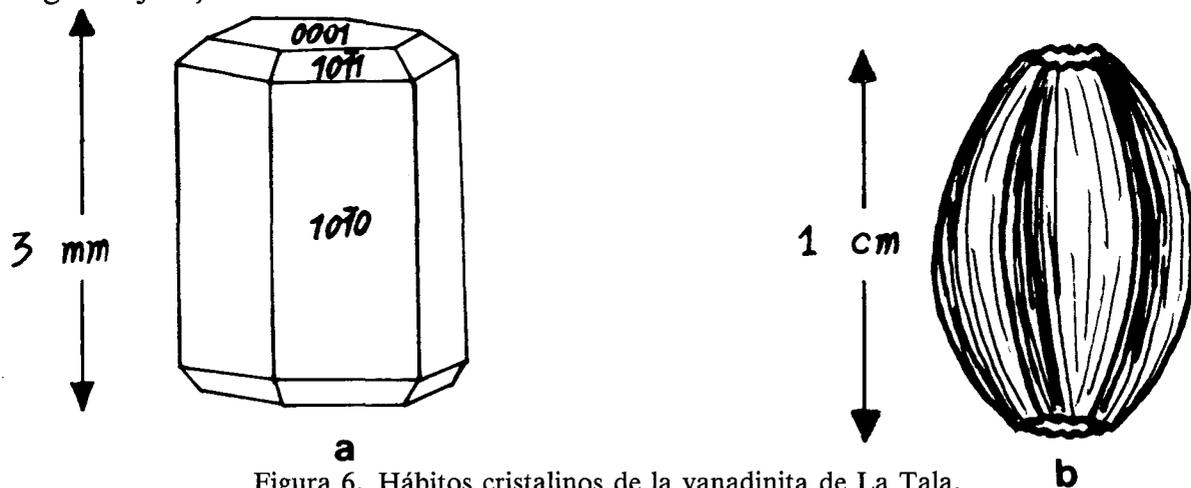


Figura 6. Hábitos cristalinos de la vanadinita de La Tala.

#### e) *Stolzita*

De acuerdo con GEFROY (1981), la stolzita es el wolframato de plomo ( $\text{PbWO}_4$ ) tetragonal, isomorfo tungsténifero de la wulfenita, que es el molibdato de plomo ( $\text{PbMoO}_4$ ). La primera es menos conocida por ser mucho más rara, presentando matices menos brillantes. Existe un dimorfo monoclinico que aparece

en pequeños cristales aplastados, la raspita, que la acompaña en Australia y Brasil.

La stolzita es blanda (3), y dadas las masas atómicas del plomo y el wolframio, es el más denso (7.9 a 8.15) y refringente ( $n = 2.19$  a  $2.27$ ) de los minerales plumbíferos y wolframíferos.

Desde un punto de vista químico, hay que señalar que HINTZE\* en su «Lehrbuch der Mineralogie», y DOELTER Y LEITMAYER\* en su «Handbuch der Mineralchemie», aprecian en ciertas stolzitas de un 1 a un 2% de Fe, Mn o Ca en sustitución del Pb, pero nunca Mo en sustitución del W.

Según todos los autores (De Selle, Dana, Hintze, Goldschmidt)\* dominan las formas cristalinas alargadas, según el eje cuaternario, contrariamente a lo que pasa en la wulfenita. La sección cuadrada de los cristales corresponde, casi siempre, a la sección del prisma tetragonal primitivo (100); hay también «octaedros» simples (201) o (111), con combinación enantiomorfa de sus dos formas y combinaciones de diversos «octaedros» con la cara primitiva (100) (Figura 7a).

En Broken-Hill se han encontrado cristales tabulares, bastante gruesos, presentando la hemiedría centrada, y también otros con hábitos aplastados (Figura 7b).

En Sainte Lucie (Francia), donde se han encontrado los mayores cristales del mundo, los más frecuentes son los cristales tabulares aplastados, con el mismo aspecto que en el caso de la wulfenita, y con colores marrón-naranja claro, a veces rojizo. Los cristales «octaédricos», que alcanzan hasta 1.5 cm, son incoloros a gris-negro. Algunos cristales tabulares tienen truncados los vértices, constituidos por cuatro caras (111), en el que aparece una pequeña cara, paralela al eje cuaternario, no medible, sin brillo y asimétrica. No se trata pues de (100), si no de una manifestación de la hemiedría centrada señalada en Broken-Hill. También se han encontrado pequeños cristales tabulares incoloros.

GUILLEMIN\*, ha detectado trazas de molibdeno en los primeros, y cantidades del 1 al 2% en los segundos, siendo la parte central la más rica en Mo.

Así pues, los cristales de Sainte Lucie se distinguen de la mayor parte de los descritos en el mundo no solamente por su talla, si no por sus facies aplastadas según el eje cuaternario; por su perfil, correspondiente al prisma tetragonal inverso de la forma primitiva; por su pequeño contenido en molibdeno y, quizás, por su débil fluorescencia amarillenta ante los rayos UV, la cual no ha sido señalada en otros yacimientos.

En La Tala, la stolzita que rellena y tapiza pequeñas grietas en las brechas y en las micacitas encajantes, se encuentra estrechamente asociada a los minerales secundarios ya descritos.

\* En GEFFROY (1981).

Casi siempre aparece idiomorfa, en agregados cristalinos (foto 15), pudiendo también aparecer a modo costras. Los cristales, en general, son muy pequeños y presentan siempre un hábito tabular aplastado, con caras de pinacoide (001), perpendiculares al eje cuaternario, y caras de bipirámide tetragonal (111), en los bordes del cristal (figura 7c). Los mayores ejemplares encontrados tienen un grosor de 2 mm y 1 cm de arista.

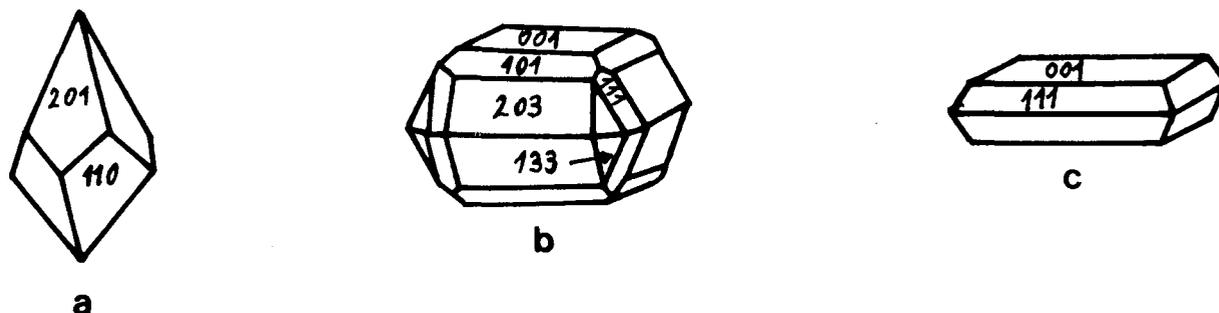


Figura 7. Hábitos cristalinos de la stolzita en diversos yacimientos. a) Zwiessel (Baviera), b) Broken Hill (Australia), c) Sainte Lucie (Francia) y La Tala (España).

Suelen ser translúcidos y tienen un color amarillo-meloso, que puede tornarse grisáceo en los cristales mayores. También se han encontrado pequeños cristales completamente transparentes.

La stolzita de La Tala, según los análisis efectuados con energía dispersiva, no contiene nada de molibdeno y, al igual que la de Sainte Lucie, presenta una fluorescencia de menor intensidad que la de la scheelita y de color amarillento. Los cristales se encuentran recubiertos frecuentemente por una película de goethita y pirolusita, por lo que la fluorescencia sólo se muestra en las superficies de rotura.

Al microscopio de luz transmitida y con luz normal se ve con gran relieve, muy fracturada, por su gran fragilidad, y semejante a la scheelita. Con los nicóles cruzados muestra una fuerte birrefringencia, con colores de polarización de órdenes superiores (foto 16). Su figura de interferencia es uniáxica, negativa.

Al microscopio de luz reflejada, la stolzita aparece como un mineral transparente más, con abundantes reflexiones internas amarillas (foto 17).

Este singular mineral, que aparece raramente mencionado en la bibliografía, tiene en este yacimiento de La Tala, una serie de características propias, que lo hacen a su vez más interesante.

Desde un punto de vista genérico, la stolzita es de por sí un raro mineral que aparece en pocas partes del mundo, siendo el yacimiento de La Tala el único conocido en España.

Desde un punto de vista específico, la stolzita de La Tala posee un hábito de cristalización, tabular-aplastado, que la hace aún más escasa y sólo comparable con los cristales de las facies marrón-naranja y marrón-roja de Sainte

Lucie (Francia), y con las facies aplastadas encontradas en Broken Hill (Australia).

Se diferencia de los primeros por su nulo contenido en Molibdeno, y de los segundos, por su fluorescencia amarilla. Todo lo cual hace de la stolzita de La Tala un mineral muy singular que podría ser único en el mundo, no habiéndose descrito, según los datos de que se dispone, otro de iguales características.

### 3. METALOGENIA

#### 3.1. Metalogenia del plomo

En este capítulo se van a establecer las similitudes entre los yacimientos de Aldeavieja y La Tala, ya que dada su proximidad geográfica (6 Km), su mismo contexto geotectónico y la semejanza de su paragénesis sulfurada, todo induce a pensar en un mismo origen para ambos yacimientos primarios.

En primer lugar, no hay que olvidar que ambas mineralizaciones se sitúan en brechas ubicadas en las salbandas de los filones o relacionadas con la fracturación senestra posthercínica; en cualquier caso, aprovechan el fallamiento NE-SO para depositarse.

Además, aunque en La Tala no se han podido ver las dos generaciones de brechas de Aldeavieja, la cementación en ambos yacimientos es muy similar, una de tipo cuarzoso y otra carbonatada, menos importante, siendo el carbonato, para ambos casos, una dolo-anquerita.

Respecto a la mena, en La Tala no ha sido posible averiguar el orden de deposición del yacimiento primario pues, como ya se ha dicho, todas las brechas encontradas tienen un alto grado de alteración. No obstante, cuantitativamente, la galena y la pirita son los dos sulfuros más importantes en ambas mineralizaciones, encontrándose semejanzas texturales («alcohol de hoja») y químicas (nulo contenido en Ag) en los sulfuros de plomo de ambas zonas.

En cuanto al origen del plomo, en un principio, no se descartó la posibilidad de que pudiese provenir por removilización del mismo a partir de las rocas encajantes, dado que en el caso de Aldeavieja, éstas son ampelitas y, como es sabido, pueden contener un alto stock metálico en Cu, Pb y Zn.

En este sentido, se hizo un desmuestre y posterior análisis, por absorción atómica, de algunas pizarras negras en las proximidades del yacimiento de Aldeavieja, obteniéndose resultados negativos.

Como consecuencia, una génesis ígnea parece la más probable para los sulfuros de estos yacimientos. Soluciones de fluidos epi-mesotermales, con una paragénesis BGPC y ganga silíceo-carbonatada, ascenderían por planos de debilidad (fracturación NE-SO) y aprovecharían alguno de los muchos rejuegos de este sistema de fallas para emplazarse en las brechas tensionales que se producen en los hastiales de los filones; esto es debido a su comportamiento rígido durante la deformación.

Así, pues, sería la galena la primera en depositarse, junto con una cementación de cuarzo y otra de carbonatos; la pirita y la calcopirita se depositarían tras una segunda cementación de cuarzo. Todo lo cual es lógico si se atiende a los órdenes de deposición de otros yacimientos.

El origen de este hidrotermalismo no se conoce muy bien pero, no sería extraño que tuviese que ver con un teletermalismo de la granodiorita biotítica, situada a 8 Km más o menos, y que incluso podría encontrarse, en profundidad, a menor distancia. El teletermalismo aprovecharía las grandes fracturas tardihercínicas, que como se vio tienen una gran continuidad y profundidad, sirviendo de camino a las soluciones mineralizadoras.

El yacimiento de sulfuros de Aldeavieja y el yacimiento primario de La Tala tienen una interpretación paralela desde un punto de vista metalogénico. La diferencia básica entre ambos radica en el grado de alteración sufrido. Mientras que la mineralización de Aldeavieja puede considerarse como «fresca», aunque posea una cierta alteración meteórica, la del yacimiento de La Tala está fuertemente alterada por acción supergénica, desarrollando la mineralogía característica de las zonas de cementación, y de ahí, el variado y abundante cortejo de minerales secundarios que aparecen en ella.

La metalogenia del vanadio, que aparece en la vanadinita de La Tala, sería coincidente con la del plomo, ya que es sabido la afinidad geoquímica de ambos elementos, así como la presencia de vanadinita en la zona de oxidación de muchos yacimientos de plomo.

### **3.2. Metalogenia del wolframio**

Los yacimientos de wolframio de Cespedosa, como ya se ha dicho, son mineralizaciones estratiformes en las que la scheelita se encuentra concentrada en una determinada litología, los niveles calcosilicatados, pudiendo removilizarse y acumularse en pequeñas grietas y fracturas cuando éstas atraviesan los niveles mineralizados.

Estos yacimientos se han considerado, dado su contexto geológico, su mineralización diseminada y las características de las cuarcitas anfibólicas, como simi-

lares al primer tipo de yacimientos estratiformes de la zona de Morille (ARRIBAS, 1980).

La metalogenia de estas mineralizaciones «sedimentario-metamórficas», estratoideas, de scheelita, está aún por resolver, no pudiéndose determinar un origen singenético o epigenético para ellas.

Existen varias formas de explicar cómo los niveles calcosilicatados se han visto enriquecidos en wolframio, la primera sería mediante un metasomatismo que provendría de los leucogranitos pre o sin-fase 2 existentes tanto en la zona de Martinamor como en la de Cespedosa, y que serían los portadores del tungsteno, el cual se concentraría selectivamente en estos niveles debido a su mineralogía «skarnoide».

Otra forma de explicar la metalogenia del wolframio sería que estos niveles contuviesen originariamente concentraciones significativas de wolframio; bien existente en la composición original de la roca sedimentaria; bien debido a una participación efusiva en la génesis de los mismos; o bien por enriquecimiento debido a la circulación de fluidos cargados en tungsteno, durante la diagénesis.

Estos niveles con concentraciones anómalas de wolframio producirían, durante el metamorfismo que siguió a la primera fase de deformación, minerales metamórficos (anfíboles, granates, etc...) entre los que se encuentra la scheelita, formada a partir del Ca y el W existente en esta litología. Posteriormente, durante la segunda fase, estos niveles fueron plegados y boudinados, y más tarde, durante la deformación posthercínica, la scheelita puede removilizarse y acumularse en grietas distensivas, tal y como ocurre en los yacimientos filonianos de Morille (ARRIBAS, 1980).

En la zona de La Tala, situada a 7 Km de la de Cespedosa, se han encontrado una gran variedad de estas anfibolitas feldespáticas y cuarcitas anfibólicas.

Aunque con rayos UV no se ha encontrado scheelita en las anfibolitas de La Tala, si han sido detectadas pequeñas concentraciones de wolframio, mediante fluorescencia de rayos X, en una muestra tomada en una escombrera de una pequeña explotación al norte de La Tala. La concentración es mínima, 15 ppm, y con ella no se puede explicar un yacimiento de tungsteno, pero sí es significativo que esta litología presente una mayor concentración de wolframio que las pizarras encajantes (<5 ppm).

Además, es muy posible que en anfibolitas no analizadas o que se encuentren a mayor profundidad, existan mayores concentraciones de este elemento, tal y como ocurre en el yacimiento de Cespedosa, situado a escasa distancia.

### 3.3. Metalogenia de la stolzita

La presencia de stolzita en tierras salmantinas se debe, probablemente, a la telescopación de dos yacimientos diferentes en una misma fractura. De una parte está un yacimiento hidrotermal, que aporta plomo en forma de galena. Por otro lado se produciría una removilización supergénica del wolframio existente en los niveles calcosilicatados, lo que junto con la alteración de la paragénesis sulfurada, originaría una zona de cementación supergénica en cuyas cavidades, entre otros minerales, cristaliza la stolzita.

Esta teoría se ve corroborada por confirmaciones personales de los lugareños, según las cuales, en un principio, se extraía ante todo stolzita para, más tarde, beneficiar sobre todo galena. Esta última aumenta con la profundidad, conforme nos alejamos de la zona de alteración.

Para finalizar queda señalar la estrecha semejanza existente entre el yacimiento de Sainte Lucie y el yacimiento de La Tala, en los cuales podría darse la misma interpretación metalogénica.

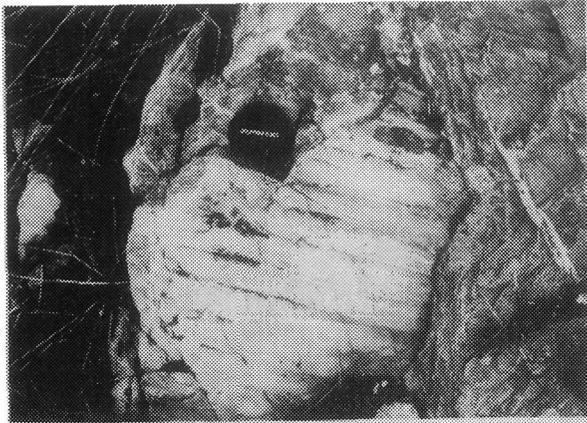
Aunque en el yacimiento francés no está resuelto el problema metalogénico del wolframio, GEFROY (1981) apunta, entre otras posibilidades, la de que el filón de galena de Sainte Lucie pueda cruzar un horizonte, del tipo denominado «sedimentario metamórfico» con scheelita dominante, quizás existente en los neises encajantes.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARRIBAS MORENO, A. (1980). Los yacimientos de tungsteno de la zona de Morille (provincia de Salamanca). Bol. Geol. Min.; XCI; 143-159.
- CARRINGTON DA COSTA (1950). Noticia sobre una carta geológica do Buçaco de Nery Delgado. Com. Serv. Geol. Portugal. 28 p.
- DÍEZ BALDA, M. A.; MARTÍNEZ CATALÁN, J. R.; GONZÁLEZ-LODEIRO, F. e IGLESIAS PONCE DE LEÓN, M. (1977). La deformación hercínica en los materiales paleozoicos y precámbricos al sur de Salamanca. Stvdia Geol.; XII, 91-108. Salamanca.
- DÍEZ BALDA, M. A. (in litt). Investigación geológico-minera de la zona de Guijuelo (Salamanca) Vol. I. Estudio geológico de la Hoja de Guijuelo. Mem. y Mapa 81 p. IGME Div. Minería (1979).
- DÍEZ BALDA, M. A. (1980). La sucesión estratigráfica del Complejo esquisto-grauváquico al sur de Salamanca. Est. Geol.; 36; 131.
- DÍEZ BALDA, M. A. (1982). El complejo esquisto-grauváquico, las series paleozoicas y la estructura hercínica al sur de Salamanca. Tesis, Univ. Salamanca.

- FRANCO, M. P. (1980). Estudio petrológico de las formaciones metamórficas y plutónicas al Norte de la Depresión Corneja-Amblés (Sierra de Ávila). Tesis, Univ. Salamanca.
- FRANCO, M. P. y CASTRO, A. (1983). Guía de excursiones por el basamento de la Meseta Castellana (1ª excursión). VIII reunión sobre la geología del oeste peninsular. Dpto. de Petrología y Geoquímica. Univ. de Salamanca.
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. y FRANCO, M. P. (1975). Las formaciones infraordovícicas y el borde de las granodioritas al Este de Guijuelo (Salamanca). Est. Geol. XXXI; 487-500.
- GEFFROY, J. (1981). Un «monstre mondial»: la stolzite de Lozère. Monde & Minéraux, 43, Juillet-Août 1981, pág. 4-11.
- HACAR RODRÍGUEZ, M. P. (in litt). Investigación geológico-minera de la zona de Guijuelo (Salamanca). Vol. II. Estudio de los indicios mineros existentes en la Hoja de Guijuelo. Mem. y Mapas, 142 p. IGME Div. Minería (1979).
- JIMÉNEZ FUENTES, E. (1973). El paleógeno del borde SW de la Cuenca del Duero. II: La falla de Alba-Villoria y sus implicaciones estratigráficas y geomorfológicas. Stvd. Geol.; 5, 107-136; 8 fgs. Salamanca.
- JULIVERT, M.; FONTBOTE, J. M.; RIBEIRO, A. y NABAIS CONDE, L. E. (1972). Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, E 1:1.000.000, Memoria explicativa: 1-113 (1974). IGME.
- LOTZE, F. (1945). Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. Geotekt. Forsch., 6: 78-92 (Trad. en Publ. Extra. Geol. España, 5: 149-166).
- MARTÍNEZ GARCÍA, E. y NICOLAU, J. (1973). Los terrenos infraordovícicos de la Antiforma de Martinamor. Bol. Geol. y Min., t-84-6, 407.
- PARGA, J. R. (1969). Sistemas de fracturas tardihercínicas del Macizo Hespérico. Trab. del Lab. Geol. de Lage, 37, 1-15.
- RODRÍGUEZ, R. M. y LOBATO, L. (1974). El metamorfismo en el límite de las provincias de Salamanca y Ávila (NW de Piedrahita). Stvd. Geol. VII, 107-121. Salamanca.
- SANZ DONAIRE, J. J. (1979). El Corredor de Béjar. CSIC. Instituto de Geología Aplicada.
- TCHALENKO, J. S. (1970). Similarities between Shear Zones of Different Magnitudes. Geol. Soc. America Bull.; 31; 1625-1640.
- UBANELL, A. G. (1981). Características principales de la fracturación tardihercínica en un segmento del sistema Central Español. Cuadernos Geol. Ibérica; 7; 591-605.

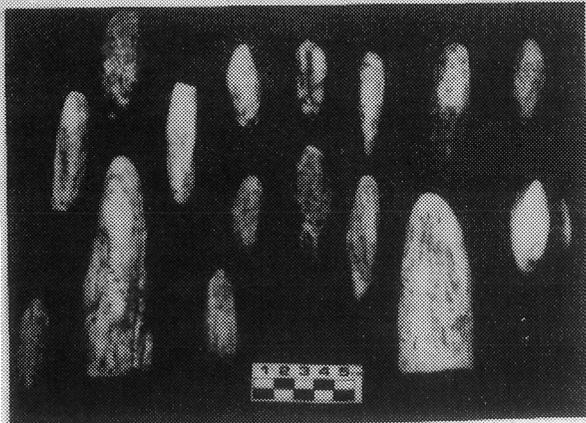
*Recibido el 10-Septiembre-1986*



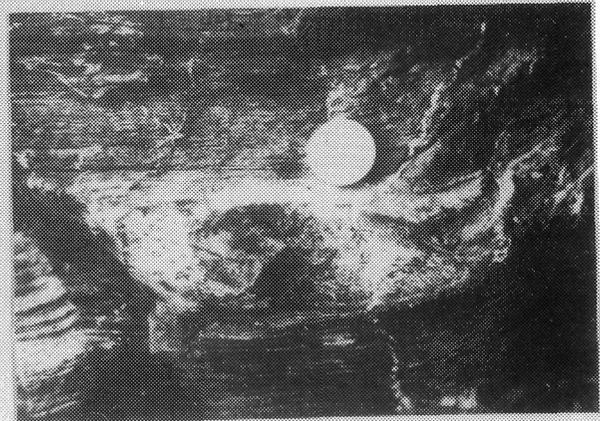
1



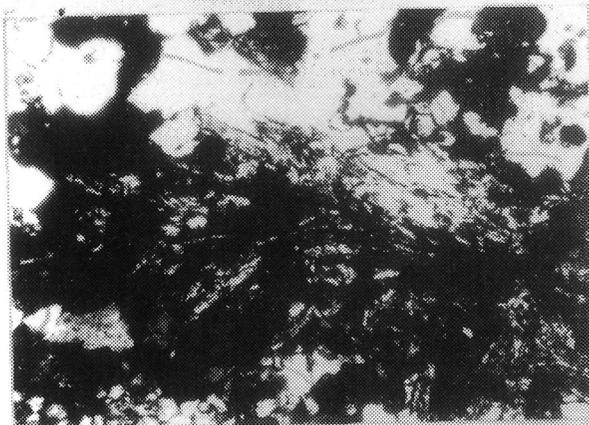
2



3



4

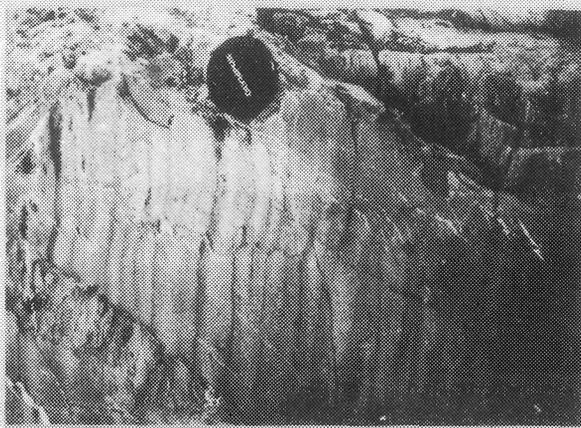


5

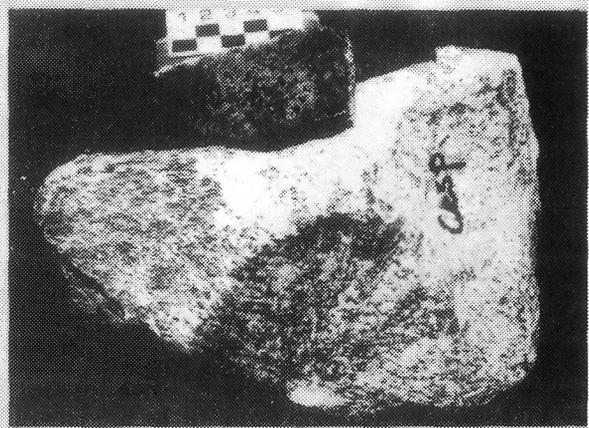


6

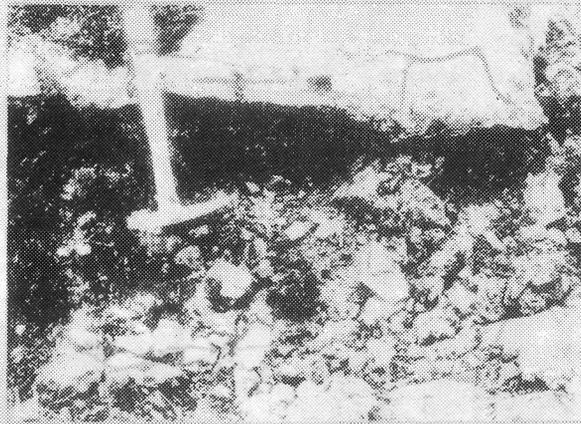
- Foto 1. Estructura tipo «mullion» formada en el contacto entre una cuarcita moscovítica y una micacita, pertenecientes a las «pizarras grises» de La Tala.
- Foto 2. Capa de cuarcita boudinada durante la fase 2. Se puede ver como la  $S_2$  se adapta al borde del boudín, existiendo segregación de cuarzo en el vértice del mismo.
- Foto 3. Cantos de cuarzo de los conglomerados con forma de prolatos debido a la deformación. Cuando los conglomerados se alteran, los cantos quedan sueltos.
- Foto 4. Nivel calcosilicatado intercalado entre pizarras, está boudinado y la lineación de los anfíboles es paralela a la  $S_2$ , que es la esquistosidad visible.
- Foto 5. Anfíbol fresco con textura fascicular, aparece rodeado de cuarzo y acompañado por zoisitas. NX 6.3 x 10 (lámina delgada).
- Foto 6. Pliegues menores de fase 2 en un nivel de cuarcita. Son pliegues de plano axial subhorizontal y charnela curva.



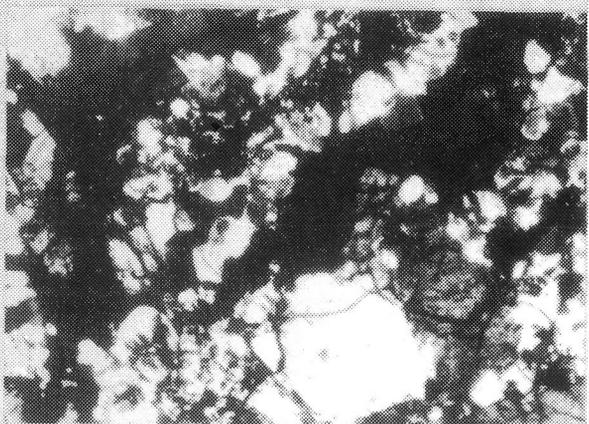
7



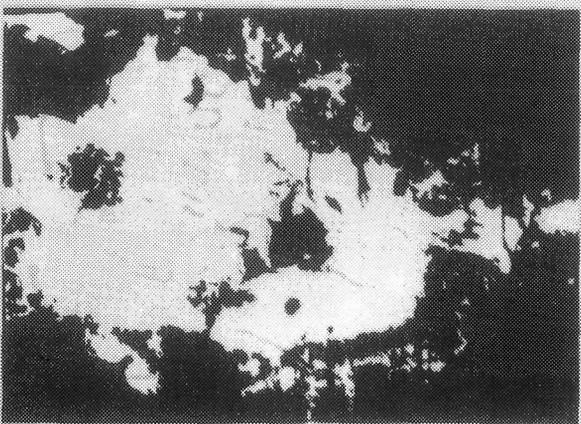
8



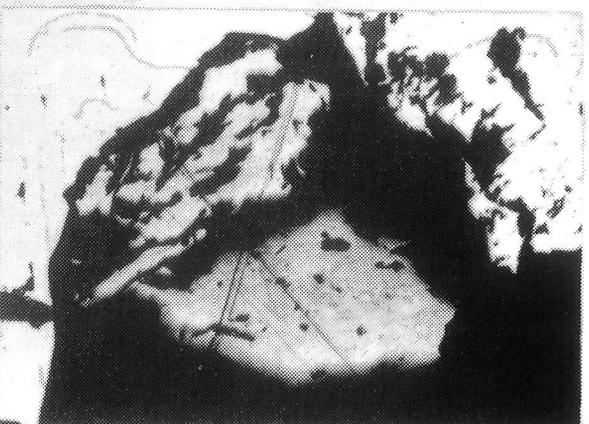
9



10



11



12

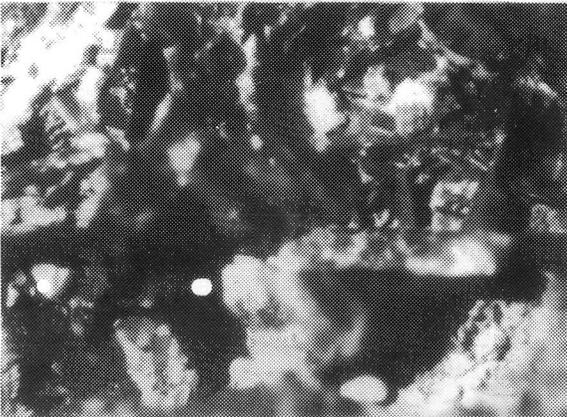
- Foto 7. Kink-band de plano axial subvertical en cuyo flanco corto aparecen sigmoides rellenos de cuarzo que indican un desplazamiento dextro.
- Foto 8. Boudín calcosilicatado. Los anfíboles se adaptan a los bordes del mismo. Puede verse una zonación siendo los anfíboles más abundantes hacia la periferia y los granates hacia el interior.
- Foto 9. Filón de cuarzo de Aldeavieja, en donde se ve su salbanda brechificada, mineralizada y gossanizada.
- Foto 10. Brecha cementada por cuarzo y carbonatos idiomorfos; las últimas grietas se ven rellenas en primer lugar por cuarzo «en peine» y después por sulfuros.  
NX 2.5 x 10 (lámina delgada).
- Foto 11. Pirita con el borde corroido por la reacción de ésta con los carbonatos (oscuros).  
LN 20 x 10 (probeta pulida).
- Foto 12. Granos de calcopirita (centro), rodeada de pirita (borde blanco).  
LN 20 x 10 (probeta pulida).



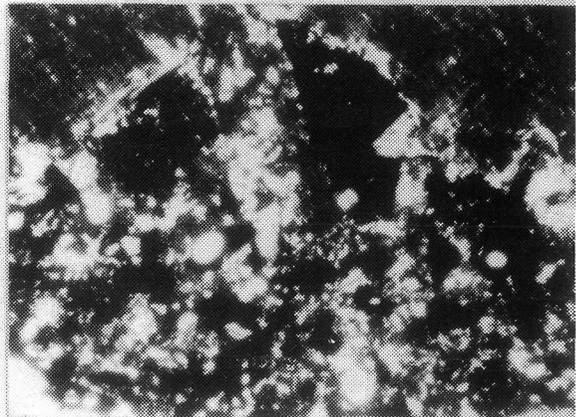
13



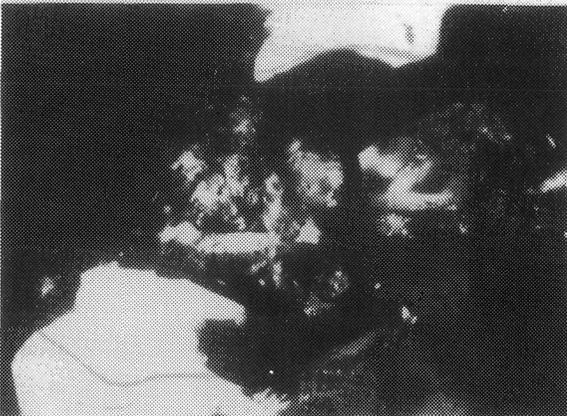
14



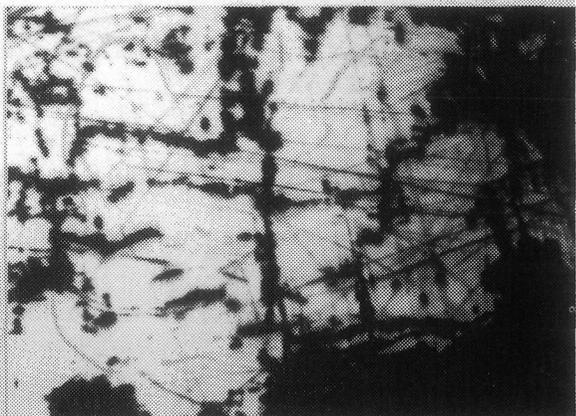
15



16



17



18

- Foto 13. Trinchera abandonada de dirección N 40° E en la mina de La Tala.
- Foto 14. Cristales de vanadinita (prismas hexagonales).  
2.5 x 10 (lupa).
- Foto 15. Cristales de Stolzita (tabular-aplastados) y de anglesita (blancos).  
1 x 10 (lupa).
- Foto 16. Stolzita idiomorfa y fracturada (colores más brillantes, mitad superior). Aparece junto con limonita (rojos) y cuarzo (grises y blancos de la mitad inferior).  
NX 6.3 x 10 (lámina delgada).
- Foto 17. Stolzita idiomorfa relleno de una cavidad tapizada de limonita y rodeada de cuarzo.  
NX 20 x 10 (probeta pulida).
- Foto 18. Galena alterándose a cerusita por los bordes y planos de exfoliación y fractura.  
NX 5 x 10 (probeta pulida).