

En este número:

- Geometría y evolución estructural del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO de España).
- Sobre algunos braquiópodos liásicos.
- Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Segunda parte: Sucesión mineral).
- Las mineralizaciones metálicas y su contexto geológico en el área volcánica neógena del Cabo de Gata (Almería, SE de España).
- Interpretación de los datos del limnigrama de un pozo en el acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz (Vizcaya).
- Quimismo mineral del afloramiento de rocas anfibolíticas de El Arenal (prov. de Avila).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874 T. XCV, Sexto Fascículo. Noviembre-Diciembre 1984

boletín geológico y minero

geología • minería • aguas subterráneas • geotecnia • estudios de minerales • mineralurgia

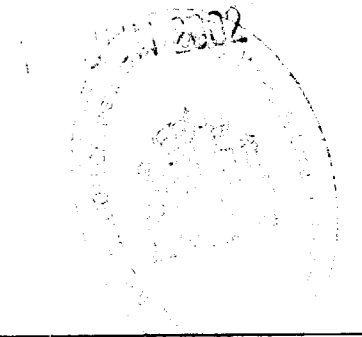


Tomo 95

Fascículo VI

Noviembre - Diciembre 1984

Boletín Geológico y Minero



revista bimestral de geología económica, industrias extractivas y de su beneficio - fundada en 1874 - 4.ª serie

SUMARIO

Geología	F. BASTIDA, A. MARCOS, A. PÉREZ-ESTAÚN y J. A. PULGAR: Geometría y evolución estructural del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO de España) 3
	S. CALZADA: Sobre algunos braquiópodos liásicos 26
Minería	J. SIERRA: Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Segunda parte: Mineralogía y Sucesión Mineral) 39
	A. PINEDA VELASCO: Las mineralizaciones metálicas y su contexto geológico en el área volcánica neógena del Cabo de Gata (Almería, SE de España) 55
Aguas Subterráneas	J. CRUZ-SANJULIÁN, A. ERASO y T. MORALES: Interpretación de los datos del limnigrama de un pozo en el acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz (Vizcaya) 79
Estudio de minerales y rocas	A. APARICIO YAGÜE y V. SANTOS SERRANO: Quimismo mineral del afloramiento de rocas anfibolíticas de El Arenal (provincia de Avila) 84
Información	J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Francisco de Luján y Miguel-Romero (1798-1867) 96
	Campamentos de Geología «Benasque 1984» 104
	Noticias y Notas Bibliográficas 106
	Índice de Materias 121
	Índice de Autores 124

DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - 28003-Madrid

Teléfono 441 70 67

ADMINISTRACION

Doctor Fleming, 7 - 28036-Madrid

Teléfono 250 02 03

IGME

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

**El Instituto Geológico y Minero de España
hace presente que las opiniones y hechos
consignados en sus publicaciones son de la
exclusiva responsabilidad de los autores
de los trabajos.**

**Los derechos de propiedad de los trabajos
publicados en esta obra fueron cedidos por
los autores al Instituto Geológico y Minero de
España.
Queda hecho el depósito que marca la Ley.**

EXPLICACION DE LA PORTADA

Huellas de ave en las facies lagunares del Eoceno
Superior del Pantano de Yesa (Navarra).

Foto: F. Tornos (IGME)

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

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

Geometría y evolución estructural del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO España)

Por **BASTIDA, F.; MARCOS, A.; PEREZ-ESTAUN, A., y PULGAR, J. A.**

R E S U M E N

En el presente trabajo, se analiza con detalle una de las principales unidades cabalgantes de la Zona Cantábrica: el Manto de Somiedo. Su geometría, que ha sido abordada mediante la realización de cortes balanceados y restaurados, es compleja, presentando una fuerte estructuración en su interior. La superficie de cabalgamiento es, en general, paralela a la estratificación del bloque cabalgante, mientras que, respecto al bloque cabalgado, presenta zonas en las que se mantiene este paralelismo (zonas planas) y zonas en las que dicho paralelismo se rompe (rampas). El bloque cabalgante presenta diversos tipos de escamas asociadas, de diferentes tamaños y que en su mayoría se bifurcan del cabalgamiento basal. También se desarrollan algunas fallas inversas favorecidas por el ascenso de los materiales precámbricos, en la parte posterior del manto. Asimismo, la geometría de éste condiciona la aparición de diversas categorías de pliegues, muchos de los cuales prosiguen su desarrollo con posterioridad al emplazamiento del manto. Finalmente, se analizan las condiciones mecánicas que favorecieron el desarrollo de esta unidad cabalgante habiéndose concluido que su desarrollo se ha debido a la existencia de un empuje tectónico en su parte posterior; su movimiento ha debido estar, además, favorecido por la existencia de altas presiones de fluido en los poros de las rocas implicadas.

A B S T R A C T

The geometry and structural evolution of the Somiedo nappe, one of the most characteristic thrust units of the Cantabrian thrust belt are studied in this paper. Balanced and restored cross sections through this nappe show a complex internal geometry. The main thrust fault is in general parallel to the bedding of the hanging wall whereas this surface shows a system of ramps and flats in the footwall. Several types of associated minor thrusts of different scales occur complicating the thrust sheet structure. Most of these minor thrusts form an imbricate system branching from the sole thrust and their tip lines reach the La Vid Formation. Several reverse faults are found in the rear part of the nappe, where the Precambrian rocks are placed over the main thrust fault. Furthermore the geometry of the thrust sheet involved the existence of folds which followed its development after the emplacement of the nappe. Finally, a push from rear is deduced from the study of the nappe emplacement conditions; a very high fluid pressure has helped the initiation and motion of the nappe.

INTRODUCCION

La Zona Cantábrica constituye la parte más externa de la Cadena Herciniana en el NO de la Península Ibérica y ocupa el núcleo de un arco cóncavo hacia el E, llamado desde antiguo Arco Astúrico. Estratigráficamente está constituida por una cuña de rocas supracorticales que se adelgaza hacia el E y que comprende dos secuencias perfectamente diferenciadas (MARCOS y PULGAR, 1982). La primera secuencia es la formada por sedimentos marinos de plataforma estable, esencialmente carbonatos de aguas poco profundas y ro-

cas clásticas, derivando estas últimas de un área fuente situada al E; su edad comprende desde el Cámbrico al Devónico Superior. Sobre esta cuña de sedimentos preorogénicos se deposita durante el Carbonífero una cuña clástica sinorogénica en la que en sentido ascendente los sedimentos terrígenos no marinos van siendo cada vez más importantes en relación con los marinos; la distribución espacial de esta secuencia refleja una mayor compartimentación de la cuenca, que se manifiesta por variaciones importantes en las facies y espesor de las rocas y por la existencia local de discordancias angulares (JULIVERT, 1978).

Toda la sucesión paleozoica, cuyo espesor es del orden de los 4.000 a 6.000 m., reposa discordantemente sobre materiales pelítico-grauváquicos de edad precámbrica, cuyos afloramientos se limitan al núcleo del Antiforme del Narcea, estructura que separa por el O la Zona Cantábrica de la Asturoccidental-leonesa.

Las rocas precámbricas y paleozoicas de la Zona Cantábrica fueron deformadas durante la Orogénesis Herciniana, originándose en primer lugar cabalgamientos y mantos de tipo apalachense, vergentes siempre hacia el núcleo del Arco Astúrico (DE SITTER, 1959, 1962; JULIVERT, 1971). Estas estructuras fueron modificadas por un replegamiento posterior, habiéndose distinguido clásicamente dos sistemas principales de pliegues que, por su disposición en relación con el Arco Astúrico, han sido denominados sistema longitudinal y sistema radial o transversal (JULIVERT y PELLO, 1967; JULIVERT y MARCOS, 1973). La deformación se llevó a cabo en toda la zona en condiciones relativamente superficiales, con ausencia casi total de metamorfismo, estructuras penetrativas del tipo de la esquistosidad y deformación interna apreciable en las rocas.

Los mantos cantábricos presentan una serie de características comunes, de entre las que se pueden destacar como esenciales las siguientes:

1) Las superficies de cabalgamiento se sitúan por lo general paralelamente a la estratificación del alóctono, cuya base está constituida habitualmente por un delgado nivel carbonatado del Cámbrico Inferior-Medio: la Formación Láncara. Esta disposición de la superficie de cabalgamiento permite deducir la existencia de un nivel de despegue generalizado en la base de la citada formación (JULIVERT, 1971; BASTIDA, MARCOS, PÉREZ ESTAUN y PULGAR, 1979).

2) Este paralelismo entre la superficie de despegue y la estratificación del alóctono sólo se pierde en algunas zonas del frente de los mantos donde aparecen pliegues anticlinales aislados cortados por las superficies de cabalgamiento. Estos pliegues debieron desarrollarse simultáneamente a los cabalgamientos, no observándose en ningún caso pliegues claramente anteriores, de forma que no existen estructuras que permitan deducir un «rabortage basal» en el sentido dado por FALLOT (1944).

3) Con respecto a los materiales del autóctono relativo, las superficies de cabalgamiento se mantienen paralelas a la estratificación a lo largo de grandes distancias, siendo cortadas solamente durante trechos más bien cortos; por ello, los mantos de cabalgamiento pueden situarse sobre distintas formaciones del bloque cabalgado.

4) Generalmente, las superficies de cabalgamiento no son independientes entre sí, sino que aparecen interconectadas, convergiendo hacia la superficie general de despegue anteriormente citada.

5) La geometría y disposición originales de las capas del conjunto alóctono aparecen modificadas como consecuencia del deslizamiento de la lámina cabalgante a lo largo de superficies escalonadas o como consecuencia del plegamiento posterior.

Todas estas características definen un estilo estructural (thin skinned deformation de RODGERS, 1949, 1972) típico de zonas con cabalgamientos y pliegues que ocupan una posición tectónica similar a la de la Zona Cantábrica, como es el caso de las Montañas Rocosas o de los Apalaches Meridionales, por citar los ejemplos más representativos (BALLY y otros, 1966; DAHLSTROM, 1970; PRICE y MOUNTJOY, 1970; WILSON y STERNS, 1958; RODGERS, 1949, 1970, 1972; GWINN, 1964; HARRIS, 1976; HARRIS y MILICI, 1977; HATCHER, 1981; PRICE, 1981). Los mantos de la Zona Cantábrica, a diferencia de lo que sucede con los mantos de las Montañas Rocosas y los Apalaches, presentan una deformación posterior importante; este hecho tiene notables implicaciones de carácter a veces contrapuesto. Por una parte, hace que los mantos se muestren cartográficamente como estructuras de trazado complejo, de forma que la reconstrucción de sus propiedades geométricas primitivas se ve sensiblemente dificultada; sin embargo, el plegamiento de los mantos permite el afloramiento de la superficie de cabalgamiento en áreas alejadas de su frente, favoreciendo la reconstrucción precisa de su geometría primitiva. De este modo, es posible realizar cortes balanceados que pueden ser restaurados parcialmente para eliminar el efecto del plegamiento o plegamientos posteriores. Esto hace que aun cuando no existan en la Zona Cantábrica datos geofísicos o sondeos suficientemente profundos, como en el caso de las Montañas Rocosas y los Apalaches, se pueda

llegar a una reconstrucción geométrica bastante precisa de este tipo de estructuras.

El presente trabajo tiene como principal objetivo la realización de un análisis geométrico detallado de una de las principales unidades cabalgantes de la Zona Cantábrica: el Manto de Somiedo (fig. 1). Esta unidad reúne unas condiciones óptimas para este tipo de estudios, por lo cual la realización de secciones estructurales balanceadas, así como sus correspondientes restauradas, han permitido establecer con detalle su morfología. En segundo lugar, por su posición en el borde O de la Zona Cantábrica, constituido por el gran afloramiento de materiales precámbricos del Antiforme del Narcea, permite obtener algunas conclusiones sobre la relación entre estas estructuras de la cobertera paleozoica y el sustrato precámbrico; estas relaciones son difícilmente obtenibles en otros puntos de la Zona Cantábrica, dada la existencia del nivel de despegue generalizado al nivel de la Formación Láncara, con la con-

siguiente ausencia de afloramientos precámbricos fuera de esta zona límite del Antiforme del Narcea. Además, la privilegiada posición del Manto de Somiedo permite también abordar una discusión acerca de la problemática que plantea la mecánica de emplazamiento de esta unidad cabalgante.

LOS MATERIALES

Dado que la estratigrafía de la unidad del Manto de Somiedo ha sido descrita ya por diversos autores (JULIVERT y otros, 1968; VAN DEN BOSCH, 1969; TRUYOLS y otros, 1982) y que el objetivo del presente trabajo es puramente estructural, sólo se presentará aquí una sucinta reseña con el fin de situar al lector en el contexto estratigráfico de la zona y dar una idea general de las características de la secuencia de materiales afectada por la deformación. La sucesión estratigráfica de la

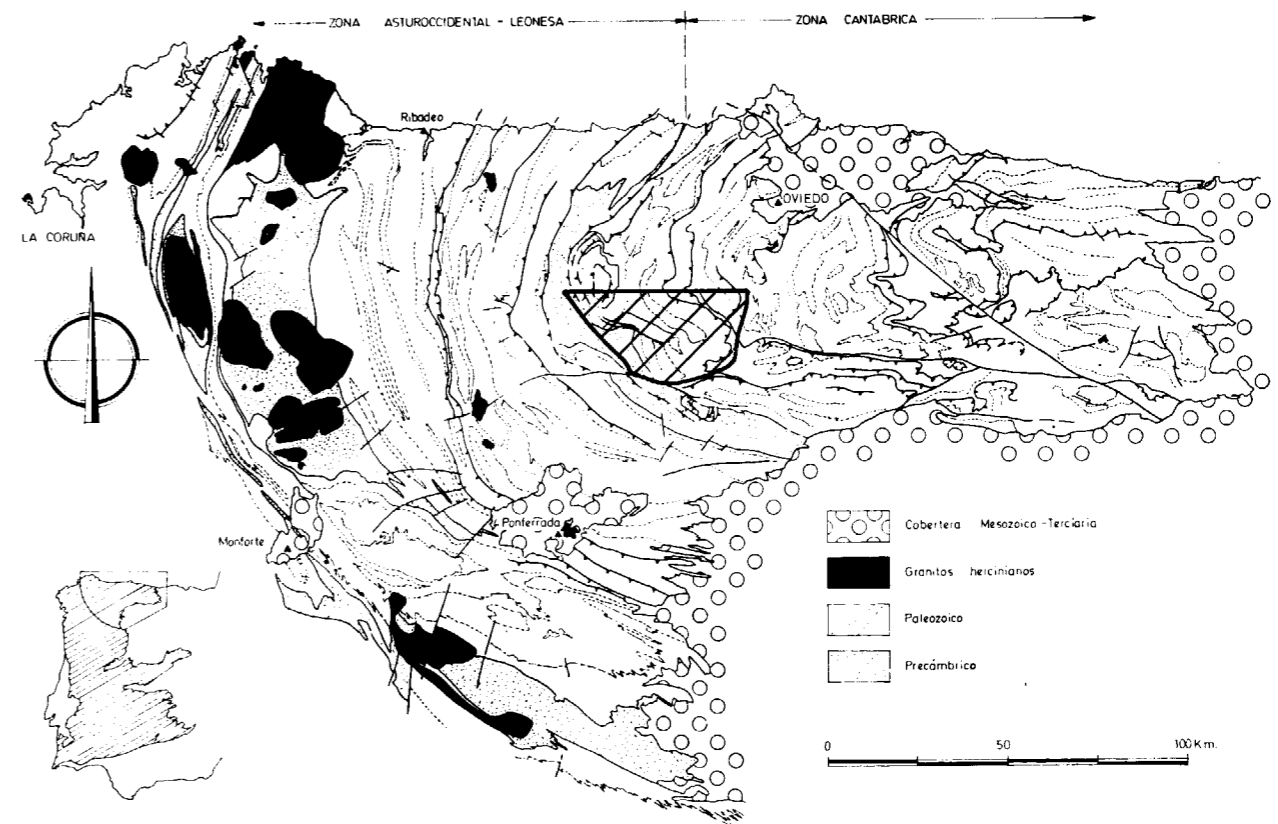


Figura 1.—Situación del Manto de Somiedo (área rayada) en el contexto geológico del NO de la Península.

unidad cabalgante de Somiedo se encuentra ilustrada en la figura 2.

Desde el punto de vista de las implicaciones que tiene esta sucesión de materiales sobre el desarrollo de las estructuras, conviene destacar dos aspectos:

1.º El espesor total de la secuencia estratigráfica es del orden de los 4.500 m.

2.º La sucesión está constituida por una alternancia de formaciones con una litología variada. Este hecho proporciona a la escala del conjunto una anisotropía muy marcada, caracterizada por la alternancia de niveles competentes e incompetentes. En efecto, es destacable la existencia de formaciones predominantemente pizarrosas (Formigoso, Huergas, San Emiliano y, parcialmente, Oville y La Vid) que probablemente jugaron el papel de niveles incompetentes, formaciones de naturaleza caliza (Láncara, Santa Lucía, Portilla, Caliza de Montaña y, parcialmente, La Vid) y formaciones arenosas (Herrería, Barrios, San Pedro, Oville) que, con diferencias obvias en su comportamiento frente a la deformación, actuaron como niveles competentes.

Por lo que respecta al bloque cabalgado (Unidad de La Sobia-Bodón), la sucesión estratigráfica presenta algunas diferencias con respecto al Manto de Somiedo que conviene destacar. Así, en La Sobia, la sucesión estratigráfica es hasta la Formación Huergas en todo punto comparable; a partir de esta formación existe, sin embargo, una laguna estratigráfica importante, ya que sobre ella se apoyan directamente —mediando a lo sumo unos pocos metros de areniscas del Devónico Superior— los materiales carboníferos. En el extremo occidental del Manto de Bodón, la amplitud de la laguna estratigráfica es aún superior, ya que allí, unos pocos metros de areniscas del Devónico Superior o los materiales carboníferos se apoyan sobre la Formación Santa Lucía o incluso, algo más al E, sobre la Formación La Vid (MARCOS, 1968; TRUYOLS y otros, 1982). Debe señalarse además que, en términos generales, el espesor de las formaciones paleozoicas precambrianas visibles en la Unidad de La Sobia-Bodón es inferior al que presentan en el Manto de Somiedo.

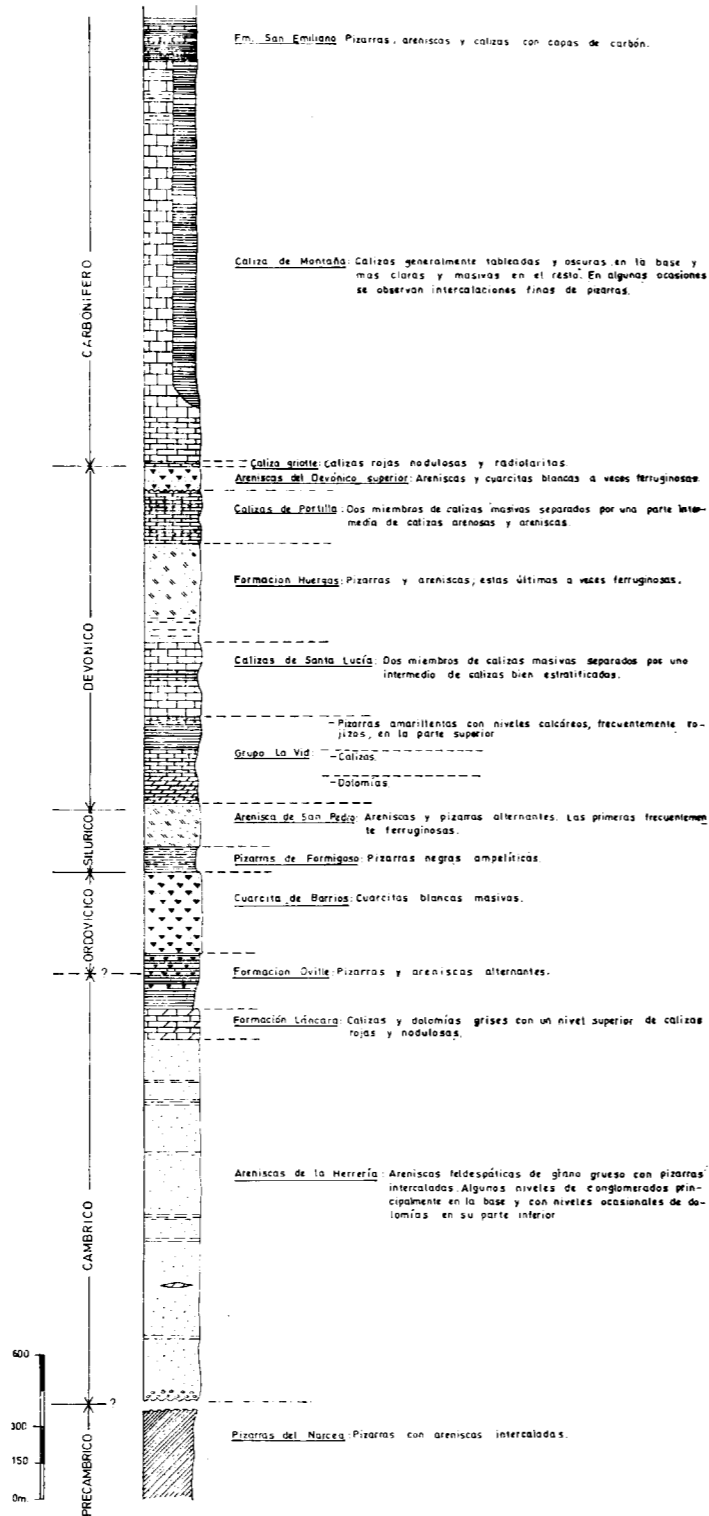


Figura 2.—Sucesión estratigráfica de la unidad cabalgante de Somiedo.

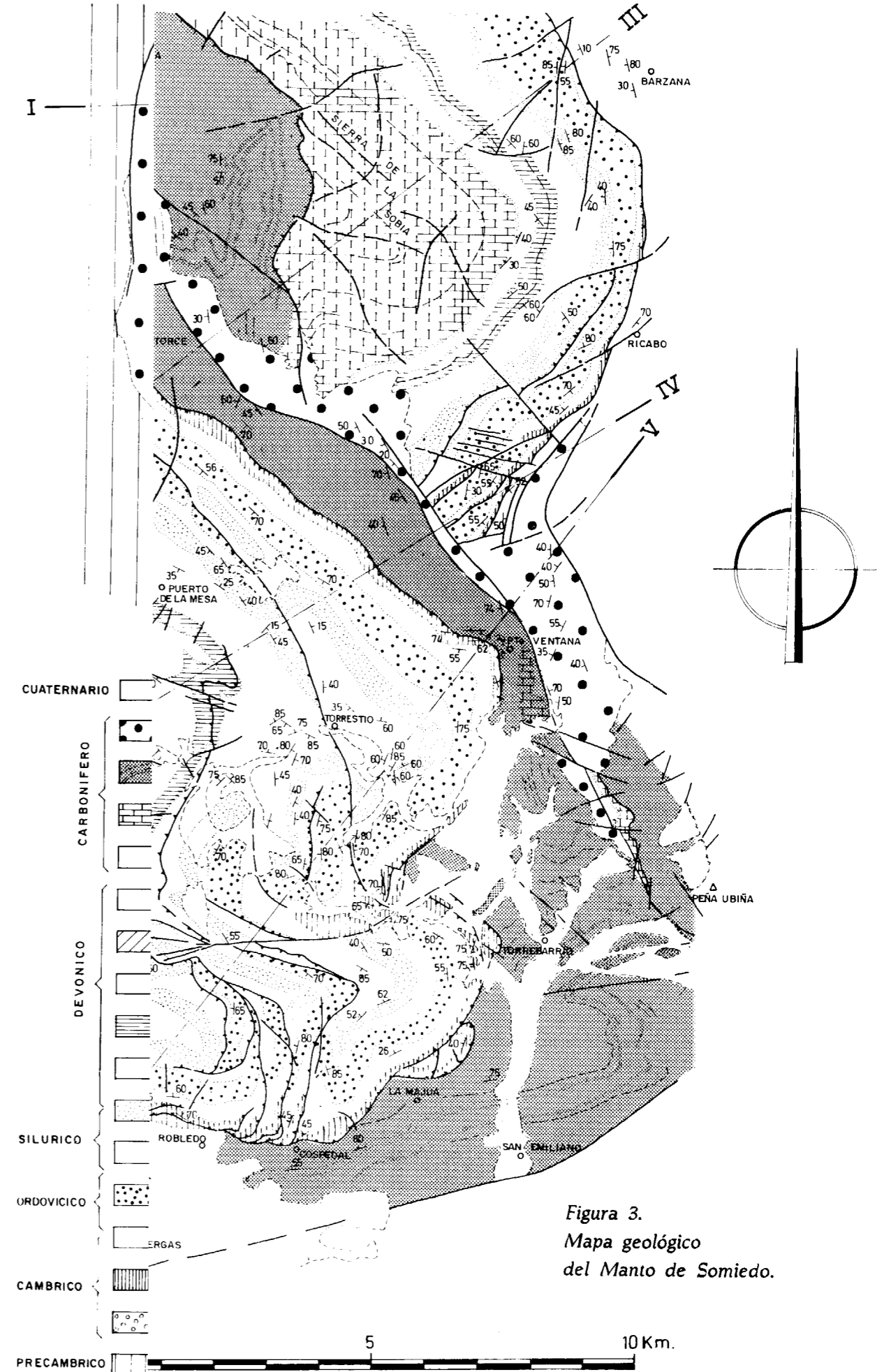


Figura 3. Mapa geológico del Manto de Somiedo.

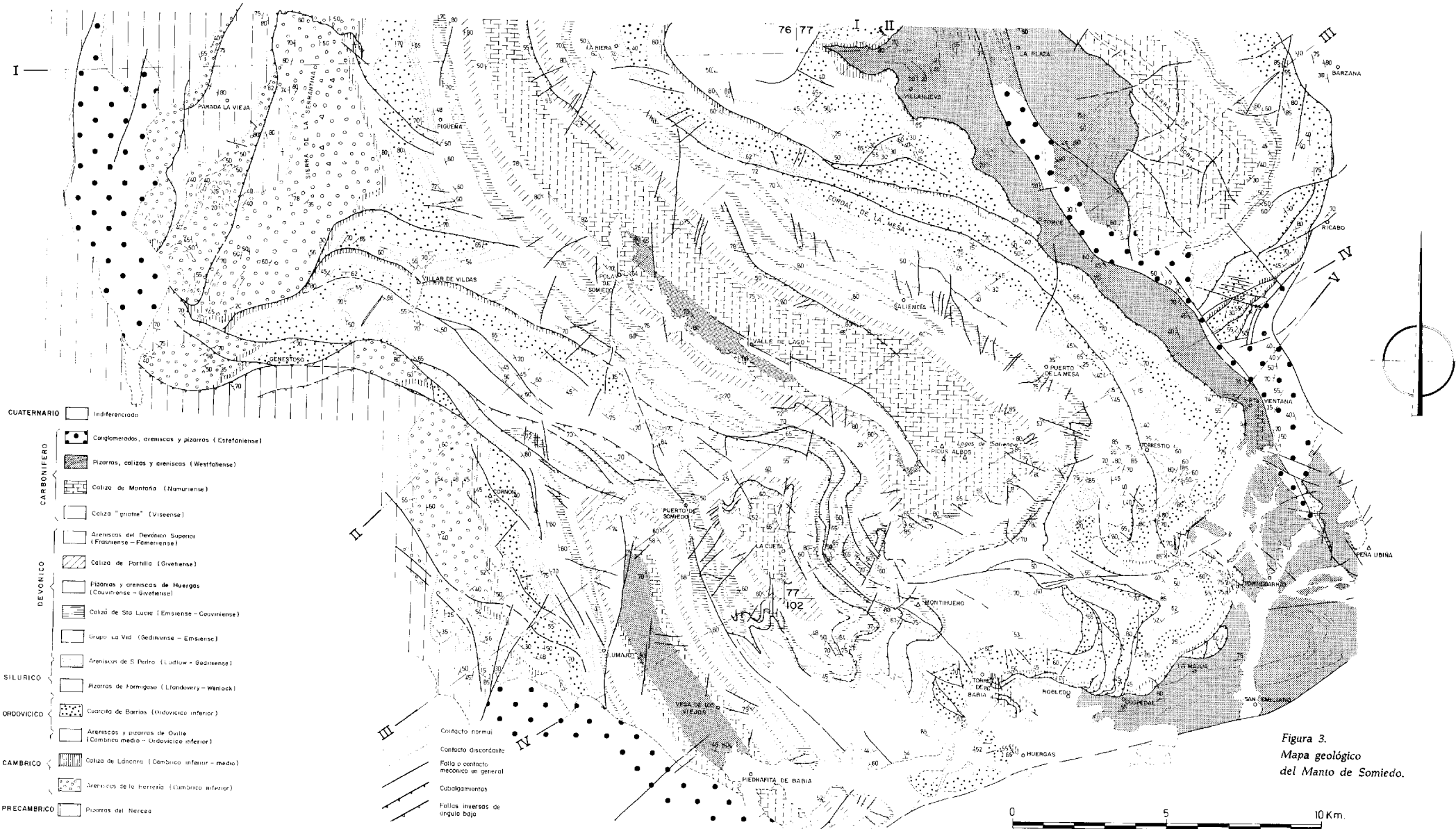


Figura 3.
Mapa geológico
del Manto de Somiedo.

unidad cabalgante de Somiedo se encuentra ilustrada en la figura 2.

Desde el punto de vista de las implicaciones que tiene esta sucesión de materiales sobre el desarrollo de las estructuras, conviene destacar dos aspectos:

1.º El espesor total de la secuencia estratigráfica es del orden de los 4.500 m.

2.º La sucesión está constituida por una alternancia de formaciones con una litología variada. Este hecho proporciona a la escala del conjunto una anisotropía muy marcada, caracterizada por la alternancia de niveles competentes e incompetentes. En efecto, es destacable la existencia de formaciones predominantemente pizarrosas (Formigoso, Huergas, San Emiliano y, parcialmente, Oville y La Vid) que probablemente jugaron el papel de niveles incompetentes, formaciones de naturaleza caliza (Láncara, Santa Lucía, Portilla, Caliza de Montaña y, parcialmente, La Vid) y formaciones arenosas (Herrería, Barrios, San Pedro, areniscas del Devónico Superior y, parcialmente, Oville) que, con diferencias obvias en su comportamiento frente a la deformación, actuaron como niveles competentes.

Por lo que respecta al bloque cabalgado (Unidad de La Sobia-Bodón), la sucesión estratigráfica presenta algunas diferencias con respecto al Manto de Somiedo que conviene destacar. Así, en La Sobia, la sucesión estratigráfica es hasta la Formación Huergas en todo punto comparable; a partir de esta formación existe, sin embargo, una laguna estratigráfica importante, ya que sobre ella se apoyan directamente —mediando a lo sumo unos pocos metros de areniscas del Devónico Superior— los materiales carboníferos. En el extremo occidental del Manto de Bodón, la amplitud de la laguna estratigráfica es aún superior, ya que allí, unos pocos metros de areniscas del Devónico Superior o los materiales carboníferos se apoyan sobre la Formación Santa Lucía o incluso, algo más al E, sobre la Formación La Vid (MARCOS, 1968; TRUYOLS y otros, 1982). Debe señalarse además que, en términos generales, el espesor de las formaciones paleozoicas precambrianas visibles en la Unidad de La Sobia-Bodón es inferior al que presentan en el Manto de Somiedo.

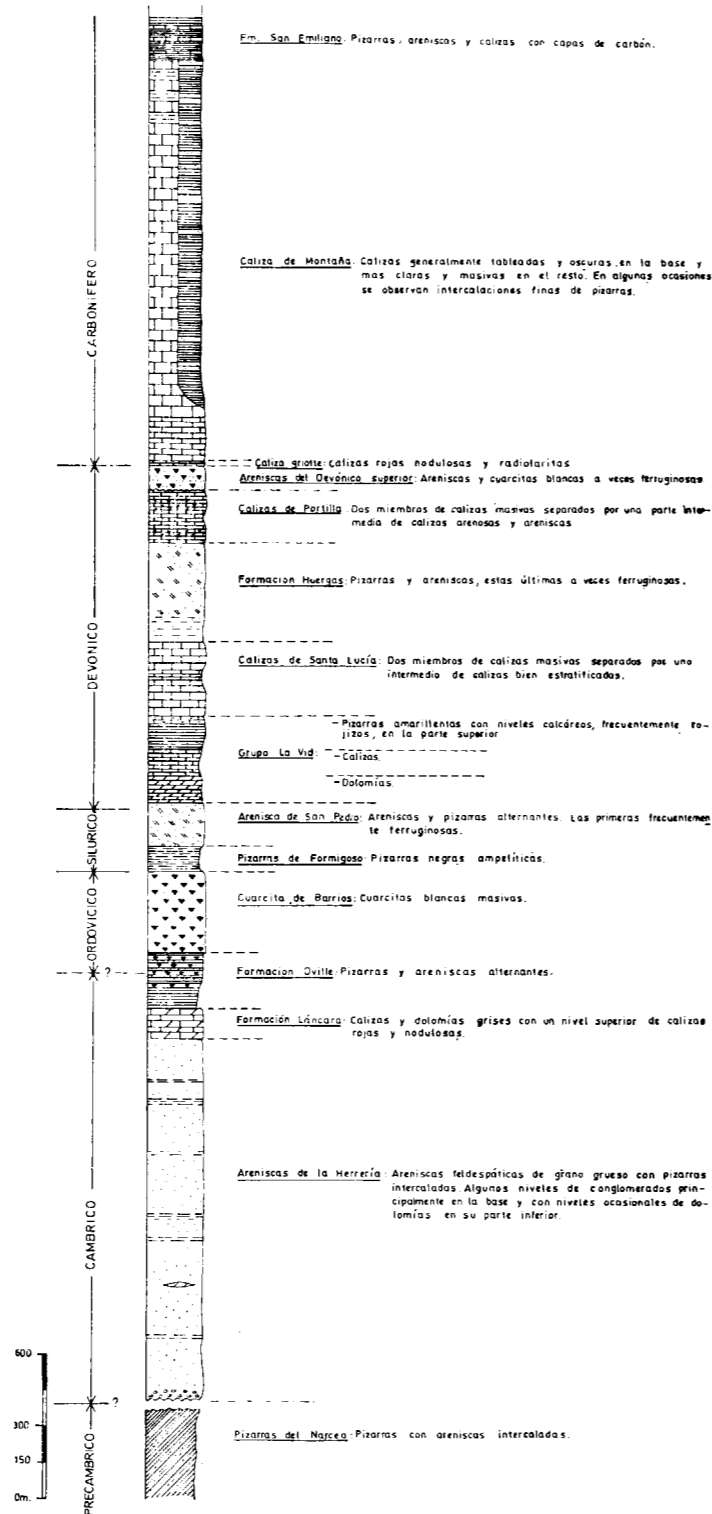


Figura 2.—Sucesión estratigráfica de la unidad cabalgante de Somiedo.

LA CONSTRUCCION DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES BALANCEADAS

La necesidad de buscar métodos de comprobar la aceptabilidad geométrica de los cortes geológicos transversales fue planteada, hace ya bastantes años, por algunos geólogos dedicados a la exploración petrolífera en las Montañas Rocosas del Canadá, que requerían algún tipo de comprobación de las interpretaciones reflejadas en sus cortes transversales, antes de sondear. Estos geólogos encontraron que un método para realizar esta comprobación era eliminando la deformación de las capas para volverlas a su disposición primitiva de depósito, siguiendo un principio similar a las pruebas aritméticas. Si esta restauración puede realizarse de un modo completo, y con un resultado lógico y razonable, se puede concluir que la sección transversal es geoméricamente posible, aunque, evidentemente, ello no implica que ésta sea necesariamente verdadera. Pero, si la sección restaurada muestra una disposición incoherente de las capas o estructuras (por ejemplo, capas inicialmente onduladas, irregulares o discontinuas, trayectorias de fallas anómalamente irregulares, etc.) se puede concluir que la sección transversal es geoméricamente imposible y, por ello, difícilmente será correcta.

Este método de comprobación de la aceptabilidad geométrica de los cortes transversales ha sido mencionado o utilizado, consciente o inconscientemente, por diversos autores, siendo DAHLSTROM (1969) quien expone por primera vez los principios geométricos en los que se basa y discute ampliamente el término *sección transversal «balanceada»* (balanced cross section) para describir los cortes en los que hay una compatibilidad geométrica de un nivel a otro dentro del corte, es decir, que están contruidos de tal manera que a partir de ellos se pueden obtener secciones restauradas razonables y coherentes.

La construcción de cortes transversales balanceados se realiza apoyándose en la sola suposición de que el área de la sección no cambia durante la deformación. Esta asunción supone que, si una secuencia de capas planas y horizontales ha sido plegada y fallada hasta la forma actual dibujada en el corte, la deformación tiene lugar sin cambio de volumen y la elongación paralela a los ejes de los pliegues es despreciable o nula. En estas condiciones, evidentemente, el área de la sección antes de la deformación es igual —«ba-

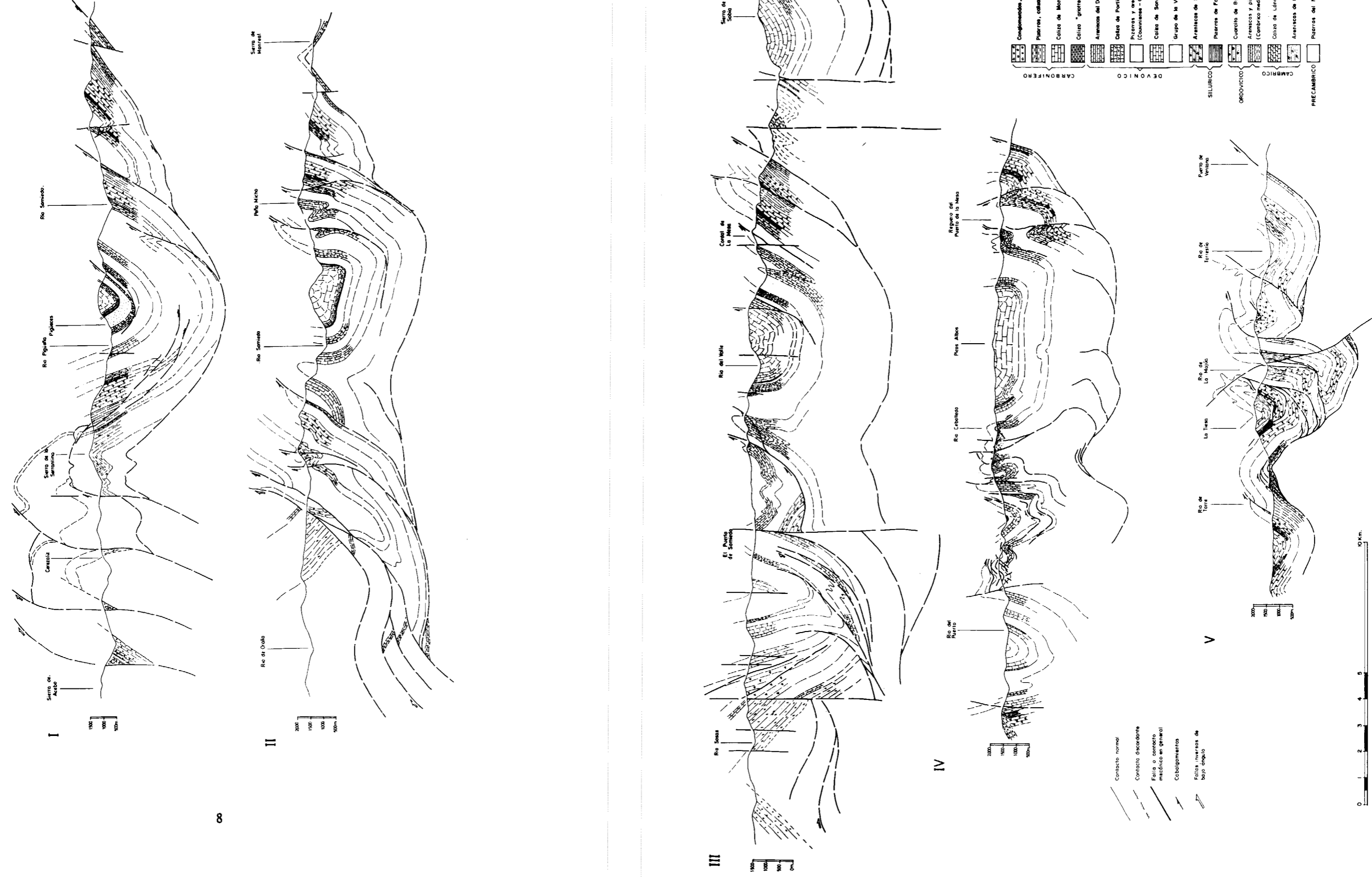
lanca»— al área de ésta después de la deformación (DAHLSTROM, 1969; HOSSACK, 1979).

Si la deformación tiene lugar principalmente por deslizamiento flexural entre capas y la deformación interna dentro de éstas es suficientemente pequeña como para poder ignorarla, una sección transversal balanceada es aquella en que las longitudes de los marcadores estratigráficos en el estado deformado son las mismas que en el indeformado, cambiando solamente su forma como consecuencia de la deformación. La longitud de las capas debe ser balanceada a lo largo de los pliegues, pero también a través de fallas y cabalgamientos. Si la longitud de las capas en cada nivel dentro del corte no está balanceada debe haber una explicación estructural convincente.

Las secciones transversales balanceadas tienen dos propiedades fundamentales. En primer lugar, permiten considerar también la estructura en profundidad con una precisión aceptable, siempre que se disponga de una cantidad y calidad idónea de datos estructurales de superficie, al aplicar una técnica geométrica rigurosa para su extensión en profundidad. En segundo lugar, las secciones balanceadas pueden ser indeformadas, total o parcialmente, para obtener *secciones restauradas*. Si la restauración de la sección balanceada es total, se obtiene una reconstrucción palinostática que coloca las capas en su posición de depósito y que, por comparación con la sección actual, permite obtener estimaciones de la magnitud del acortamiento tectónico sobre los cortes. Además, la realización de restauraciones parciales, que vayan eliminando progresivamente la deformación, permite conocer, en determinadas condiciones, la evolución de la geometría de las estructuras representadas en el corte.

En este trabajo las secciones transversales se han construido siguiendo los principios expuestos anteriormente y teniendo en cuenta que, tanto la cartografía como los estudios detallados del área, muestran que no hay cambios de espesor en las unidades estratigráficas de los flancos a las charnelas de los pliegues mayores —al menos para las unidades más competentes—, siendo la deformación interna de las rocas despreciable a los efectos de construcción de los cortes balanceados. En estas condiciones, la asunción limitadora de que la deformación tiene lugar sin cambio de área en el plano de la sección es completamente razonable. Una segunda restricción en la cons-

Figura 4.—Cortes geológicos balanceados a través del Manto de Somiedo (para situación ver fig. 3).



trucción de las secciones y que también se ha tenido en cuenta en el presente trabajo, es que en éstas, solamente son aceptables un determinado rango de estructuras o «familia estructural» (DAHLSTROM, 1969; ELLIOT y JOHNSON, 1980). Esto quiere decir que todos los tipos y modelos estructurales que aparecen en cada sección son visibles en el área o en zonas afines.

El procedimiento seguido para la elaboración de los cortes y de sus restauraciones es similar al seguido por otros autores (p. e., ELLIOT y JOHNSON, 1980) y consta esencialmente de los siguientes pasos:

1) La dirección de la sección se selecciona transversal a las capas y aproximadamente longitudinal a la dirección de movimiento de los cabalgamientos.

2) Cada sección transversal incorpora información de una banda de varios kilómetros en torno a la línea del corte, convenientemente proyectada sobre el plano de la sección.

3) Las secciones transversales balanceadas y sus correspondientes secciones restauradas fueron construidas simultáneamente, lo cual permite un chequeo constante de las interpretaciones contenidas en las secciones.

4) Una comprobación ulterior es que una sección transversal y su versión restaurada deben ser compatibles con las secciones adyacentes y, por supuesto, con el mapa geológico de la zona entre ellas.

ESTRUCTURA GENERAL

La estructura de la región del Manto de Somiedo ha sido ya analizada con anterioridad por diversos autores (GÓMEZ DE LLARENA, 1946; GÓMEZ DE LLARENA y RODRÍGUEZ ARANGO, 1948; GARCÍA FUENTE, 1959; JULIVERT y otros, 1968; VAN DEN BOSCH, 1969; TRUYOLS y otros, 1982), quienes pusieron de manifiesto y describieron las principales estructuras existentes en la zona. En el presente capítulo trataremos de dar una visión global de la estructura de esta área, remitiendo al lector para mayor detalle a los trabajos regionales de dichos autores. No obstante, aquí se introducirán algunas modificaciones importantes en el conocimiento disponible hasta la fecha sobre

la geometría de las estructuras y sobre la secuencia de acontecimientos que tuvieron lugar durante el desarrollo de la deformación.

El análisis del mapa geológico de la región del Manto de Somiedo (fig. 3) y de los cortes de la figura 4, permite deducir la existencia de varios tipos de grandes estructuras superpuestas, a saber:

- Cabalgamientos cuya superficie tiende a ser en buena parte de su trazado paralela a la estratificación del bloque cabalgante.
- Fallas inversas de bajo ángulo, situadas en la zona occidental del manto.
- Pliegues de trazado NO-SE y, en mucha menor proporción, de trazado E-O.

En términos generales, estas estructuras se suceden en el tiempo en el orden citado; no obstante, la realización de un estudio más preciso ha permitido, como más adelante veremos, establecer algunas matizaciones en este esquema.

Para facilitar la identificación de las estructuras, se ha representado en la figura 5 el trazado cartográfico de las más importantes y la nomenclatura utilizada, basada en parte en publicaciones anteriores (JULIVERT y otros, 1968; VAN DEN BOSCH, 1969).

Por lo que se refiere al cabalgamiento basal del Manto de Somiedo, puede afirmarse que sus características son análogas a las de los restantes mantos cantábricos; así la superficie de cabalgamiento es paralela a la estratificación del alóctono, existiendo una oblicuidad apreciable entre dicha superficie y la estratificación de los materiales carboníferos del autóctono. Como es también común en estos cabalgamientos, en la base del manto se sitúa la formación carbonatada de Láncara.

La estructura interna del manto es compleja, de forma que éste no puede ser comparado con un bloque sencillo que desliza sobre una superficie. En efecto, la observación de la cartografía revela que el manto se encuentra fragmentado en numerosas escamas que lo compartimentan en bloques más pequeños que han deslizado relativamente entre sí. Dentro de estas escamas existen algunas de notable envergadura, como son la escama de Belmonte y la de Villar de Vildas, que se presentan en cartografía como bifurcaciones de la

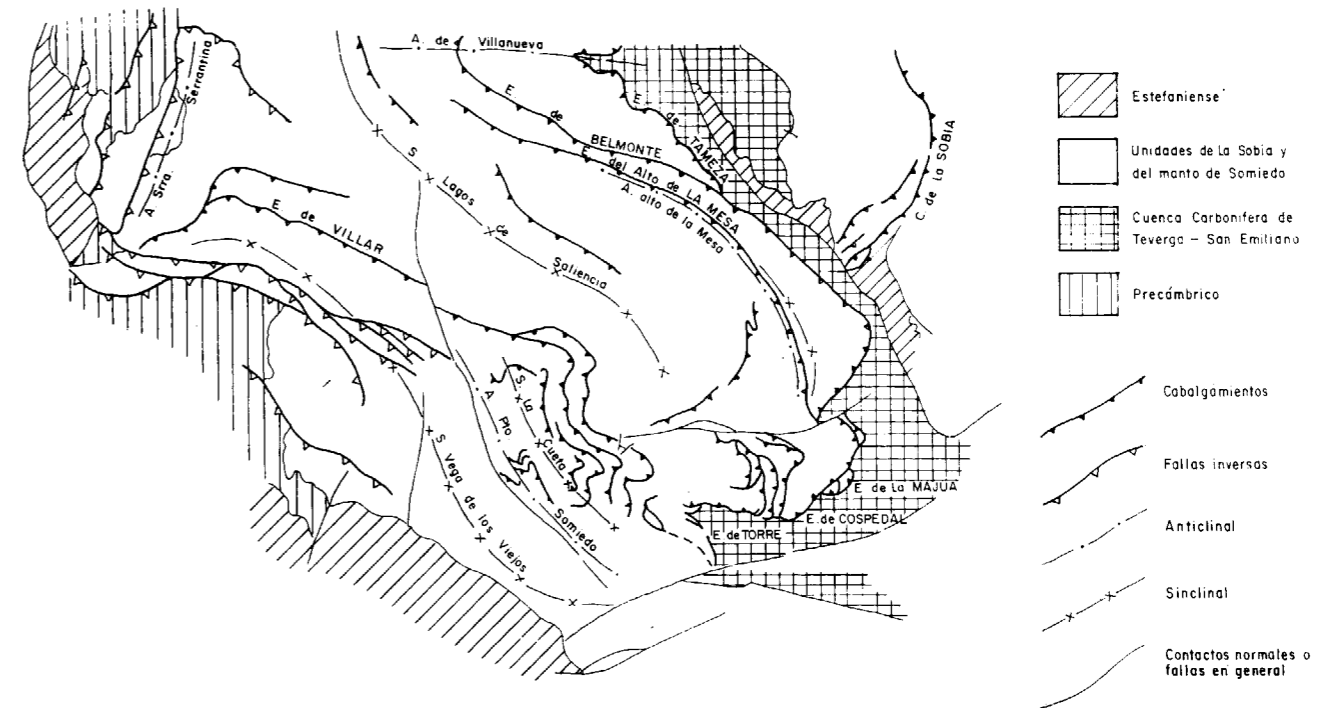


Figura 5.—Trazado cartográfico y nomenclatura utilizada para las principales estructuras del Manto de Somiedo.

superficie principal. Otras aparecen como imbricaciones que complican la superficie basal del manto y que se desarrollan generalmente en formaciones situadas por debajo de las Calizas de Santa Lucía; las escamas existentes entre Cospedal y Robledo reflejan claramente esta disposición. Finalmente, hay que citar la existencia de otras escamas de menor envergadura, que dan lugar a un salto estratigráfico pequeño y que se presentan a manera de cuñas tectónicas con carácter muchas veces intraformacional, afectando principalmente a formaciones carbonatadas competentes, como son las Calizas de Santa Lucía y las de Portilla (fig. 6).

La cartografía y la interpretación dada en el corte I de la figura 4, sugieren que hacia la parte occidental del área estudiada el cabalgamiento basal del manto se sitúa en niveles cada vez más profundos, hasta alcanzar los materiales precámbricos.

Otro tipo de estructuras diferentes de las enumeradas anteriormente son las fallas inversas de bajo ángulo que se desarrollan en la parte O de

la unidad estudiada. Estas fallas cortan claramente a los cabalgamientos ya descritos y se presentan en muchos casos dobladas por efecto del plegamiento, hecho que sugiere para ellas una baja inclinación original; esta superposición de estructuras da lugar en la Sierra de la Serrantina a un domo, cuya erosión ha conducido a la formación de una semiventana tectónica.



Figura 6.—Esquema de campo mostrando cuñas tectónicas plegadas en la carretera de La Cueta, sobre el caserío de Cacabillo. 1, Grupo La Vid; 2-3, Caliza de Sta. Lucía (niveles masivos y margosos, respectivamente); 4, Formación Huergas.

Los pliegues dominantes en la región presentan un trazado general NO-SE, aunque muestran trazas axiales algo onduladas como consecuencia de su deformación posterior. Se trata de pliegues de plano axial subvertical y ejes con inclinación variable. En muchos casos, estas estructuras deforman a los cabalgamientos; sin embargo, es frecuente también que existan pliegues cortados por ellos, sobre todo en los frentes de las escamas que se asocian a la superficie basal. Esto sugiere que el desarrollo de estos últimos pliegues se encuentra genéticamente ligado al de las correspondientes escamas. Existen otros aspectos geométricos de los pliegues que también parecen estar relacionados con la geometría del manto y escamas asociadas; a este respecto es destacable la existencia de sinclinales anchos separados por anticlinales estrechos y fuertemente afectados por cabalgamientos (fig. 4, cortes III y IV). Algunos de los sinclinales presentan además doble charnela, con apariencia de «box folds», y una brusca terminación periclinal; ejemplos relevantes de estas estructuras se presentan en el sinclinal de la Cueta y, sobre todo, en el de los Lagos de Saliencia (fig. 4, cortes II, III y IV).

Finalmente, cabe destacar algunas ondulaciones suaves de plano axial subvertical y trazado E-O, responsables de las inflexiones de las trazas axiales de los pliegues ya descritos y de algunos cambios en el trazado de la superficie basal del manto. Los modelos de interferencia que se producen como consecuencia de esta superposición de pliegues han sido ya descritos por JULIVERT y MARCOS (1973).

En resumen, puede señalarse que la evolución tectónica de la región del Manto de Somiedo es el resultado de una deformación progresiva caracterizada por el desarrollo sucesivo de estructuras con una fuerte interrelación genética, geométrica y temporal. Las primeras estructuras que se inician son los cabalgamientos; su desarrollo condiciona la aparición de pliegues, cuya posición y forma se encuentran controladas por la geometría de los mantos y escamas asociadas. En una etapa tardía del emplazamiento de estos mantos, se originan fallas inversas íntimamente relacionadas con la parte posterior del bloque cabalgante. Una vez que cesa el movimiento de los mantos, los pliegues ya iniciados continúan cerrándose, a la vez que se pliegan las propias superficies de cabalgamiento y las fallas inversas occi-

dentales. Finalmente, se producen las ondulaciones E-O que dan lugar a la geometría final del conjunto.

GEOMETRIA DEL MANTO DE SOMIEDO

Un manto de despegue (o de tipo apalachense) puede describirse como un tipo de manto (*thrust nappe*) en el que la superficie de cabalgamiento es una falla paralela a la estratificación (*bedding fault*) a lo largo de grandes tramos (*flats*), separados por zonas más cortas en las que dicha superficie corta oblicuamente a la estratificación (rampas). En el caso más simple, se trataría de una gran lámina de roca (conjunto cabalgante o alóctono) formando un conjunto coherente que no presenta una estructuración destacable en su interior. Sin embargo, es muy frecuente que el conjunto alóctono presente una estructura complicada debido al desarrollo de cabalgamientos secundarios, pliegues, etc. Esto es lo que sucede en el Manto de Somiedo, donde el análisis de la cartografía (fig. 3), cortes geológicos balanceados (fig. 4) y cortes restaurados (fig. 7), permite deducir que se trata de una lámina cabalgante con una estructura compleja debido a una fuerte compartimentación en su interior. Las principales características geométricas de este manto destacan claramente de la observación de los cortes restaurados de la figura 7; a partir de ellos, pueden diferenciarse distintas estructuras que serán descritas someramente a continuación.

Cabalgamiento basal del manto

Este cabalgamiento se pone claramente de manifiesto en la parte oriental del manto debido al gran salto estratigráfico a que da lugar, ya que pone en contacto los materiales carbonatados del Cámbrico Inferior-Medio (Formación Láncara) con los del Namuriense terminal-Westfaliense de las cuencas de San Emiliano y Teverga (BOWMAN, 1982). La superficie de cabalgamiento es esencialmente paralela al conjunto alóctono y se sitúa inmediatamente por debajo de la Formación Láncara; únicamente se rompe este paralelismo en la parte posterior del manto y, probablemente, aunque no puede constatarlo cartográficamente, en su zona frontal.

Respecto al conjunto autóctono, el cabalgamien-

to basal puede presentar dos tipos de posiciones dependiendo del sector considerado. Así, tenemos:

- Sectores en los que la estratificación del conjunto autóctono se mantiene paralela a la superficie de cabalgamiento; son las zonas planas o *flats*. Estas zonas no se observan directamente en la cartografía y su existencia ha sido deducida en la construcción de los cortes restaurados (fig. 7). En el caso del Manto de Somiedo, estas zonas representan generalmente un deslizamiento o despegue de la Formación Láncara sobre la Formación Herrería, sin que exista, por tanto, superposición tectónica.
- Sectores en los que el cabalgamiento basal corta oblicuamente a la estratificación del autóctono. Tales sectores se denominan rampas y representan un ascenso del conjunto alóctono con relación al autóctono. Así, el trazado cartográfico del manto en la parte más oriental, corresponde a uno de estos sectores. En efecto, en la cuenca de Teverga el cabalgamiento llega a situarse sobre materiales ligeramente más altos de la sucesión carbonífera que la de San Emiliano, lo cual supone un ascenso de unos 500 a 1.000 m. en la sucesión. Por otra parte, la observación de los cortes restaurados muestra que la superficie de cabalgamiento asciende desde los materiales cámbricos hasta los carboníferos.

En la zona posterior del manto, el trazado del cabalgamiento basal es difícil de seguir debido a la complicación estructural que supone la aparición de las fallas inversas de bajo ángulo. No obstante, el hecho de que la Formación Láncara aparezca al E de la Sierra de la Serrantina en sucesión normal sobre la Formación Herrería, permite deducir que la superficie de cabalgamiento ha debido profundizar en la sucesión estratigráfica hasta llegar a los materiales precámbricos, constituyendo otra rampa, tal como se muestra en el corte 1B de la figura 7.

La geometría de la lámina cabalgante

La estructura de la lámina cabalgante es complicada, distinguiéndose dentro de ella una serie de estructuras, entre las que cabe destacar:

- Escamas mayores.
- Escamas imbricadas.
- Cuñas tectónicas.

Escamas mayores

En el Manto de Somiedo, se distinguen algunas escamas mayores cuyos cabalgamientos basales se bifurcan del cabalgamiento principal del manto, presentando características similares a éste, si bien su desplazamiento es menor. Al igual que dicho cabalgamiento, presentan una disposición en rampas y zonas planas. Dentro del Manto de Somiedo, se han reconocido dos escamas mayores denominadas Escama de Villar de Vildas y Escama de Belmonte (fig. 3). De esta última, sólo se observa dentro del área estudiada su parte más meridional, que corresponde a una zona de rampa.

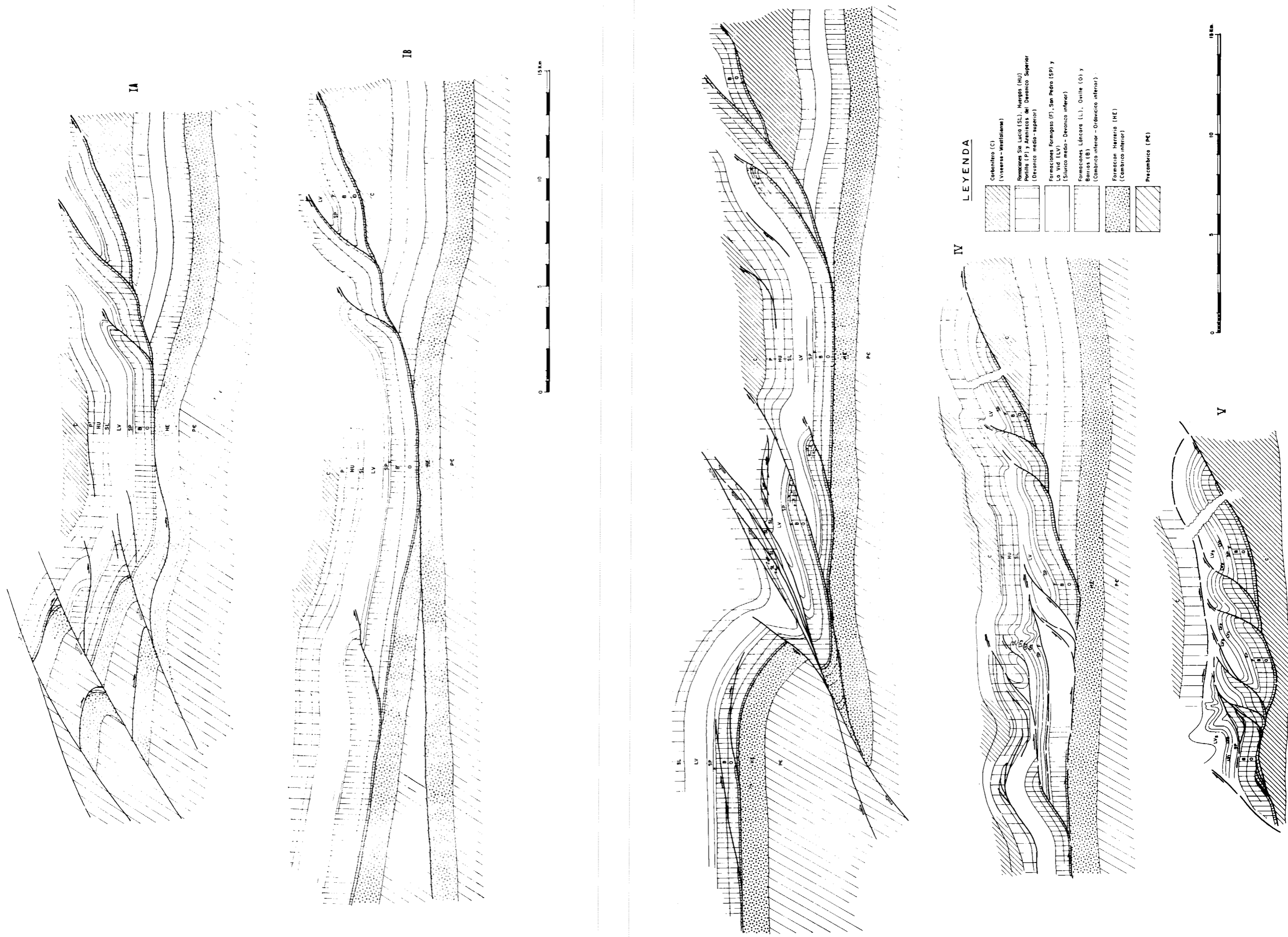
Las características geométricas de la Escama de Villar de Vildas pueden verse en la parte occidental del corte restaurado IV de la figura 7. De entre estas características cabe destacar las siguientes:

- La superficie basal de la escama presenta una disposición en escalera con dos partes planas y dos rampas.
- El desplazamiento de los materiales alóctonos sobre esta superficie condiciona la aparición en ellos de una serie de pliegues. Al ser el desplazamiento pequeño (de 2,5 a 3 Km.), se condiciona la aparición de un anticlinal sobre el extremo superior de la primera rampa (corte IV, fig. 7; Anticlinal de la Cueta). Igualmente se originan flexiones monoclinales en el extremo inferior de la primera rampa (sinclinal) y en el superior de la segunda (anticlinal).

Escamas imbricadas

Del trazado cartográfico del frente de cabalgamiento salen numerosos cabalgamientos que provocan una serie de escamas imbricadas que afectan a las formaciones situadas por debajo de la caliza de Santa Lucía. Estos cabalgamientos, claramente visibles en la zona de Torre de Babia, Robledo, Cospedal, Torrebarrio y Torrestío, surgen de la superficie principal y ascienden formando un fuerte ángulo con la estratificación

Figura 7.—Cortes geológicos del Manto de Somiedo parcialmente restaurados, obtenidos a partir de los cortes de la figura 4 por eliminación de los efectos de los pliegues longitudinales. En el corte IB se ha deshecho, además, el juego de las fallas inversas de bajo ángulo.



presentando una concavidad hacia arriba hasta situarse por encima del miembro calcáreo del Grupo de La Vid (fallas lístricas). Al llegar a este punto, las superficies de fractura se hacen difíciles de identificar debido, bien a su amortiguación en la parte pizarrosa de este grupo o bien a la existencia de una superficie de despegue dentro del mismo. En este último caso, las escamas individualizarían una unidad cabalgante situada entre dos cabalgamientos principales y aproximadamente paralelos: un cabalgamiento basal (*floor* o *sole thrust*) y un cabalgamiento superior (*roof thrust*). El conjunto constituido por estas estructuras recibe el nombre de «duplex» (DAHLSTROM, 1970; BOYER y ELLIOT, 1982). La forma de esta estructura puede verse en el corte restaurado V de la figura 7. A partir de este corte y admitiendo que no hay cambio de área durante la deformación, puede determinarse el acortamiento que supondría este conjunto de escamas imbricadas (ELLIOT y JOHNSON, 1980). Así, a partir de:

$$A = l' \cdot t' = l_0 \cdot t_0$$

A, área de la sección

l' , longitud del dúplex

t' , espesor estructural medio del dúplex

l_0 , longitud de las capas antes de producirse el dúplex

t_0 , espesor estratigráfico medio

puede obtenerse l_0 y por tanto el acortamiento:

$$e = (l' - l_0) / l_0$$

El cálculo de éste da un valor del orden del 35 al 40 por 100.

Al desarrollo de cada una de las escamas imbricadas se asocia generalmente la formación de pliegues, originándose un anticlinal en la parte alóctona y un sinclinal en la parte autóctona (figuras 3 y 7).

Cuñas tectónicas

Con este nombre se han definido una serie de estructuras consistentes en fallas inversas de bajo ángulo que dan lugar a una superposición tectónica, presentan pequeños desplazamientos (del orden de algunas decenas de metros) y terminan en superficies de despegue, tanto en su parte frontal como en la posterior. Se desarrollan principalmente en formaciones carbonatadas competentes (fig. 6).

La geometría del manto y de su cabalgamiento basal en la terminación meridional del Sinclinal de los Lagos de Saliencia

El trazado cartográfico del Manto de Somiedo sufre un brusco cambio de dirección entre el Puerto Ventana y Torre de Babia. En este sector, tanto el cabalgamiento basal como las capas de las distintas formaciones de la lámina cabalgante, presentan buzamientos muy fuertes hacia el NO, lo cual es particularmente espectacular en las formaciones situadas por encima de la Caliza de Santa Lucía, en la terminación meridional del Sinclinal de los Lagos de Saliencia. La estructura de esta parte meridional es difícil de explicar por una simple superposición de pliegues. La explicación alternativa que se propone en el presente trabajo consiste en admitir la existencia de una rampa lateral en este sector meridional del manto. Esta hipótesis se encuentra esquematizada en la figura 8. Como puede verse en esta figura, la existencia de una falla transversal, que en realidad representa una fractura en rampa, condiciona, al emplazarse el manto, la aparición de una zona plana cerrada por el S, cuya geometría reproduce la terminación periclinal del Sinclinal de los Lagos de Saliencia. Los datos aportados por la cartografía y los cortes realizados (figuras 3 y 4) apoyan también esta hipótesis. Así, el análisis de los cortes geológicos I, III y IV de la figura 4 y su correspondiente restauración (figura 7) indica que no parece posible que la unidad de La Sobia pueda prolongarse por debajo del manto más hacia el O de lo que en ellos se encuentra dibujado. De acuerdo con esto, los materiales carboníferos de la cuenca de Teverga deben acuñarse rápidamente contra la rampa del manto. Por el contrario, el corte restaurado V y la cartografía de la región de La Babia indican que los materiales carboníferos de la cuenca de San Emiliano se sitúan por debajo del manto en una posición mucho más occidental que la del carbonífero de los cortes I y II. Estos hechos sólo pueden ser compatibles si se admite la rampa lateral antes citada.

Las fallas inversas de bajo ángulo de la parte occidental del manto

La posición y características de estas fallas pueden verse en los cortes restaurados I y III de la figura 7. La aparición de estas fallas exclusiva-

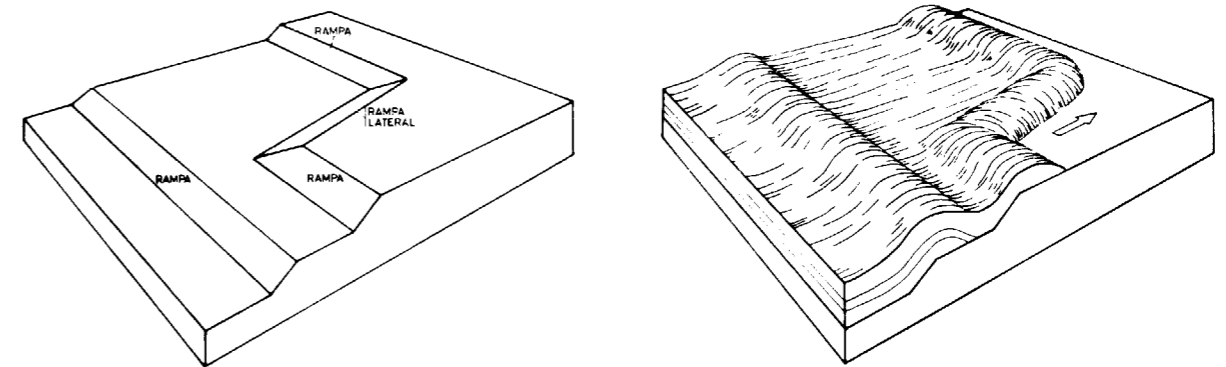


Figura 8.—Bloques diagrama idealizados del Manto de Somiedo. La existencia de una rampa lateral permite explicar la brusca terminación periclinal del Sinclinal de los Lagos de Saliencia.

mente en la parte más occidental del manto, debe de haber sido favorecida por el ascenso de los materiales precámbricos en la parte posterior del mismo, tal como se muestra en la figura 9.

CONTROL DE LA GEOMETRIA DEL MANTO SOBRE EL DESARROLLO DE LOS PLIEGUES POSTERIORES

Como ya se ha descrito previamente, el emplazamiento del manto y de sus estructuras asocia-

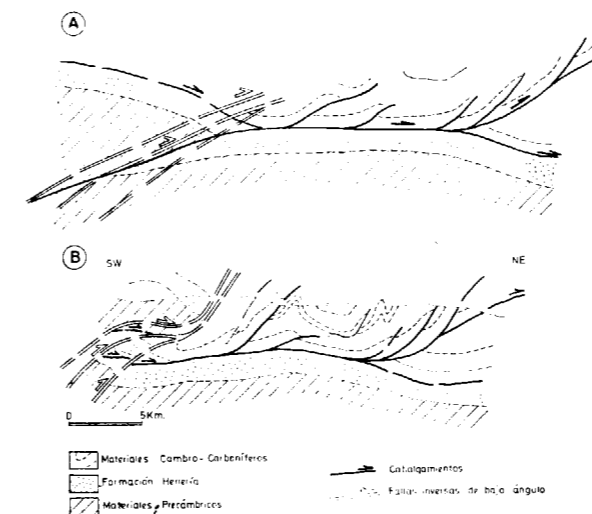


Figura 9.—Restauración esquemática (A) de un corte geológico a través del Manto de Somiedo (B), mostrando la posición de las fallas inversas de bajo ángulo desarrolladas en relación con el ascenso de la cuña de materiales precámbricos.

das puede dar lugar a pliegues de diferentes escalas y morfologías. Las distintas situaciones en que se presentan estas estructuras se han idealizado en la figura 10, y son las siguientes:

1. Cabalgamientos menores con rampas y zonas planas, en los que el desplazamiento producido es menor que la distancia entre rampas consecutivas (fig. 10A). Este es el caso de la Escama de Villar de Vildas.
2. Escamas imbricadas, que dan lugar a anticlinales al final de sus rampas y, a veces, a sinclinales en el autóctono relativo (fig. 10B).
3. La zona plana, la rampa frontal del manto y la elevación producida en la parte posterior por la cuña de materiales precámbricos determinan un gran sinforme con fondo plano (corte 1B de la fig. 7 y fig. 10C). Esta situación se manifiesta claramente en la cartografía y corresponde al Sinclinal de los Lagos de Saliencia. Este caso es similar al descrito en el punto 1, pero a una escala mucho mayor.
4. Las cuñas tectónicas controlan también el desarrollo de pliegues menores, apareciendo una disposición de anticlinales y sinclinales, tal como se muestra en la figura 6 y figura 10D.

Las fallas inversas de bajo ángulo también han jugado un cierto papel en el desarrollo de estos pliegues, agudizando, por un lado, algunas de las formas previamente creadas y produciendo, por otro, pliegues por arrastre de las capas a lo largo de las fracturas.

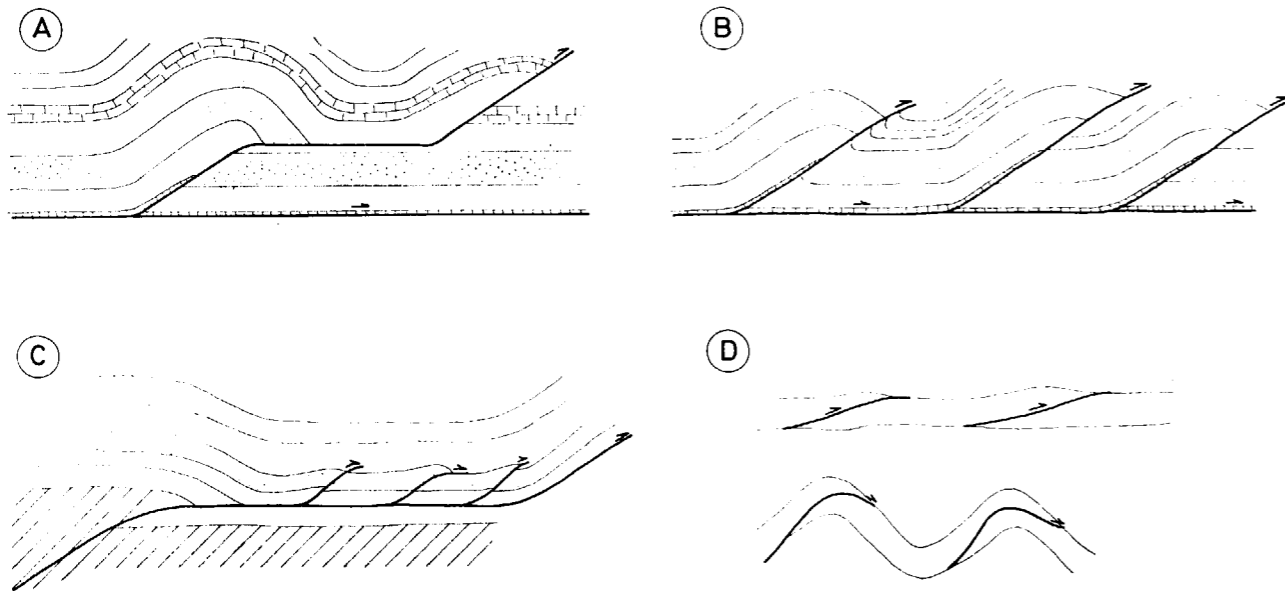


Figura 10.—Esquemas mostrando las diferentes situaciones estructurales en las que la geometría de los cabalgamientos y escamas asociados al manto condicionan la aparición de pliegues. Para explicación véase el texto.

Los pliegues longitudinales, tal como se presentan actualmente, son únicamente el resultado de un apretamiento de los pliegues originados en relación con el emplazamiento del manto. Por tanto, con posterioridad al desarrollo de éste, no tiene lugar una etapa de plegamiento propiamente dicha, ya que no se produce la nucleación ni el desarrollo iniciales. De este modo, los pliegues longitudinales representan una continuación del acortamiento una vez terminado el desplazamiento del manto.

LA GEOMETRIA INICIAL DEL MANTO

A partir del análisis geométrico realizado anteriormente, es posible conocer la disposición de las superficies de cabalgamiento en una situación previa al desarrollo del manto, lo cual significa una restauración total, que ha sido realizada para un corte idealizado en la figura 11. En este corte se han reproducido la mayor parte de las fracturas que después han dado lugar a la compartimentación del manto. Dicha figura resume en cierto modo muchas de las conclusiones geométricas esbozadas a lo largo del presente capítulo. Así, puede verse la gran complejidad estructural que presenta la lámina cabalgante y que,

como ya ha sido expuesto, será la condicionante de todas las estructuras posteriores.

LOS YACIMIENTOS MINERALES ASOCIADOS A LOS CABALGAMIENTOS

En la zona estudiada, aparecen una serie de indicios y yacimientos minerales, la mayor parte de los cuales se sitúan precisamente en las inmediaciones de la superficie de cabalgamiento del Manto de Somiedo, ya sea en materiales precámbricos, en la Formación Herrería o en la Formación Láncara (fig. 12). Este hecho sugiere que el origen de las mineralizaciones está relacionado con el desarrollo de los cabalgamientos. En consecuencia, el estudio de estos indicios y yacimientos puede aportar algunos datos de interés a la hora de interpretar la mecánica del Manto de Somiedo, por lo cual realizaremos a continuación algunas consideraciones en torno a ellos.

Los indicios y yacimientos minerales más frecuentes en esta región son los de baritina. La mayor parte de tales mineralizaciones se localizan en la Formación Láncara y entre ellas podemos destacar las situadas al E de Cibea, las de Torre de Babia, Villar de Vildas y Riolago. Por otra

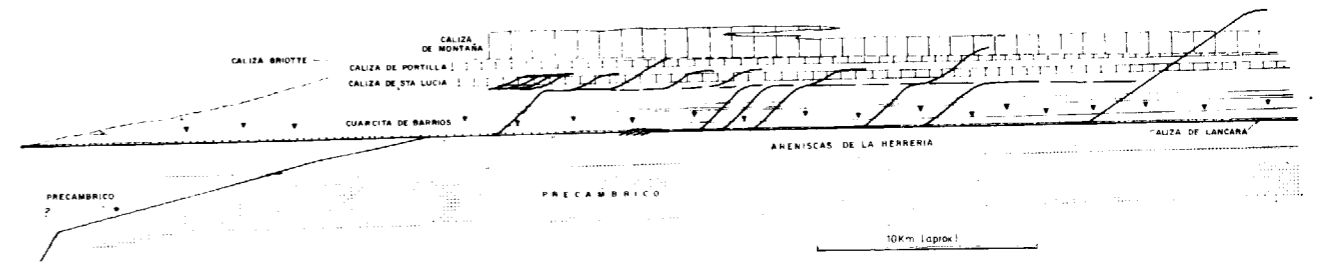


Figura 11.—Corte idealizado mostrando la situación inicial de las superficies de fractura en el Manto de Somiedo.

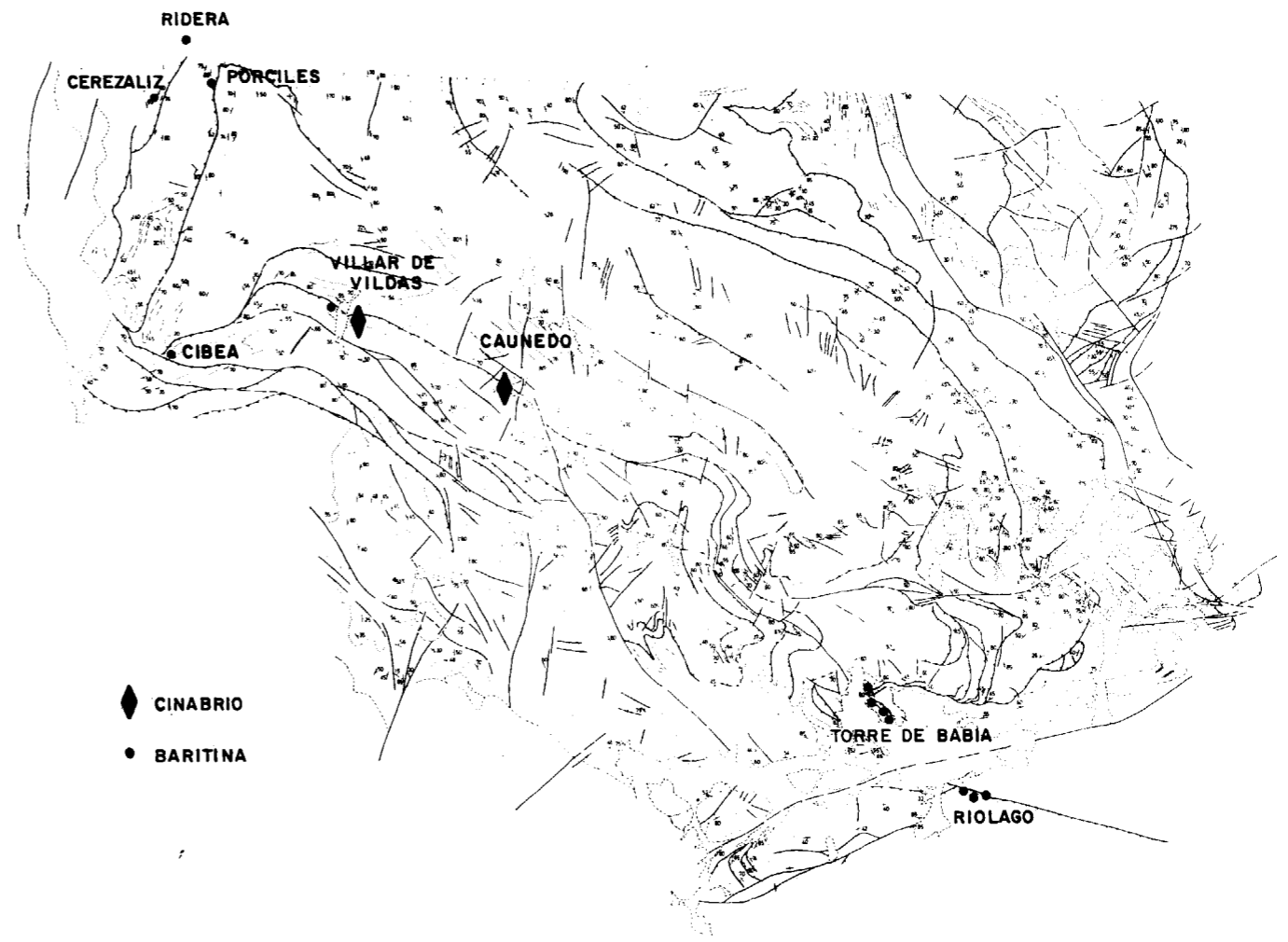


Figura 12.—Situación de los principales yacimientos minerales de baritina y cinabrio.

parte, en los materiales precámbricos se han encontrado mineralizaciones en Ridera, Cerezalíz y Porciles. Además de la baritina existen mineralizaciones de cinabrio y antimonio próximas al trazado de los cabalgamientos. Las de antimonio se restringen al Precámbrico y se sitúan al O del área estudiada. Entre los de cinabrio deben destacarse las mineralizaciones de Caunedo y con menos importancia las situadas al E de Villar de Vildas y en las proximidades de Torrestío (figura 12).

Las mineralizaciones de baritina situadas en el frente del Manto de Somiedo han sido estudiadas por FERNÁNDEZ (1974) y FERNÁNDEZ y SOLANS HUGUET (1975), quienes establecieron sus principales características. Según las descripciones realizadas por estos autores, a la baritina le acompañan otros minerales en mucha menor proporción, tales como esfalerita, galena, calcopirita, malaquita y azurita. En cuanto a la situación de los yacimientos dentro de la Formación Láncara, es de destacar que ocupan distintas posiciones dentro de la misma. Las mineralizaciones están formadas por un proceso de relleno de cavidades, modificado por un proceso de reemplazamiento, presentándose en muchas ocasiones como grietas de tensión (de orden centimétrico a métrico), en otras cavidades con formas irregulares y en otras como un filón de reemplazamiento. Los estudios decrepitométricos realizados para conocer la temperatura de formación de la baritina dan valores entre los 150 y los 230°C (FERNÁNDEZ, op. cit.).

El origen de una gran parte de las mineralizaciones de baritina citadas podría encontrarse en la Formación Láncara que, debido a su medio de depósito, podría contener Mg, Ba, Pb, Zn y Cu; el movimiento de fluidos durante el emplazamiento del manto podría haber producido la concentración y precipitación o reemplazamiento de alguno de estos elementos dando lugar a dolomías, sulfatos, sulfuros, etc. Las evidencias del paso de fluidos a través de la Formación Láncara, pueden deducirse de la existencia de la dolomitización, con desarrollo muy desigual y siempre asociada a la base del manto. Según BLATT, MIDDLETON y MURRAY (1972) para que se produzca dolomitización de calizas son necesarias dos condiciones: a) la concentración de Mg/Ca debe ser suficientemente alta como para que la reacción de dolomitización tenga lugar; b) debe existir un mecanismo capaz de hacer mover un gran volumen

de fluidos de miles o millones de veces la capacidad de los poros de la roca.

En síntesis, la relación entre las mineralizaciones de baritina y el emplazamiento del Manto de Somiedo, está apoyada en los siguientes hechos:

- Las mineralizaciones rellenan cavidades, grietas o fracturas que están íntimamente relacionadas con la superficie de cabalgamiento. Este tipo de estructuras no se encuentra en el resto de la lámina cabalgante.
- Las mineralizaciones acompañan a la superficie principal del Manto de Somiedo y a sus cabalgamientos asociados, de modo que cuando esta superficie corta materiales precámbricos o a la Formación Herrería, también las mineralizaciones se sitúan en estos niveles.
- La temperatura de formación de la baritina corresponde a la que debería existir en la Formación Láncara en el momento de iniciarse el emplazamiento de los cabalgamientos, a juzgar por el espesor de la lámina cabalgante (5.000 m.) y teniendo en cuenta un gradiente geotérmico normal (20-40°/Km.).

INTERPRETACION MECANICA DEL MANTO DE SOMIEDO

La frecuencia con que los mantos de despegue, del tipo del Manto de Somiedo, aparecen en zonas externas de cordilleras, los grandes desplazamientos que representan y las enormes masas de rocas implicadas en su desarrollo, ha motivado la existencia de un gran volumen de trabajos sobre su origen y desarrollo.

En la interpretación mecánica de los mantos se han considerado clásicamente y por separado diversos aspectos parciales del problema que aquí analizaremos en el caso concreto del Manto de Somiedo. En este sentido, se han planteado aspectos tales como el conocimiento de la naturaleza de las fuerzas que pueden conducir al movimiento del bloque cabalgante con relación al cabalgado, la discusión de los factores que favorecen y permiten el desarrollo de los mantos, las características del desplazamiento implicado y la explicación de las estructuras asociadas a los cabalgamientos.

Naturaleza de las fuerzas que han conducido al desarrollo del manto

De acuerdo con HUBBERT y RUBEY (1959), las fuerzas que pueden conducir al movimiento del bloque cabalgante respecto al cabalgado pueden ser de dos tipos: fuerzas de superficie y fuerzas máxicas (*body forces*), concretamente, la gravedad.

De acuerdo con estas fuerzas, pueden considerarse diversos casos, tales como deslizamiento gravitacional sobre un plano inclinado, empuje del manto por su parte posterior, expansión gravitacional o una combinación entre ellos.

La existencia de un deslizamiento gravitacional sobre una superficie inclinada implicaría la aparición en la parte posterior del bloque cabalgante de una zona de denudación tectónica o de una zona elongada con el posible desarrollo de estructuras de distensión, tales como fallas directas o fosas tectónicas. En el caso del Manto de Somiedo, aunque no se puede descartar la posibilidad de existencia de una zona de denudación o elongación situada hacia el O y actualmente desmantelada por la erosión, puede afirmarse que no aparece evidencia alguna que indique su existencia, tal como sucede con el resto de las unidades cabalgantes de la Zona Cantábrica (JULIVERT, 1971; ARBOLEYA, 1978). Por otro lado, las características estructurales del Manto de Somiedo, con su importante compartimentación en numerosas escamas, indicando una fuerte deformación y acortamiento dentro de la lámina cabalgante son también poco acordes con un modelo de deslizamiento gravitacional. En consecuencia, por lo que respecta a la influencia de la gravedad, únicamente cabe destacar el papel jugado por el levantamiento de la cadena al O, es decir, en la Zona Asturoccidental-leonesa. Esto pudo dar lugar a que el peso de los materiales levantados gravitase parcialmente sobre materiales de la Zona Cantábrica, representando un empuje adicional a la compresión orogénica; compresión que constituye sin duda la fuerza más importante causante del desarrollo de estos mantos.

Por lo que se refiere a las fuerzas de superficie, su importancia es evidente y su actuación debió dar lugar, durante las primeras fases de la deformación herciniana, a una tectónica tangencial que se refleja en la Zona Asturoccidental-leonesa por la existencia de pliegues y cabalgamientos claramente vergentes hacia el E, es decir,

hacia las zonas externas de la cordillera. Al llegar el frente de la deformación al límite con la Zona Cantábrica, aquella se manifiesta por la aparición de fallas inversas en el substrato precámbrico conectadas directamente con los mantos de dicha zona (JULIVERT, 1971; PÉREZ ESTAUN, 1971) y particularmente con el Manto de Somiedo. Como consecuencia del desarrollo de estas fallas inversas se producirían cuñas tectónicas que empujarían a la secuencia paleozoica dando lugar al despegue de las Calizas de Láncara sobre las Areniscas de la Herrería y, en definitiva, a los mantos cantábricos más occidentales. Lógicamente, este empuje tectónico debió de intervenir no sólo en la producción de las fallas mencionadas, sino también en el desplazamiento de la masa de roca a lo largo de ellas.

Factores que favorecen y permiten el desarrollo del manto

Como ya hemos dicho anteriormente, los grandes desplazamientos y masas de roca involucrados en el desarrollo de los mantos de despegue dificultan el entendimiento de su mecánica. En efecto, con los valores normales del coeficiente de rozamiento de roca sobre roca parecen muy difíciles deslizamientos sobre distancias de muchos kilómetros. Esta dificultad constituye lo que se ha denominado clásicamente «paradoja mecánica» de los cabalgamientos (READE, 1908; SMOLUCHOWSKI, 1909; HUBBERT y RUBEY, 1959; RALEICH y GRIGGS, 1963; Hsü, 1969; FÖRRISTALL, 1972). En consecuencia, el desarrollo de grandes mantos requiere, no sólo la existencia de unas fuerzas adecuadas, sino también la actuación favorable de diversos factores.

En nuestro caso, la primera cuestión que cabe plantearse ahora es la siguiente: ¿Las dimensiones del Manto de Somiedo son suficientemente grandes como para que se requiera, además de las fuerzas impulsoras, la intervención de otros factores que faciliten su desarrollo?

Para analizar esta cuestión consideremos en primer lugar las dimensiones del Manto de Somiedo. Los datos disponibles en este sentido son los siguientes:

1. El espesor del bloque cabalgante deducido del de la sucesión estratigráfica y del análisis de los cortes geológicos realizados es del orden de los 5 Km.

2. La longitud del bloque cabalgante, de acuerdo con los cortes restaurados y considerando que las escamas asociadas han sido, simultáneas o posteriores al movimiento del manto, es de unos 34 Km.

El primer planteamiento moderno de la «paradoja mecánica» de los cabalgamientos se debe a HUBBERT y RUBEY (1959). Estos autores calcularon la máxima longitud que podría presentar un bloque cabalgante deslizando sin romperse sobre un plano horizontal e impulsado mediante fuerzas que actúan sobre su parte posterior. Para ello supusieron que las condiciones de fractura en el interior del bloque están reguladas por el criterio de Coulomb y que el deslizamiento tiene lugar de acuerdo con la ley de Amonton, despreciando, por tanto, en este último caso la resistencia cohesiva del material. De acuerdo con estas premisas, la longitud máxima (X_1) del bloque cabalgante viene dada por:

$$X_1 = \frac{a}{\rho \cdot g \cdot \text{tg } \varnothing} + \frac{b}{2 \text{tg } \varnothing} \cdot Z_1$$

Donde, Z_1 es el espesor del bloque cabalgante,

$\text{tg } \varnothing$, el coeficiente de rozamiento al deslizamiento,

ρ , la densidad del material,

g , la aceleración de la gravedad y

a y b son las constantes que resultan de poner el criterio de Coulomb en función de los esfuerzos principales.

Dando valores adecuados a todas las constantes, HUBBERT y RUBEY obtuvieron que:

$$X_1 \approx 5,4 + 2,6 \times Z_1$$

Si introducimos en esta expresión los datos anteriormente reseñados para el Manto de Somiedo, tenemos que: para $Z_1=5$ Km, $X_1=18$ Km.

A la luz de estos resultados, puede decirse que el valor de 34 Km. como longitud del bloque cabalgante no puede ser explicado mediante el sencillo mecanismo esbozado anteriormente.

La paradoja es aún más significativa si se tiene en cuenta que el planteamiento de HUBBERT y RUBEY ha sido criticado en detalle por diversos autores, los cuales han destacado la importancia que deben tener, en el deslizamiento del bloque cabalgante, diversas fuerzas resistentes no con-

sideradas por HUBBERT y RUBEY. En este sentido, el hecho de que estos autores hayan despreciado la resistencia cohesiva del material a lo largo del plano de deslizamiento ha sido criticado por Hsü (1969); asimismo, RALEICH y GRIGGS (1963) consideran que la geometría del modelo de HUBBERT y RUBEY no es adecuada, puesto que el bloque cabalgante debe de cortar y ascender sobre el bloque cabalgado, lo cual impone nuevas fuerzas resistentes al movimiento de aquél (efecto del «toe»); finalmente, FORRISTALL (1972) ha criticado el que HUBBERT y RUBEY consideren que las caras del bloque cabalgante son planos principales del esfuerzo, llegando a la conclusión de que las longitudes máximas del bloque deben ser bastante menores que las calculadas por los mencionados autores. Teniendo en cuenta las consideraciones de todos estos autores, puede concluirse que la longitud máxima del bloque cabalgante no podría superar los 10 Km. En consecuencia, la longitud del Manto de Somiedo es, por lo menos, tres veces mayor que la máxima permisible para un bloque horizontal movido por la acción exclusiva de fuerzas aplicadas sobre su parte posterior. Nos encontramos, por tanto, que en el presente caso se cumple una vez más la «paradoja mecánica» de los cabalgamientos.

Desde un punto de vista teórico, se han propuesto para resolver esta paradoja varias teorías que invocan la actuación de diversos factores para facilitar el deslizamiento. De ellas, dos son las que han obtenido una aceptación más amplia.

Una de estas teorías es la de HUBBERT y RUBEY (1959) sin duda alguna la más ampliamente aceptada, que propugna el efecto favorable de la presión de fluido en los poros de la roca y que ha sido modificada en detalle por RALEIGH y GRIGGS (1963), Hsü (1969) y FORRISTALL (1972), en el mismo sentido ya esbozado anteriormente para bloques cabalgantes sin presión de fluido en los poros.

La segunda de estas teorías fue ya sugerida por SMOLUCHWSKI (1909) y GOGUEL (1948), quienes afirmaron que el desarrollo de grandes mantos podría ser un fenómeno de plasticidad, y fue posteriormente desarrollada por KEHLE (1970). Para este último autor, los mantos se producen por deformación viscosa distribuida a lo largo de zonas de baja viscosidad. Una idea análoga, pero con el desarrollo de una zona de deformación

cataclástica, ha sido expuesta por BROCK y ENGELDER (1977).

En un trabajo anterior (BASTIDA, MARCOS, PÉREZ ESTAUN y PULGAR, 1979), se han presentado las evidencias de campo que permiten contrastar las teorías anteriormente expuestas en el caso de los mantos de la Zona Cantábrica, llegando a la conclusión de que la existencia de una presión del fluido anormalmente alta en los poros de la roca, debió de permitir el desarrollo de estas estructuras. En el Manto de Somiedo, las evidencias más directas de una presencia abundante de fluidos capaz de dar lugar a una presión de poro elevada que favoreciese su desplazamiento, son las siguientes:

- Existencia, como ya se ha descrito, de mineralizaciones de sulfuros claramente asociadas a los cabalgamientos.
- Desarrollo irregular de una dolomitización en la Formación Láncara, que se encuentra a veces asociada a zonas de trituración.

La presencia de fluidos está también de acuerdo con la naturaleza litológica de las formaciones que se sitúan por encima y por debajo de la superficie de cabalgamiento, siendo las de encima generalmente impermeables y las de abajo muy porosas y permeables.

Si se admite la presión de poro como único factor capaz de favorecer el desarrollo de los cabalgamientos y utilizando los resultados teóricos deducidos por FORRISTALL (1972), se obtiene para el caso del Manto de Somiedo, una presión de poro (medida por el parámetro λ de HUBBERT y RUBEY) comprendida entre 0,75 y 0,85, dependiendo del valor de la resistencia cohesiva del material que se considere.

La posibilidad de que los mecanismos de *decollement* viscoso o de deformación cataclástica propuestos por KEHLE (1970) y BROCK y ENGELDER (1977) respectivamente, hayan podido jugar como un factor fundamental a la hora de favorecer el movimiento del manto, puede ser desechado, ya que en términos generales no existen zonas de deformación frágil o dúctil suficientemente anchas y generalizadas a lo largo de la superficie de cabalgamiento. No obstante, aparecen asociadas al cabalgamiento zonas muy trituradas, con cataclasitas y *crush breccias*, aunque con un desarrollo muy escaso, afectando a los 5-10 m. más

próximos a la superficie de cabalgamiento, por lo que estos mecanismos han podido jugar un cierto papel en algunas zonas. Localmente la anchura de estas zonas con cataclasitas llega a ser anormalmente grande (por ejemplo, zona de Robledo-Cospedal).

De acuerdo con lo expuesto, el desarrollo del Manto de Somiedo se ha producido gracias a la existencia de una elevada presión de fluidos. En etapas posteriores, las condiciones de la deformación han podido variar en algunas zonas, lo que daría lugar a la aparición de escamas y de zonas de fracturación y trituración.

SINTESIS Y CONCLUSIONES

El Manto de Somiedo es una de las principales unidades cabalgantes de la Zona Cantábrica y en su seno se ha desarrollado una serie de grandes estructuras, cuya secuencia, de antiguo a moderno, es, en términos generales, la siguiente:

1. Cabalgamientos y escamas.
2. Fallas inversas de bajo ángulo.
3. Pliegues.

Entre estas estructuras existe, no obstante, una fuerte interrelación genética, de forma que su desarrollo conlleva un cierto solapamiento temporal.

La geometría del manto es compleja, presentando una importante estructuración en su interior. Su cabalgamiento basal da lugar al ascenso de una cuña de materiales precámbricos, la cual conduce al desarrollo de un despegue en la base de la Formación Láncara (Cámbrico Inferior-Medio), lo que explica el paralelismo entre la estratificación del conjunto cabalgante y la superficie de cabalgamiento. Esta presenta, por otro lado, unas zonas planas, en las cuales es paralela a la estratificación del bloque cabalgado, y unas rampas, en las que dicha superficie «asciende» oblicuamente a través de los materiales autóctonos.

En la geometría interna de la lámina cabalgante, se pueden distinguir una serie de cabalgamientos menores y escamas, de dimensiones y geometría variables, y que generalmente se bifurcan del cabalgamiento basal. Una excepción a este respecto lo constituye una serie de pequeños cabalgamientos que afectan principalmente a for-

maciones carbonatadas competentes (Formaciones Santa Lucía y Portilla) y que, por su geometría, han sido descritas como cuñas tectónicas.

El brusco cambio de dirección del trazado cartográfico del manto en su parte meridional y la peculiar terminación S del Sinclinal de los Lagos de Saliencia nos llevan a admitir la existencia de una rampa lateral en este sector, fractura en rampa que condiciona la aparición de una zona plana cerrada por el S, lo cual reproduce la citada terminación periclinal.

Las fallas inversas de bajo ángulo se sitúan exclusivamente en la parte occidental del manto, lo cual parece indicar que su desarrollo ha sido inducido por el ascenso de los materiales precámbricos en la parte posterior del mismo.

La geometría del manto ha controlado el desarrollo de los pliegues. En este sentido, el propio emplazamiento del manto y de los cabalgamientos, escamas y cuñas asociados dio ya lugar a la aparición de pliegues, relacionados, bien sea al frente de estos cabalgamientos o bien al desarrollo de zonas planas y rampas. La deformación posterior al avance del manto ha conducido principalmente al apretamiento de estos pliegues previamente creados.

El emplazamiento de las estructuras cabalgantes descritas se ha producido mediante un mecanismo elástico-friccional según la terminología de SIBSON (1977). El bloque cabalgante es empujado por detrás mediante fuerzas de superficie relacionadas con la tectónica tangencial que tiene lugar durante las primeras etapas de la deformación hercyniana. La fracturación y deslizamiento del Manto de Somiedo ha estado favorecida por la existencia de altas presiones de fluido.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del Convenio entre el Instituto Geológico y Minero de España y el Instituto de Geología Aplicada de la Universidad de Oviedo. Agradecemos al IGME las facilidades prestadas durante la elaboración y posterior publicación de este estudio.

BIBLIOGRAFIA

- ARBOLEYA, M. L.: *Estudio estructural del Manto del Esla (Cordillera Cantábrica, León)*. Tesis doctoral, Univ. Autónoma de Barcelona, 227 pp. (1978).
- BALLY, A. W.; GORDY, P. L., y STEWART, G. A.: *Structure, seismic data and orogenic evolution of Southern Canadian Rocky Mountain*. «Bull. Can. Petrol. Geol.», 14, 337-381 (1966).
- BASTIDA, F.; MARCOS, A.; PÉREZ-ESTAUN, A., y PULGAR, J. A.: *Aproximación a la mecánica de los cabalgamientos en el contexto general de la deformación del NW de la Península Ibérica*. «Acta Geol. Hisp.». Homenaje a Lluís Solé i Sabaris, 14, 135-142 (1979).
- BLATT, M.; MIDDLETON, G., y MURRAY, R.: *Origin of sedimentary rocks*. Prentice Hall, Inc. New Jersey, 634 pp. (1972).
- BOWMAN, M. B. J.: *The stratigraphy of the San Emiliano formation and its relationship to other Namurian/Westphalian A sequences in the Cantabrian Mts., NW Spain*. «Trab. Geol.», Univ. Oviedo, 12, 23-35 (1982).
- BOYER, S. E., y ELLIOT, D.: *Thrust systems*. «AAPG Bull.», 66, 1196-1230 (1982).
- BROCK, W. G., y ENGELDER, T.: *Deformation associated with the movement of the Muddy Mountain overthrust in the Buffington window, southeastern Nevada*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 88, 1667-1677 (1977).
- DAHLSTROM, C. D. A.: *Balanced cross sections*. «Can. Jour. Earth Sci.», 6, 747-757 (1969).
- DAHLSTROM, C. D. A.: *Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains*. «Bull. Can. Petrol. Geol.», 18, 332-406 (1970).
- DE SITTER, L. U.: *The Rio Esla nappe in the zone of León of the Asturian Cantabric Mountain Chain*. «Not. Com. Inst. Geol. Min. España», 56, 3-24 (1959).
- DE SITTER, L. U.: *The structure of the southern slope of the Cantabrian Mountains*. «Leidse Geol. Meded.», 26, 255-264 (1962).
- ELLIOT, D., y JOHNSON, M. R. W.: *Structural evolution in the northern part of the Moine thrust belt, NW Scotland*. «Trans. Royal Soc. of Edinburgh: Earth Sci.», 71, 69-93 (1980).
- FALLOT, P.: *Observations sur la tectonique subbétique dans le province de Murcie*. «Bull. Soc. Geol. Fr.», 14, 11-29 (1944).
- FERNÁNDEZ, C. J.: *Las mineralizaciones de baritina de la Babia Baja (León)*. Tesis de Licenciatura, Univ. Oviedo.
- FERNÁNDEZ, C. J., y SOLANS HUGUET, J.: *Estudio de las mineralizaciones de baritina de la Babia Baja (León)*. «Brev. Geol. Astúrica», XIX (4), 54-59 (1975).
- FORRISTALL, G. Z.: *Stress distributions and overthrust faulting: A critical review*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 83, 3073-3081 (1972).

- GARCÍA FUENTE, S.: *Mapa Geológico de España, Hoja número 7, La Plaza (Teverga), Asturias*. «Inst. Geol. Min. España», 305 H, 68 pp. (1959).
- GOGUEL, J.: *Introduction a l'étude mécanique des déformations de l'écorce terrestre. Mémoires pour servir a l'explication de la carte géologique détaillée de la France*, 2nd. ed., Imprimerie Nationale, Paris, 406-408 (1948).
- GÓMEZ DE LLARENA, J.: *Nuevos yacimientos Cámbricos en la Babia Baja (León) y Taverga (Asturias)*. «Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat.», 44, 101-111 (1946).
- GÓMEZ DE LLARENA, J., y RODRÍGUEZ ARANGO, C.: *Datos para el estudio geológico de la Babia Baja (León)*. «Bol. Inst. Geol. Min. España», 61, 79-206 (1948).
- GWINN, V. E.: *Thin-skinned tectonics in the Plateau and Northwestern Valley and Ridge provinces of the Central Appalachians*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 75, 863-900 (1964).
- HARRIS, L. D.: *Thinned tectonics and potential hydrocarbon traps illustrated by a seismic profile in the Valley and Ridge province of Tennessee*. «Jour. Research U.S. Geol. Survey», 4, 379-386 (1976).
- HARRIS, L. D., y MILICI, R. D.: *Characteristics of thin-skinned style of deformation in the southern Appalachians, and potential hydrocarbon traps*. «U.S. Geol. Survey Prof. Paper», 1018, 40 pp. (1977).
- HATCHER, R. D.: *Thrusts and nappes in the North American Appalachian Orogen*. In: *Thrust and Nappe Tectonics*, K. McClay & N. J. Price, Eds., «Especial Publ. Geol. Soc. Lond.», 9, 491-499 (1981).
- HOSSACK, J. R.: *The use of balanced cross-sections in the calculation of orogenic contraction: A review*. «Jour. Geol. Soc.», 136, 705-711 (1979).
- HSÜ, K. J.: *Role of cohesive strength in the mechanics of overthrust faulting and of landsliding*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 80, 927-952 (1969).
- HUBBERT, M. K., y RUBEN, W. W.: *Role of fluid pressure in mechanics of overthrust faulting: I. Mechanics of fluid-filled porous solids and its application to overthrust faulting*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 70, 115-166 (1959).
- JULIVERT, M.: *Decollement tectonics in the Hercynian Cordillera of Northwest Spain*. «Am. Jour. Sci.», 270, 1-29 (1971).
- JULIVERT, M.: *Hercynian orogeny and Carboniferous paleogeography in northwestern Spain: a model of deformation-sedimentation relationships*. «Z. dt. geol. Ges.», 129 (2), 565-592 (1978).
- JULIVERT, M., y MARCOS, A.: *Superimposed folding under flexural conditions in the Cantabrian zone (Hercynian Cordillera, Northwest Spain)*. «Am. Jour. Sci.», 273, 353-375 (1973).
- JULIVERT, M., y PELLO, J.: *Las dos etapas principales de deformación hercyniana en la Cordillera Cantábrica y el trazado de sus estructuras*. «Acta Geol. Hispánica», 4, 77-81 (1967).
- JULIVERT, M.; PELLO, J., y FERNÁNDEZ-GARCÍA, L.: *La estructura del Manto de Somiedo (Cordillera Cantábrica)*. «Trab. Geol.», Univ. Oviedo, 2, 1-44 (1968).
- KEHLE, R. D.: *Analysys of gravity sliding and orogenic translation*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 81, 1641-1663 (1970).
- MARCOS, A.: *La tectónica de la Unidad de La Sobia-Bodón*. «Trab. Geol.», Univ. Oviedo, 2, 59-87 (1968).
- MARCOS, A., y PULGAR, J. A.: *An approach to the tectonostratigraphic evolution of the Cantabrian Foreland thrust and fold belt, Hercynian Cordillera of NW Spain*. «N. Jb. Geol. Palaont. Abh.», 163 (2), 256-260 (1982).
- PÉREZ-ESTAUN, A.: *La ventana tectónica de Villabandín (Antiforma del Narcea, León)*. «Brev. Geol. Astúrica», XV (1), 7-13 (1971).
- PRICE, R. A.: *The Cordilleran foreland thrust and fold belt in the southern Canadian Rocky Mountains*. In: *Thrust and Nappe Tectonics*, K. McClay & N. J. Price, Eds., «Special Publication Geol. Soc. Lond.», 9, 427-448 (1981).
- PRICE, R. A., y MOUNTJUY, E. W.: *Geologic structure of the Canadian Rocky Mountains between Bow and Athabasca rivers. A progress report*. «Geol. Assoc. Canada», Special Paper, 6, 7-25 (1970).
- RELAIGH, C. B., y GRIGGS, D. T.: *Effect of the toe in the mechanics of overthrust faulting*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 74, 819-830 (1963).
- READE, T. H.: *The mechanics of overthrust*. «Geol. Mag.», 5, 518 pp. (1908).
- RODGERS, J.: *Evolution of thought on structure of Middle and Southern Appalachians*. «Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.», 33, 1643-1654 (1949).
- RODGERS, J.: *The tectonics of the Appalachians: New York*. John Wiley and Sons, 271 pp. (1970).
- RODGERS, J.: *Evolution of thought on structure of Middle and Southern Appalachians: second paper*. In: *Appalachian structures origin, evolution, and possible potential for new exploration frontiers, a seminar*. P. Lessing, R. J. Mayhurst, J. A. Barlow & L. D. Woodgork, 1-15 (1972).
- SIBSON, R. H.: *Fault rocks and fault mechanisms*. «J. Geol. Soc. Lond.», 133, 191-213 (1977).
- SMOLYCHOWSKI, M. S.: *Some remarks on the mechanics of overthrust*. «Geol. Mag.», 6, 204-205 (1909).
- TRUYOLS, J., y otros: *Mapa geológico de España E. 1:50.000, Hoja núm. 77 (La Plaza)*. «Inst. Geol. Min. España» (1982).
- VAN DEN BOSCH, W. J.: *Geology of the Luna-Sil region. Cantabrian Mountains (NW Spain)*. «Leidse Geol. Meded.», 44, 137-225 (1969).
- WILSON, C. W., y STERNS, R.: *Structure of the Cumberland plateau. Tennessee*. «Geol. Soc. Am. Bull.», 69, 1283-1296 (1958).

Sobre algunos braquiópodos liásicos

Por SEBASTIAN CALZADA (*)

RESUMEN

En la determinación de los braquiópodos expuestos en las vitrinas del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) han surgido algunos datos que merecen su publicación. Son los siguientes:

- 1.º La creación de *Tetrarhynchia paucicostata* como n. sp. Antes se consideraba como *Rhynchonella fodinalis* var. *paucicostata*.
- 2.º Con la llamada *Rhynchonella* aff. *plicatissima* se crea la n. sp. *Pseudogibbirhynchia quinteroi*.
- 3.º *Rhynchonella dumbletonensis* sensu Dubar y su var. *attenuata* se inciben en *Quadratirhynchia attenuata* (Dubar).
- 4.º Se precisa la morfología de *Homoeorhynchia meridionalis* y de tres subespecies, e.d. *meridionalis*, *batalleri* y otra n. ssp.
- 5.º Se propone como especie tipo del género *Telothyris* a la especie *jauberti*, incluyendo en su sinonimia la llamada *Telothyris pyrenaica*.
- 6.º Por último, la *Terebratula jauberti?* var. *depressa* Dubar se considera *Stroudithyris depressa* (Dubar).

ABSTRACT

In the determination of Liassic Brachiopoda housed at the «Instituto Geológico y Minero de España» (IGME) some new data have arisen. They are thought to be useful for the knowledge of this stock. They are as follows:

1. The var. *paucicostata* of *Rhynchonella fodinalis* is raised to species status: *Tetrarhynchia paucicostata*.
2. *Pseudogibbirhynchia quinteroi* n. sp. is created. This form was before named as *Rhynchonella* aff. *plicatissima*.
3. *Rhynchonella dumbletonensis* sensu Dubar and its var. *attenuata* are included here in *Quadratirhynchia attenuata* (Dubar).
4. A discussion about *Homoeorhynchia meridionalis* and their three subspecies (i.e. *meridionalis*, *batalleri* and a n. ssp.) is given.
5. Instead of *Telothyris pyrenaica*, the species *jauberti* is proposed as type species of the genus *Telothyris*.
6. At last *Terebratula jauberti?* *depressa* Dubar is considered as *Stroudithyris depressa* (Dubar). As a consequence the close relation between *Telothyris* and *Stroudithyris* is again suggested.

Al revisar las determinaciones de los braquiópodos liásicos expuestos en las vitrinas del Museo del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) he hallado ciertos datos nuevos que merecen su publicación. Estos datos se refieren sobre todo a especies nuevas. También aprovecho esta nota para matizar o rectificar afirmaciones, tanto ajenas como propias, sobre algunos braquiópodos liásicos.

Esta revisión me ha obligado a repasar las colecciones del Museo Geológico del Seminario de Barcelona (MGSB), aportando aquí datos de ese centenario Museo donde se guardan las colecciones de diversos investigadores (BATALLER, LLOMPART, ROSELL, VIA, VIADER, etc.).

Dado el carácter complementario y sintético de esta nota me remito en la parte gráfica a otros trabajos, completando aquí la información sobre los caracteres internos por medio de algunas secciones seriadas.

(*) Museo Geológico del Seminario de Barcelona. Calle Diputación, 231, Barcelona 08007.

Familia: Rhynchonellidae GRAY 1848
 Subfamilia: Tetrarhynchiinae AGER 1965
 Género: *Tetrarhynchia* BUCKMAN 1918 emnd. AGER 1956
 Diagnósis: Cfr. AGER, 1956, p. 1 o AGER, 1965, p. H 614
 Especie: *Tetrarhynchia paucicostata* (CASTELL & CONCHA 1956)

1956 *Rhynchonella fodinalis* TATE var. *paucicostata* CASTELL & CONCHA, p. 24, lám. 2, figs. 3 y 3a-c.

— Holotipo. El ejemplar figurado por CASTELL & CONCHA, que corresponde al núm. 2.519 H del IGME. En la leyenda se dice que está ligeramente aumentado. En realidad está algo reducido.

— Localidad tipo. El Mirón, municipio de Maranchón, Prov. de Guadalajara. Hoja 462, Maranchón.

— Estrato tipo. «Charmoutiense». Es posible sea Toarciense Medio y Superior.

— Razón del nombre. Por su costulación, en menor número que la típica *fodinalis* TATE 1878 (= *T. subconcinna* DAVIDSON 1852).

— Diagnósis. *Tetrarhynchia* con área posterior lisa y con unas 24 costillas de sección redondeada.

Material

Siete conchas de la localidad tipo. Num. 2.519 del IGME.

Cuatro conchas de la localidad tipo. Núm. 39.219 del MGSB.

Diez conchas de Albarracín. Núm. 13.654 del MGSB.

Dimensiones medias (en mm.)

Se han efectuado las medidas según lo indicado por AGER (1956).

- Número de observaciones = 13.
- Longitud (=L) = 17,7 (14,8-20,1)
- Anchura (=1) = 21,1 (17,3-23,8)
- Espesor (=E) = 10,7 (9-12)
- Relación 1/L = 1,19 (1,08-1,30)
- Relación E/L = 0,63 (0,54-0,74)
- Núm. de costillas = 23,7 (19-28)

Descripción

Conchas de tamaño mediano a pequeño y más anchas que largas. Contorno subpentagonal con la

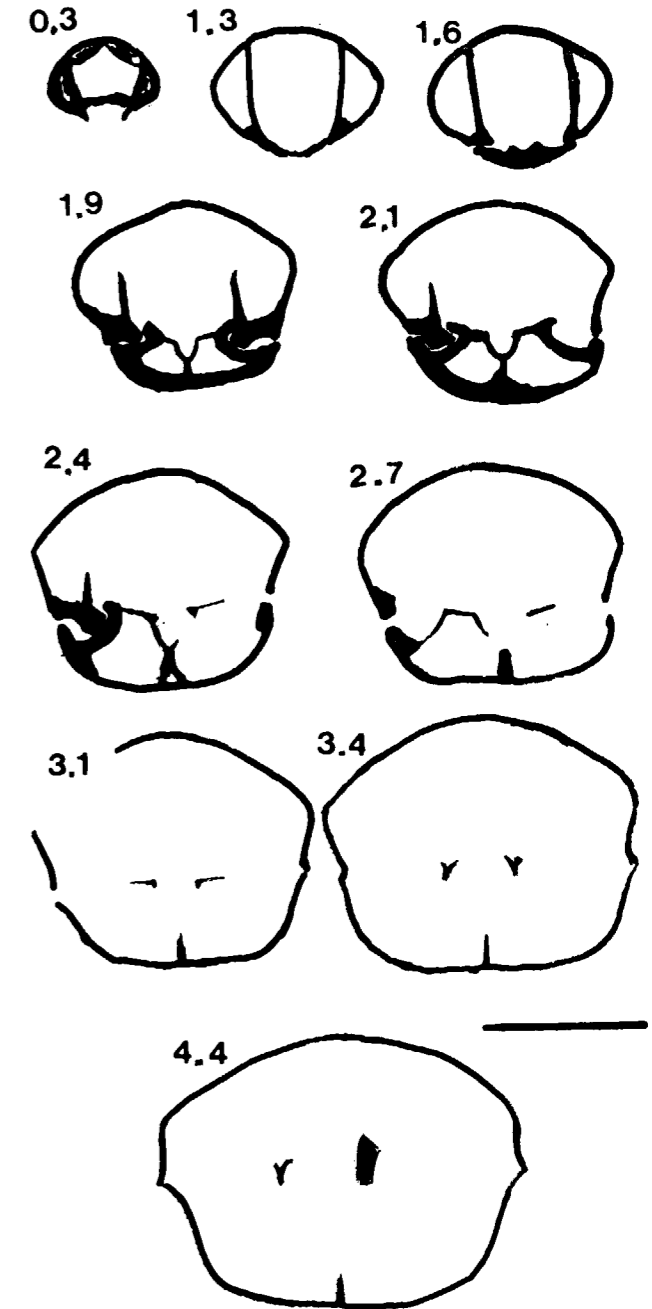


Figura 1.—Secciones seriadas de *Tetrarhynchia paucicostata* (CASTELL y CONCHA). Toarciense de Maranchón (Guadalajara). El trazo equivale a 5 mm. Distancia desde el umbo en mm.

máxima anchura desplazada anteriormente. Perfil biconvexo y subcinocéfaló. Comisura posterior algo ondulada formando en el ápice un ángulo de unos 130°. Comisura lateral casi recta. Anterior ancha y profundamente uniplegada. La uniplicación es regularmente sinusoidal y así su fondo es ovalado. No sobresale del contorno general.

Ornamentación

Unas 24 costillas cubren la mayor parte de la concha, existiendo una pequeña área posterior lisa. La sección de las costillas, examinada en el centro de la comisura frontal, tiende al tipo *dumbletonensis-tetrahedra*.

Valva mayor con el máximo espesor hacia la parte umbonal, convexa posteriormente y aplanada anteriormente. Aspecto general alado con los bordes laterales y anteriores algo realzados. Ángulo apical obtuso, entre 95 y 110°. Bordes del umbo cóncavos. Umbo poco prominente. Subrecto. Foramen relativamente grande (0,1 de la valva menor), ovalado, hipotiridio. Placas deltoidales pequeñas.

Caracteres internos

Hay un ligero collar peduncular en posición muy dorsal. Las láminas lentales en su extremo posterior divergen del umbo, pero muy pronto se hacen paralelas. Los dientes, de implantación oblicua, son poco robustos. Las fosas dentales son más anchas que altas y de sección cuadrangular. Su borde interno se confunde con las placas cardinales. Hay un denticulo con su foseta. El septo medio, en su parte posterior se divide en dos láminas septales arqueadas y persistentes, que enlazan con las bases crurales. Su sección recuerda la de una copa, siendo parecida a la del género *Holcorhynchia*. Las placas de la charnela, enlazadas con el septalium, están desviadas dorsalmente y engrosadas en su parte terminal o proximal. En su desarrollo anterior se convierten en láminas horizontales (siempre estudiadas según su sección), que luego se alabean convirtiéndose en virguliformes, casi perpendiculares al plano de la concha. El septo medio es persistente, trascendiendo al plano de articulación.

Observaciones

CASTELL, CONCHA & REVILLA (1955) señalaron una nueva variedad de la «*Rh.*» *fodinalis* sin dar

descripción ni figura. Quizá creyeron que el nombre de la variedad («paucicostata»= con pocas costillas) era ya ilustrativo de por sí. En 1956 CASTELL & CONCHA publicaron unas figuras bastante buenas de la nueva variedad. Considerando que el carácter distintivo de la especie *fodinalis* (= *subconcinna*) estriba sobre todo en el elevado número de sus finas costillas, número que puede alcanzar las 60 costillas, creo que la variedad propuesta por CASTELL & CONCHA y definida por su poca costulación puede elevarse al rango de especie. Así se ha hecho, completando la inopia original.

Justificación de la asignación genética

Se ha inscrito en el género *Tetrarhynchia*, valorando principalmente las expansiones laterales, la presencia del denticulo, la forma de su costulación y del profundo septalio con sus placas septales. Sin embargo, hay particularidades que distorsionan algo los caracteres del género. Las principales son que el septo medio no desaparece tras el plano de la articulación y la peculiar forma de las placas septales, unidas al septo (como en *Holcorhynchia*) y no colgando de las bases crurales como se ve en las secciones de la especie tipo. La presencia del collar peduncular se afirma expresamente por AGER (1967, p. 156), rectificando su anterior descripción (1956, p. 2). Creo que las particularidades reseñadas afectan a aspectos singulares, fruto del pequeño número de observaciones en los caracteres internos, que no invalidan la atribución genérica.

No se ha atribuido a *Grandirhynchia* por tratarse de un género boreal de reducida distribución y caracterizado por su gran tamaño, sus grandes áreas lisas y su poca costulación.

Comparación con otras especies

Ya se ha indicado la distinción con *T. subconcinna* (DAVIDSON, 1852).

El área lisa posterior, su poca biconvexidad y su particular seno distinguen la forma española de *T. dumbletonensis* (DAVIDSON, 1878).

No son juveniles de *T. tetrahedra* (SOWERBY, 1812) por la sección redondeada de sus costillas y sus distintos caracteres internos.

Género: *Quadratirhynchia* BUCKMAN 1918 emend. AGER 1956

Diagnosis: Cfr. AGER, 1956, p. 12

Especie: *Quadratirhynchia attenuata* (DUBAR 1931)

1931 *Rhynchonella dumbletonensis* sensu DUBAR (non DAVIDSON), p. 116, lám. I, figs. 1a-c.

1931 *Rhynchonella dumbletonensis* var. *attenuata* DUBAR, p. 117, lám. I, figs. 2 y 3a-c.

1966 *Quadratirhynchia dumbletonensis* (DAVIDSON): BEHMEL & GEYER, lám. 5, fig. 7.

1969 *Homeorhynchia?* sp.: DELANCE, p. 24, lám. B, fig. 14.

1970 *Quadratirhynchia* sp.: DUBAR, ELMÍ & MOUTERDE, p. 162.

1971 *Quadratirhynchia* sp.: MOUTERDE, p. 348.

1975 «*Rh.*» *dumbletonensis* DAVIDSON in DUBAR 1931: COMAS-RENGIFO & GOY, p. 322, lám. 5, figs. 4-5.

1975 «*Rh.*» *dumbletonensis* DAVIDSON in DUBAR 1931: GOY & ROBLES, p. 2, lám. 2, fig. 1.

1982 «*Rh.*» *attenuata* DUBAR: ALMERAS & ELMÍ, p. 172, lám. I, figs. 5-6.

— Holotipo. Entre los ejemplares estudiados y figurados por DUBAR (1931) (serie tipo), sólo se ha conservado el espécimen de la figura 2 de la lámina I. El resto se perdió en la devastación de 1936. Este ejemplar es, pues, el holotipo y se guarda en el Museo Geológico del Seminario de Barcelona con el núm. 8.102. Allí lo depositó originalmente BATALLER en 1931 o antes, aunque el número es posterior a 1939.

— Localidad tipo. Albarracín, Prov. de Teruel, Hoja 566, Cella.

— Estrato tipo. Domeriense (véase infra su discusión).

— Razón del nombre. Por sus caracteres morfológicos más atenuados (menor tamaño y menor profundidad del seno) respecto de la especie que se consideraba como tipo.

— Diagnosis. *Quadratirhynchia* de tamaño mediano o grande, de contorno subtriangular ovalado, con la valva mayor planoconvexa, con el umbo curvado y con las láminas dentales paralelas.

Material

Unos 200 ejemplares de la localidad tipo, de los que se han seleccionado 56 para estudios métri-

cos. Medio centenar de otras localidades, que se concretan al precisar la distribución geográfica.

Dimensiones medias (en mm.)

Núm. de observaciones: 56.

Longitud (=L)=21,1 (18,3-24)

Anchura (=1)=26,5 (22,8-28,4)

Espesor (=E)=20,7 (17-22,8)

Relación 1/L=1,27 (1,18-1,43)

Relación E/L=0,96 (0,85-1,11)

Ángulo apical=106 (90-110)

Núm. de costillas=22,4 (19-28)

Número de costillas en el seno=5,6 (4-8).

Descripción

Conchas de tamaño medio a grande, más anchas

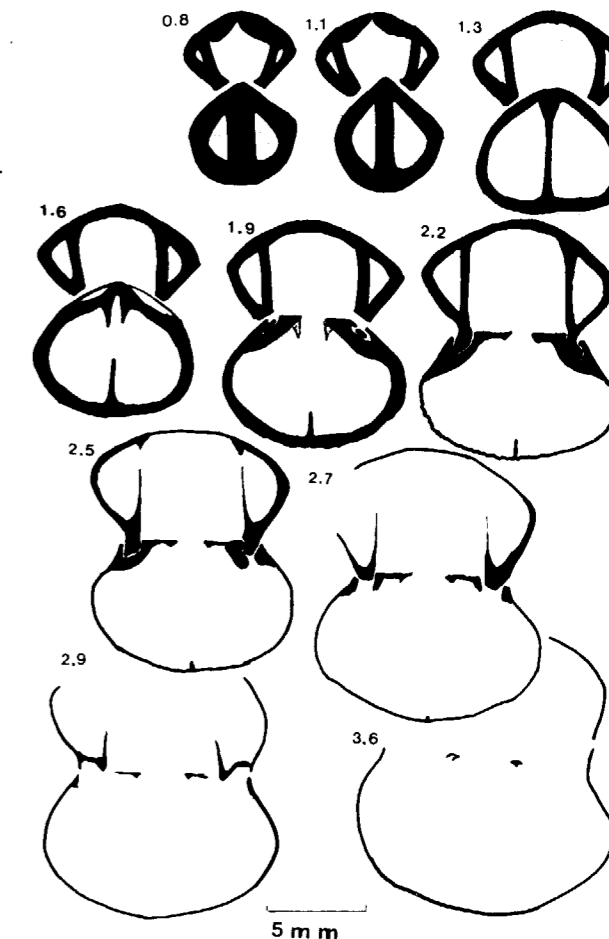


Figura 2.—Secciones seriadas de *Quadratirhynchia attenuata* (DUBAR). Domeriense de Albarracín (Teruel). Distancia desde el umbo en mm.

que largas y de contorno triangular posteriormente y ovalado anteriormente, con la máxima anchura situada en posición anterior. Perfil subcinocéfalo. Aspecto general trilobulado destacando el bocel central de los lóbulos laterales. Comisura posterior ondulada. Lateral recta, que en su porción anterior se desvía ventralmente dibujando un zigzag. Comisura frontal con uniplicación subcuadrangular, pinzada en su parte ventral. La profundidad de la uniplicación equivale a casi 0,8 del espesor y su anchura es 0,6 de la anchura total.

Costulada totalmente, aunque en algunos ejemplares desgastados aparezca una área lisa umbonal. Hay unas 22 costillas, de las que 6 están en el seno. Una o dos se difuminan en los bordes de este seno. La sección de las costillas es de tipo tetrahedra-quadrata.

Valva mayor convexa posteriormente y plana anteriormente. La uniplicación provoca una depresión en su parte central, que se corresponde con el bocel de la valva menor. Umbo poco destacado. Erecto. Angulo apical ligeramente obtuso con los lados cóncavos. Foramen pequeño hipotiridio a submesotiridio, algo abocinado. Placas deltoidales pequeñas, triangulares y disjuntas. Crestas del umbo agudas delimitando áreas estrechas y cóncavas.

Valva menor regularmente convexa con el umbo muy hinchado.

Caracteres internos

Hay un breve collar peduncular enmascarado por las concreciones, que tapizan el umbo ventral. Láminas dentales al principio desviadas ventralmente, luego se hacen paralelas y son muy persistentes, más que el septo medio. Septalio profundo, pero corto. Las placas septales pueden inducir a error por su parecido con la sección de los crura falcifer. Dientes pedunculados y de implantación vertical. Su sección es subcuadrangular. Las fosas dentales son relativamente profundas, casi tan anchas como altas. El denticulo está esbozado. Las placas cardinales muestran sección horizontal y afilada, aunque luego se engrosan con las bases crurales en su extremo, adoptando secciones en arpón. Crura radulifer y de sección triangular.

Observaciones

Justificación de la localidad y estrato tipos. Las localidades citadas por DUBAR (1931) para la forma «dumbletonensis» son: Torre de las Arcas, Albarracín, Monasterio de Piedra y de la colección Verneuil, Villar del Cobo (escrito Villar del Cova) junto a Albarracín. De la var. *attenuata* son: Torre las Arcas, Albarracín y Povet de Perot (Alfara). Los ejemplares figurados provienen dos de Albarracín y uno de Torre las Arcas. El holotipo designado proviene expresamente de Albarracín. Por esto se abandona como localidad tipo Torre las Arcas y se establece como tal a Albarracín, aun cuando la primera tenga prioridad en la línea. Torre las Arcas es vecino a Albarracín.

DUBAR (1931) escribió: «Etage: Sommet du Lias moyen?». Personalmente he hallado esta forma en el Domeriense. DUBAR et al. (1970) la sitúan en el Toarciense Inferior. Para MOUTERDE (1971), COMAS-RENGIFO y GOY (1975) y GOY & ROBLES (1975) se distribuye entre el Domeriense y Toarciense Inferior. ROUSSELLE (1975) la cita en el Domeriense. ALMERAS & ELMÍ (1982) la señalan en margaritatus. Por ello y sin negar su presencia en el Toarciense Inferior, parece mejor considerar como estrato tipo el Domeriense.

Justificación de la inclusión genérica

La coincidencia morfológica del conjunto estudiado con *Quadratirhynchia* aseguran la asignación genérica. Otros investigadores llegaron a la misma conclusión al escribir: «*Quadratirhynchia* sp. (= *Rh. dumbletonensis* sensu DUBAR)». (Véase la sinonimia.) Ultimamente, CLUTSON (com. personal, 1979) creó con estas formas la subespecie *Quadratirhynchia quadrata trigonalis* n. ssp. Ello confirma por una parte la asignación genérica y por otra sugiere que la subespecie de CLUTSON sea un sinónimo de *attenuata*, en cuya diagnosis aparece el contorno triangular.

Justificación de la especie. Formas semejantes

DUBAR (1931) incluyó las formas estudiadas en la especie *dumbletonensis*. Tras la revisión de AGER (1956), tal asignación no es correcta ya que *dumbletonensis* con una figura «somewhat misleading» pertenece a *Tetrarhynchia*, que se distingue con relativa facilidad de *Quadratirhynchia*. Por esto, en principio las formas revisadas que-

daban sin asignación específica, pero se ha tomado como tal el nombre de la variedad *attenuata* creada por DUBAR, aunque tal nombre se aplicase a un conjunto de formas extremas. La insensible serie de formas de transición favorece esta actuación. De hecho el actual holotipo se definió como «*Rh. dumbletonensis* forme de passage a la var. *attenuata*».

Por su pertenencia a *Quadratirhynchia*, entre cuyos caracteres destacamos la ausencia de superficies lisas umbonales y sus expansiones laterales, la especie *Q. attenuata* se distingue de otras formas englobadas en otros géneros.

El contorno más triangular de *Q. attenuata*, su valva mayor planoconvexa, su máxima anchura en posición anterior, la tendencia a un mayor número de costillas, a una relación anchura/longitud mayor, etc., distinguen la forma española de *Q. quadrata*.

Una nueva subespecie de *Homoeorhynchia meridionalis* (*H. meridionalis pseudoquadrata* n. ssp.) comunicada por su autor y aún no publicada (CLUTSON com. personal, 1979), que puede tener abundante costulación casi sin áreas umbonales lisas, se diferencia por su ángulo apical más obtuso y por la máxima anchura en posición medio posterior. Esta subespecie, según comunicación personal de su autor, se halla en la zona serpentinus (Toarciense), mientras que *Q. attenuata* domina en el Domeriense y Toarciense basal (tenuicostatum).

Distribución geográfica

Q. attenuata es una especie muy extendida en el Domeriense español, presentándose a veces en gran abundancia. Limitándonos a España indicamos las localidades del IGME y las del MGSB, ambas listas con su número de registro.

Del IGME: Maranchón (Guadalajara) (2.514), Obón (Teruel) (1.902), Montalbán (Teruel) (1.904 y 1.906), Alloza (Teruel) (732), Valdecomadres (Teruel) (1.900), Majadas (Cuenca) (1.908), Vandellós (Tarragona) (1.901) y Judes (Soria) (1.914).

Del MGSB: De la provincia de Teruel: Aguatón (9.668), Albarracín (13.667, 12.996, 9.539, 13.062, 11.554, 16.594), Andorra (5.219 y 6.015), Ariño (17.456), Cella (7.598 y 10.810), Montalbán (17.497), Obón (27.991), Torrelacárcel (11.813) y Turmiel (33.836). De la provincia de Guadalajara: Maranchón (17.131) y Balbacil (13.214). De la de Cuenca: Fuenteslespino de Moya (16.593) y Mazarete (31.030). De la de Tarragona: Alfara (25.263), Capcanes (8.466), Tivissa (15.588) y Vandellós (16.613). De la provincia de Lérida: Ager (9.905), Camarasa (9.097 y 30.914) y Tartareu (17.432). Castellar del Riu (Barcelona) (10.741).

Familia: Wellerellidae LIKHAREV 1956
Subfamilia: Cirpinae AGER 1965
Género: *Pseudogibbirhynchia* AGER 1962
Diagnosis: Cfr. AGER, 1962, p. 108, o ROUSSELLE, 1973, p. 122.
Especie: *Pseudogibbirhynchia quinteroï* n. sp.

1956 *Rhynchonella* aff. *plicatissima* sensu CASTELL y CONCHA, p. 24, lám. II, figs. 5 y 5a-c.

— Holotipo. El ejemplar figurado por CASTELL y CONCHA (ut supra). Núm. 2.512 de la colección del Instituto Geológico y Minero de España.

— Localidad tipo. El Mirón, municipio de Maranchón. Prov. de Guadalajara. Hoja 462, Maranchón.

— Estrato tipo. Toarciense Medio a Superior (Com. oral del Dr. A. GOY).

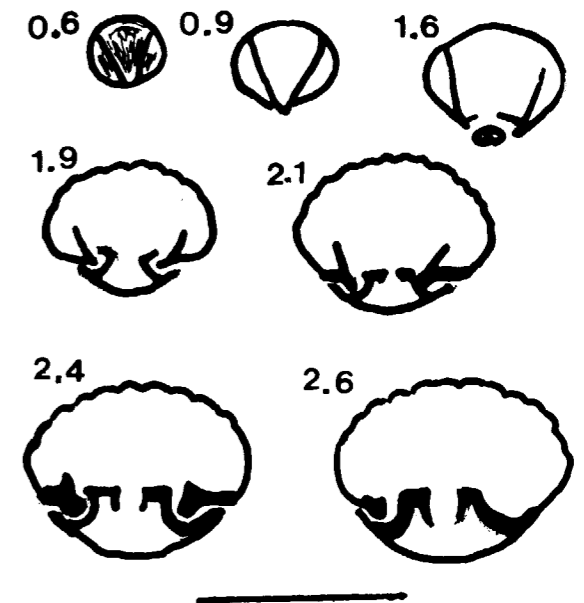


Figura 3.—Secciones seriadas de *Pseudogibbirhynchia quinteroï* n. sp. Toarciense de Maranchón (Guadalajara). El trazo equivale a 5 mm. Distancia desde el umbo en mm.

- Razón del nombre. Dedicada al Prof. I. Quintero, del IGME.
- Diagnósis. *Pseudogibbirhynchia* con unas 16-21 costillas de sección redondeada en la parte medio-posterior de la concha.

Material

Doce ejemplares de la localidad tipo. Núm. 2.512 del IGME.

Seis ejemplares de la localidad tipo. Núm. 39.217 del MGSB.

Dimensiones medias (en mm.)

Núm. de observaciones=9.
 Longitud (=L)=8,5 (7,1-10)
 Anchura (=A)=8,2 (6-9,9)
 Espesor (=E)=5,1 (3,5-6,7)
 Relación L/A=0,95 (0,84-1,03)
 Relación E/L=0,59 (0,49-0,70)
 Núm. de costillas=18 (16-20).

Descripción

Conchas de tamaño pequeño, de contorno sub-pentagonal a subcircular y con la máxima anchura algo desplazada anteriormente. Perfil lenticular con las valvas casi igualmente convexas. El máximo espesor está desplazado posteriormente. Comisuras: Posterior poco ondulada formando en el ápice un ángulo de unos 140°. Lateral recta. Frontal también recta o con laxa uniplicación, que puede ser asimétrica. Concha recubierta enteramente por unas 18 costillas de sección redondeada, más anchas que los intervalos, que son casi lineares (tipo *dumbletonensis*). No se ha visto dicotomía alguna en su desarrollo.

Valva mayor regularmente convexa. Umbo pequeño con ángulo apical de unos 90°, siendo sus lados algo cóncavos. Subrecto. Foramen hipotiridial y abocinado. Valva menor con el umbo convexo y algo aplanada posteriormente.

Caracteres internos

Hay un breve collar peduncular en posición muy dorsal. Láminas dentales divergentes en la parte umbonal y poco desarrolladas. Hay placas deltoidales internas, que no son dobles. Septo medio muy corto. Extremidad posterior de los dientes implantada oblicuamente en fosas poco definidas,

más anchas que profundas. En su desarrollo los dientes muestran sección cuadrangular. Placas cardinales horizontales, que originan los crura de tipo prefalcifer.

Observaciones

Variabilidad intraespecífica. Los ejemplares más anchos son generalmente menos gruesos. La longitud tiende a ser mayor que la anchura en los ejemplares pequeños. En los mayores se igualan ambas dimensiones.

Justificación de la asignación genética

La coincidencia morfológica tanto externa como interna con la diagnósis genérica matizada por ROUSSELLE (1973) permiten una asignación genérica segura. Estas matizaciones son: el tamaño puede ser mediano, la globosidad no es constante y no siempre el umbo dorsal es aplanado. En nuestro caso sólo nos afecta la no globosidad, que tampoco se observa en algunas conchas figuradas por AGER (1962). El carácter del crecimiento intercalar de las costillas, señalado por ROUSSELLE (1973) no se halla en los ejemplares estudiados.

Comparación con otras especies

Los crura prefalcifer de la n. sp. permiten distinguirla de otras especies (juveniles o adultas) de morfología externa semejante. Así se distingue de «*Rh.*» *plicatissima* QUENSTEDT 1852.

La especie más próxima es *Pseudogibbirhynchia jurensis* (QUENSTEDT, 1858). Pero esta especie es generalmente mayor, más globosa, con menor número de costillas (unas 12), de sección angulosa, con las láminas dentales paralelas, a veces con el umbo liso, etc.

La sección aguda de las costillas, el collar peduncular ventral, sus placas deltoidales dobles, las láminas dentales convergentes, etc., son propios de la especie *Pseudogibbirhynchia moorei* (DAVIDSON, 1852) separándose de la n. sp.

Subfamilia: Rhynchonellinae GRAY, 1848
 Género: *Homoeorhynchia* BUCKMAN, 1918
 Diagnósis: Cf. AGER, 1956, p.26.

Nota sobre la grafía del género. BUCKMAN empleó al escribir el nombre del género el diptongo

griego *œ*, cuya transcripción latina según el Código es *oe*. Sin embargo, dado que en la pronunciación tradicional del latín (eclesiástica, no clásica) tal diptongo se pronuncia como una e más o menos oscura no es de extrañar que a veces se haya escrito *Homeorhynchia*, más fácil y con una evidente simplificación. Tal simplificación se observa al escribir Paleontología en vez de Palaeontología. Sería deseable que se favoreciera este modo pragmático de actuar.

Especie: *Homoeorhynchia meridionalis* (DESLONGCHAMPS, 1863)

Esta especie *meridionalis* se subdivide en tres conjuntos subespecíficos. El primero es la propia especie, el segundo lo constituye el subconjunto de la «*Rh.*» *batalleri* DUBAR y el tercero una subespecie descrita por CLUTSON en su tesis (com. personal, 1979). Como criterios de distinción subespecífica se emplea el número de costillas en el seno, el desarrollo de éste y la mayor o menor costulación sobre la superficie de la concha.

La especie y sus subespecies tienen en común los siguientes caracteres, que las distinguen fácilmente de otras formas:

- su ángulo apical obtuso de unos 120°,
- su contorno pentagonal,
- los lados del umbo cortos relativamente y con la máxima anchura en posición media o posterior, y
- la tendencia a que la valva mayor sea planoconvexa, realizándose en sus extremos laterales y anteriores (perfil cinocéfalos).

Subespecie: *Homoeorhynchia meridionalis meridionalis* (DESLONGCHAMPS, 1863)

1979 *Homoeorhynchia meridionalis* (DESLONGCHAMPS): LLOMPART, p. 95, lám. I, figs. 4-5 (cum synonym.).

1982 *Homoeorhynchia meridionalis* (DESLONGCHAMPS): ALMERAS & ELMÍ, lám. 2, figs. 16-17.

Esta subespecie se caracteriza por tener 1 ó 2 costillas en el seno, medidas en la valva ventral. El seno es muy elevado. Muestra muchas estrías de crecimiento en el borde frontal. Es una forma muy llamativa, pero poco abundante. La lista de localidades se refiere a pocos ejemplares.

Localidades de la colección del IGME: De la

provincia de Teruel: Albarracín (103 y 119), Torres (101) y Valdearriño (100). Majadas (Cuenca) (99) y Maranchón (Guadalajara) (2.513).

Algunas localidades de las colecciones del MGSB: De la provincia de Teruel: Albarracín (8.226, 12.003, 12.995, 13.666, 16.574 y 32.040), Manzanera (15.055) y Obón (33.287 y 33.763). De la de Tarragona: Alfara (4.202, 4.204, 7.301, 7.309 y 25.264) y Vandellós (37.851).

Subespecie: *Homoeorhynchia meridionalis batalleri* (DUBAR, 1931)

1979 *Homoeorhynchia batalleri* (DUBAR): LLOMPART, p. 98, lám. I, fig. 6 (cum synonym.).

Esta subespecie se caracteriza por el elevado número de costillas en el seno, variando de 3 a 8 con una media de 6, y por la menor elevación de éste.

Creo que la presencia de formas de transición y en los mismos niveles cronoestratigráficos aconseja considerar la especie creada por DUBAR sobre formas extremas como una subespecie de *meridionalis*, que también fue erigida sobre formas extremas.

Esta subespecie es mucho más abundante numéricamente que la subespecie *meridionalis*, con la que generalmente está asociada.

Localidades del IGME: Provincia de Burgos: Arlanzón (117) y Las Lastras (96). Provincia de Teruel: Alloza (730) y Entrambasaguas (125). Maranchón (Guadalajara) (2.516 y 2.517), Matamorisca (Palencia) (128), Cherta (Tarragona) (159) y Riela (Zaragoza).

Algunas localidades del MGSB: Provincia de Teruel: Abejuela (23.151), Beceite (23.301 y 33.762), Belmonte de Mezquín (28.667), Calanda (7.468), Obón (33.285) y Torrijos (9.689). Provincia de Tarragona: Alfara (7.294, 7.308, 25.259, 31.807 y 32.399) y Tortosa (34.219). Provincia de Lérida: Ager (32.265), Camarasa (28.000, 28.017, 28.023, 30.935 y 33.682) y Hostalets de Tost (8.501). Espés (Huesca) (28.675, 34.971 y 36.444). Mercadal (Menorca, Baleares) (34.576) y Turmiel (Cuenca) (33.818).

Subespecie: *Homoeorhynchia meridionalis* n. ssp.

Esta subespecie se caracteriza por su valva mayor, casi regularmente convexa, y la costulación ocupando casi toda la superficie de la concha. Tiene de 5 a 6 costillas en el seno, que sobresale

muy poco del perfil frontal. Su máxima frecuencia (zona serpentinus del Toarciense) no coincide con la máxima frecuencia de *batalleri* (zona bifrons del Toarciense).

El nombre dado por el Dr. CLUTSON (com. pers., 1979) a esta subespecie es el de *pseudoquadrata*. Tal nombre es ilustrativo del parentesco con otras formas. Se cita en nomenclatura abierta para evitar cuestiones de nomenclatura, ya que conozco la existencia de la subespecie, cuya creación es muy razonable, por comunicación personal. La tesis de CLUTSON no está publicada.

No he hallado esta subespecie en la colección del IGME.

Algunas localidades del MGSB: Provincia de Teruel: Andorra (5.219), Obón (39.223) y Valderrolles (23.262). Provincia de Lérida: Ager (13.882) y Camarasa (33.636). Cobeta (Guadalajara) (28.813). Ricla (Zaragoza) (16.924).

Superfamilia: Terebratulacea GRAY 1840.

Familia: Tchegethyrididae TCHORSZHEVSKY 1972

Subfamilia: Lobothyridinae MAKRIDIN 1964

Género: *Telothyris* ALMERAS & MOULAN 1982, Diagnósis: Cfr. ALMERAS y MOULAN, 1982, p. 136.

Especie tipo: *Telothyris jauberti* (DESLONGCHAMPS) (nueva designación)

El género se considera válido y soluciona la relación de *Lobothyris* con otros géneros. En mi estudio (CALZADA, 1983) apunté su necesidad.

Especies asignadas

En mi opinión *Telothyris pyrenaica*, especie tipo designada por ALMERAS & MOULAN, es una forma juvenil de la especie *jauberti*, que se convierte en tipo. Para los autores franceses las principales diferencias entre *Telothyris pyrenaica* (antes *Terebratula jauberti* var. *pyrenaica*) y *T. jauberti* son: el tamaño, la mayor anchura relativa, los caracteres del umbo y foramen y la comisura frontal rectimarginada. Todos esos caracteres pueden explicarse considerando *pyrenaica* como forma juvenil de *jauberti* (CALZADA, 1983).

Además de la especie tipo, están las siguientes:

Telothyris arnaudi ALMERAS & MOULAN 1982, que se define por su contorno circular, más ancho que

largo y su poco espesor en tamaños claramente adultos.

Telothyris monleau ALMERAS & MOULAN 1982, que se define por su contorno ovalado, pero cuadrangular anteriormente y en longitud media de unos 23 mm.

Especie: *Telothyris jauberti* (DESLONGCHAMPS 1863)

1982 *Telothyris pyrenaica* (DUBAR): ALMERAS & MOULAN, p. 137 (cf. supra).

1982 *Telothyris jauberti* (DESLONGCHAMPS): ALMERAS & MOULAN, p. 148, láms. 10 y 11 (cum synon.).

1982 *Lobothyris subpunctata transiens hispanica* (DUBAR): ALMERAS & MOULAN, p. 125, lám. 8, figs. 9-10 y lám. 6, figs. 10-13 (cf. infra).

1983 *Sphaeroidothyris jauberti* (DESLONGCHAMPS): CALZADA (cum synon.).

La especie ha sido revisada independientemente por ALMERAS & MOULAN (1982) y por CALZADA (1983). Me remito a esos autores y aquí expongo algunos puntos en los que difiero del excelente estudio de ALMERAS & MOULAN. Advierto que existe más coincidencia que disparidad.

Sobre el holotipo: Por existir ejemplares estudiados por DESLONGCHAMPS, no parece oportuno erigir un neotipo tal como actúan ALMERAS & MOULAN y con ejemplares que no proceden de la localidad tipo. El holotipo está en la colección Verneuil (ORSAY D, 913) (com. per. Dr. CLUTSON).

Sobre la sinonimia: Admitiendo la identidad específica entre *T. pyrenaica* y *T. jauberti* se simplifica mucho la sinonimia de la especie *jauberti*. Es de notar que la mayor parte de autores reunían ambos conjuntos. Ya se ha discutido el asunto al cambiar la especie tipo.

Una cuestión más difícil es la relación con las formas consideradas como variedades de *Lobothyris subpunctata*. En mi trabajo (CALZADA, 1983) afirmé que la var. *hispanica* debería incluirse en *jauberti*, ya que se trataba de un caso geróntico, siendo su contorno ovalado sobreimpuesto al contorno subcircular de la especie. Al no disponer de material no me atrevo a pronunciarme sobre *L. subpunctata* transient *heresfieldensis* y los ejemplares toarcienses de *L. punctata* y *L. subpunctata* morfo *clevelandensis*. Sólo sugiero que quizá sean individuos mayores y gerónticos de la especie *jauberti*.

Hasta ahora he usado una óptica que reúne las formas incluidas en la variación de una especie de gran amplitud fenotípica. Recuerdo que *T. jauberti* se precisa sobre todo por sus valvas casi igualmente convexas, su contorno subcircular-ovalado y la comisura frontal uniplegada a sulciplegada sin afectar las valvas. De acuerdo con estos caracteres no parece oportuno incluir en la sinonimia de *jauberti* la forma descrita por DUBAR (1931) como *Terebratula jauberti* (?) var. *depressa* que se caracteriza por «la petite valve aplatie». Ello me ha llevado a revisar la forma *depressa* con el resultado que se expone a continuación.

Subfamilia: Lissajouthyridinae COOPER 1983

Género: *Stroudithyris* BUCKMAN 1917

Diagnósis: Cfr. COOPER 1983, p. 155

Especie: *Stroudithyris depressa* (DUBAR 1931)

1931 *Terebratula jauberti* (?) var. *depressa* DUBAR, p. 152, lám. 4, fig. 17.

— Holotipo. El ejemplar figurado por DUBAR se perdió en 1936. Se erige un neotipo procedente de la localidad tipo. Núm. 39.228 del MGSB.

— Localidad tipo. Corral de Pilot (municipio de Alfara, Prov. de Tarragona). Hoja 496. Horta de S. Juan.

— Estrato tipo. Toarciense (bifrons).

— Razón del nombre. Por la morfología de la valva dorsal.

— Diagnósis. *Stroudithyris* con la valva mayor unas 1,8 veces más convexa que la menor y con las impresiones musculares en espátula angulosa anteriormente.

Material examinado

Del municipio de Alfara: Tres ejemplares de la localidad tipo (39.228), uno de Povet de Perot (5.062), uno de la Cova dels Adells (8.125), otro de Feixes de Marranya (8.152), y tres de las Feixes de Tomás el Roig (33.643).

De la provincia de Teruel: Cinco ejemplares de Obón (39.229), nueve de Beceite (33.759) y 23 de Albarracín (39.230). Todos proceden del MGSB.

Dimensiones medias (en mm.)

Núm. de observaciones=24.

Longitud (=L)=23,1 (18,5-29,2)

Anchura (=1)=21,8 (18,3-29,4)

Espesor (=E)=13,1 (11-17)

Relación 1/L=0,93 (0,86-1,00)

Relación E/L=0,59 (0,53-0,67)

Espesor valva ventral/Espesor valva dorsal=1,8 (1,4-2,4).

Descripción

Conchas de tamaño pequeño a medio, más largas que anchas con la excepción de algún caso geróntico; de contorno más subcircular que ova-

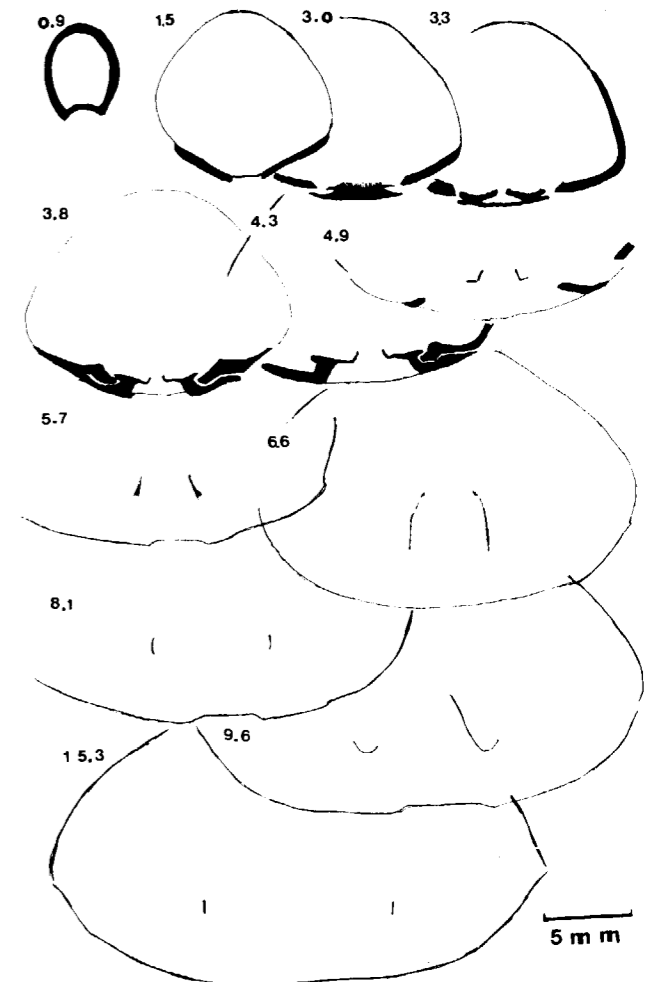


Figura 4.—Secciones seriadas de *Stroudithyris depressa* (DUBAR). Toarciense Medio de Alfara (Tarragona). Distancias desde el umbo en mm.

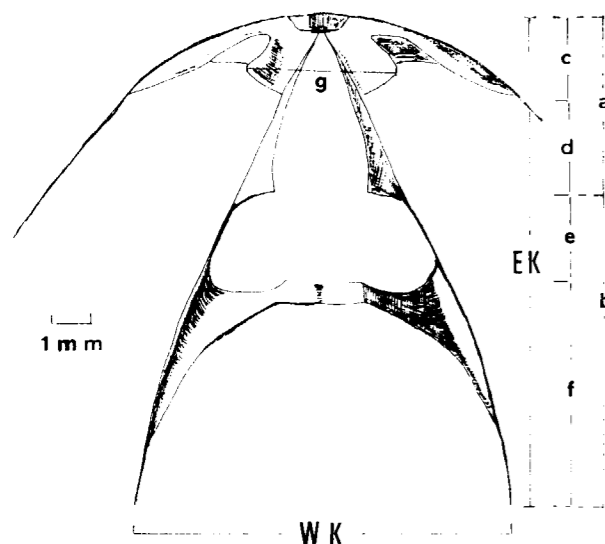


Figura 5.—Reconstrucción del braquidio de *Stroudithyris depressa* (DUBAR). Toarciense Medio de Alfara (Tarragona).

lado. Perfil desigualmente biconvexo, siendo la valva ventral unas 1,8 veces más convexa que la menor, que puede ser casi plana. Máximos espesor y anchura hacia la parte media de la longitud.

Comisura posterior recta. Lateral desviada ventralmente incurvándose en la unión con la frontal, que es típicamente sulciplegada más o menos laxamente. Es frecuente la acumulación de estrías de crecimiento en la comisura anterior.

Valva mayor generalmente carenada y flanqueada por dos surcos poco acentuados y que se originan en el tercio anterior de la valva. Regularmente convexa. Umbo cónico y ancho, erecto o incurvado. Angulo apical variable entre 115 y 90° (media=108). Foramen mediano (0,07 de la valva dorsal), circular, permesotiridio, abocinado y carenado. Las carenas delimitan pequeñas interáreas alargadas. Placas deltoidales triangulares, muy pequeñas y disjuntas.

Valva dorsal menos convexa que la ventral, tendiendo a plana en el 40 por 100 de los ejemplares. En la mayoría de las conchas hay una depresión anterior delimitada por dos débiles carenas, que se corresponden a los surcos y carena de la valva mayor. Impresiones musculares visibles y de forma espatulada con terminación anterior angulosa, muy parecidas a las de *Telothyris jauberti*.

Caracteres internos

Hay un corto collar peduncular. Saliente cardinal cóncavo, ancho y pectinado. Placas cardinales cóncavas y muy unidas a la valva en su inicio, luego se despegan, siendo su sección subhorizontal y formando un ángulo obtuso con las bases crurales. Dientes pedunculados, de sección lingui-forme y de implantación muy oblicua en fosas cardinales más anchas que profundas. Salientes crurales subparalelos convergentes ventralmente. Tras un corto desarrollo de las ramas crurales subparalelas, éstas se unen en la arcada, de sección subcuadrangular y relativamente corta. Las terminaciones crurales son largas y paralelas en su parte final.

Datos numéricos del braquidio, ordenados al igual que el trabajo de COOPER (1983) y deducidos de tres observaciones. Para las abreviaturas no explicitadas expresamente, me remito a la figura 5.

Angulo=42°.

Anchura braquidio/longitud braquidio=WK/EK=0,76.

Longitud braquidio/longitud valva dorsal=EK/Ld=0,57.

Anchura braquidio/anchura valva=WK/1=0,42. a/EK=0,37, b/EK=0,63, c/EK=0,17, d/EK=0,19, e/EK=0,18, f/EK=0,45.

g/anchura valva=g/1=0,17, g/WK=0,41.

Longitud arcada/f=0,12.

Longitud arcada/EK=0,05.

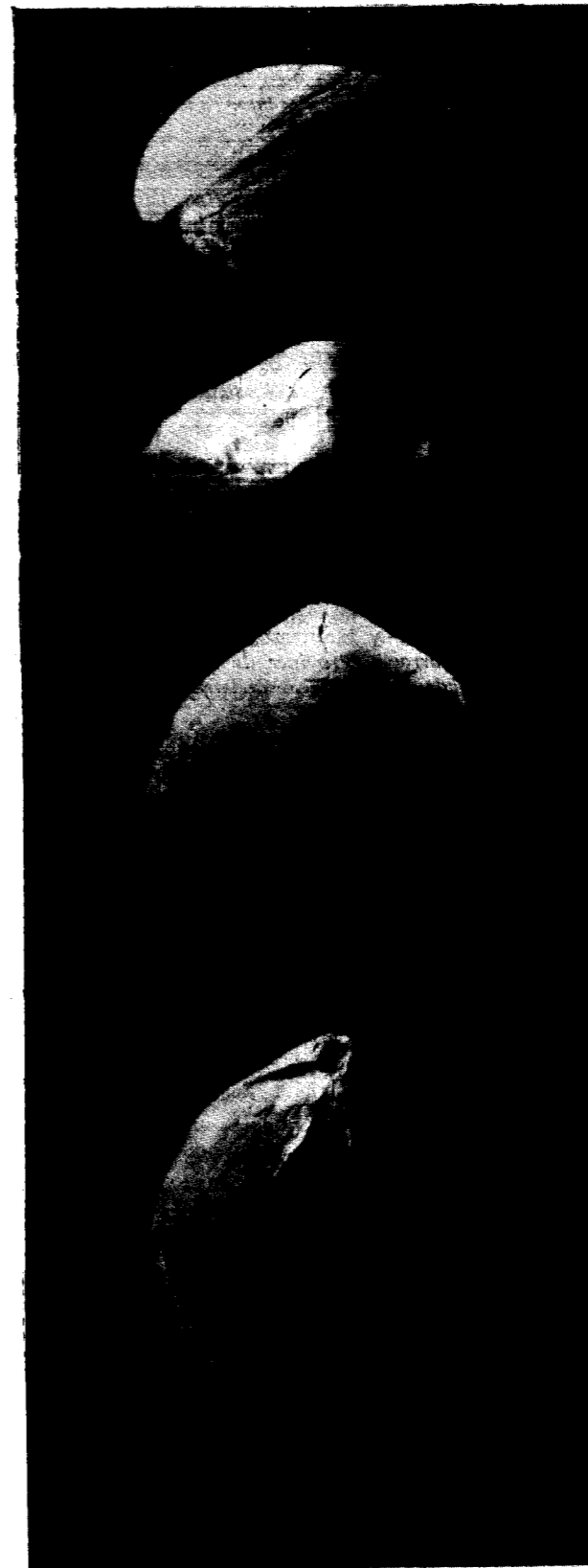
Anchura valva dorsal/longitud valva dorsal=1,02.

Variabilidad. Morfotipos

Por lo indicado, la especie muestra cierta variabilidad, distinguiéndose dos morfotipos: uno ancho y subcircular con el ángulo apical claramente obtuso y otro ovalado y con el ángulo apical tendiendo a recto.

Justificación de la inclusión genérica

Se ha incluido por la coincidencia morfológica con los datos reseñados por COOPER como propios del género. Sin embargo, la cronoestratigrafía es diferente, ya que para COOPER (1983) el género es bajociense y la especie *depressa* es toarciense, ampliándose así su extensión cronológica. Tal ampliación está de acuerdo con ALMERAS & MOULAN, quienes citan el género en el Toarciense Medio.



En favor de esta inclusión genérica está la observación del propio DUBAR, quien consideraba la var. *depressa* muy próxima a la especie *infraoolithica*, que ALMERAS & MOULAN (1982, p. 189) incluyen en *Stroudithyris*, aunque COOPER (1983, página 146) opina que quizá pertenezca a su nuevo género *Saucrobrochus*.

Sin embargo, existe una profunda relación (caracteres del umbo, impresiones musculares, etc.) con *Telothyris* de tal forma que algunos ejemplares podrían colocarse en ambos géneros según se valoraran algunos caracteres. Aquí he valorado sobre todo la diferente convexidad de las valvas, la sulcificación frontal y la presencia de surcos y carenas en las valvas como propios de *Stroudithyris* por indicar sólo los caracteres externos.

Formas semejantes

La diferente convexidad de las valvas es un buen criterio para distinguir la especie *depressa* de las especies de *Telothyris*.

«*Terebratula*» *valcrosensis* ALMERAS & MOULAN 1982 se distingue por su valva menor casi plana, con la comisura frontal recta y la pequeña longitud de su braquidio.

La distinción con *St. infraoolithica* reposa sobre todo en el menor umbo dorsal de la especie *depressa* y la presencia de impresiones musculares dorsales. La especie *depressa* debe considerarse como la antecesora de *infraoolithica*, relacionando el conjunto *Telothyris* con *Stroudithyris*, como ya sagazmente advirtieron ALMERAS & MOULAN (1982).

Distribución. Véase supra en el material examinado.

Superfamilia: Zeilleriacea ROLLIER 1915

Familia: Zeilleriidae ROLLIER 1915

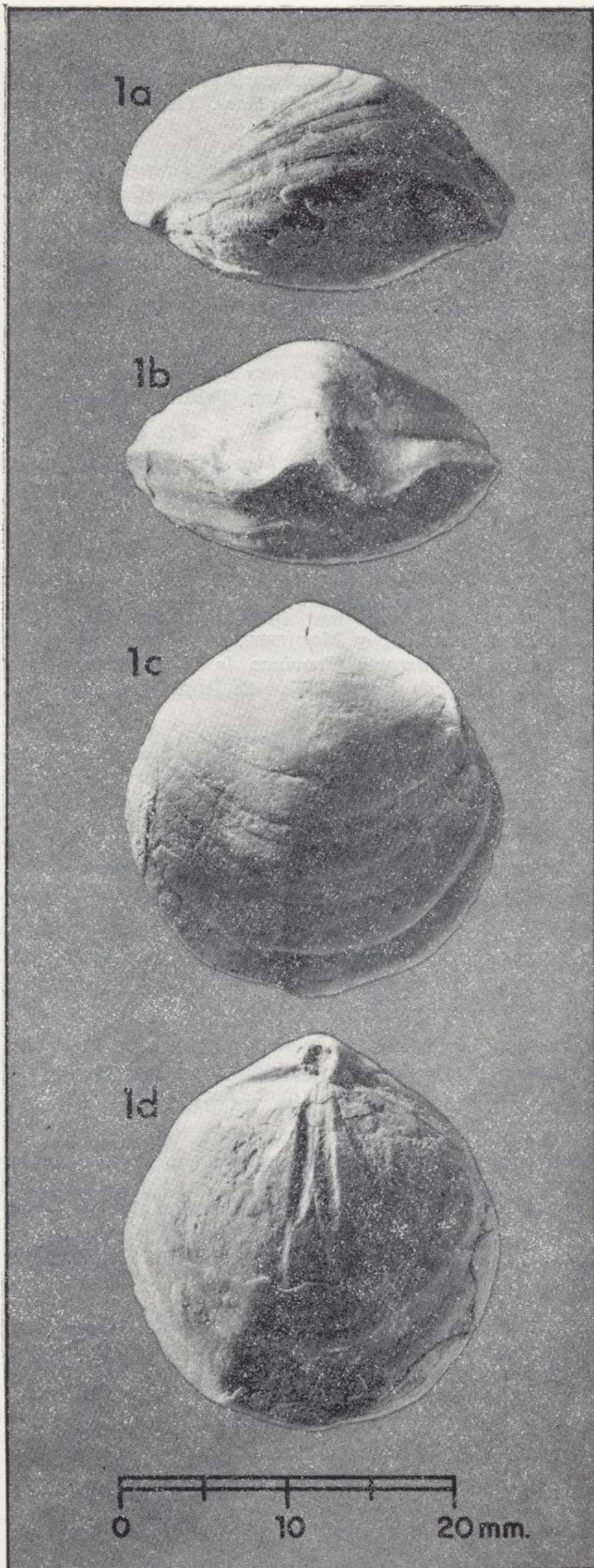
Género: *Aulacothyris* DOUVILLE 1879

Diagnosis: Cfr. DELANCE 1974, p. 305.

Especie: *Aulacothyris iberica* DUBAR 1931

Sobre esta especie, perfectamente revisada por DELANCE (1974), sólo resta añadir que el ejemplar

Figura 6.—*Stroudithyris depressa* (DUBAR). Neotipo. Número 39.228 MGSB. Toarciense (bifrons) de Alfara; a-d: vistas lateral, anterior, ventral y dorsal. (Foto y montaje de don José M.ª Moraleja.)



En favor de esta inclusión genérica está la observación del propio DUBAR, quien consideraba la var. *depressa* muy próxima a la especie *infraoolithica*, que ALMERAS & MOULAN (1982, p. 189) incluyen en *Stroudithyris*, aunque COOPER (1983, página 146) opina que quizá pertenezca a su nuevo género *Saucrobrochus*.

Sin embargo, existe una profunda relación (caracteres del umbo, impresiones musculares, etc.) con *Telothyris* de tal forma que algunos ejemplares podrían colocarse en ambos géneros según se valoraran algunos caracteres. Aquí he valorado sobre todo la diferente convexidad de las valvas, la sulcificación frontal y la presencia de surcos y carenas en las valvas como propios de *Stroudithyris* por indicar sólo los caracteres externos.

Formas semejantes

La diferente convexidad de las valvas es un buen criterio para distinguir la especie *depressa* de las especies de *Telothyris*.

«*Terebratula*» *valcrosensis* ALMERAS & MOULAN 1982 se distingue por su valva menor casi plana, con la comisura frontal recta y la pequeña longitud de su braquidio.

La distinción con *St. infraoolithica* reposa sobre todo en el menor umbo dorsal de la especie *depressa* y la presencia de impresiones musculares dorsales. La especie *depressa* debe considerarse como la antecesora de *infraoolithica*, relacionando el conjunto *Telothyris* con *Stroudithyris*, como ya sagazmente advirtieron ALMERAS & MOULAN (1982).

Distribución. Véase supra en el material examinado.

Superfamilia: Zeilleriacea ROLLIER 1915

Familia: Zeilleriidae ROLLIER 1915

Género: *Aulacothyris* DOUVILLE 1879

Diagnosis: Cfr. DELANCE 1974, p. 305.

Especie: *Aulacothyris iberica* DUBAR 1931

Sobre esta especie, perfectamente revisada por DELANCE (1974), sólo resta añadir que el ejemplar

Figura 6.—*Stroudithyris depressa* (DUBAR). Neotipo. Número 39.228 MGSB. Toarciense (bifrons) de Alfara; a-d: vistas lateral, anterior, ventral y dorsal. (Foto y montaje de don José M.^a Moraleja.)

figurado por DUBAR (1931, p. 159, lám. 5, fig. 14) se conserva en la colección del MGSB con el número 8.079. Por tanto, el neotipo propuesto no ha lugar.

AGRADECIMIENTOS

A D. José M.^a MORALEJA, por su desinteresada labor fotográfica. Al Dr. A. GOY, por comunicarme alguna de sus opiniones.

BIBLIOGRAFIA

- AGER, D. V.: *A monograph of the British Liassic Rhynchonellidae*. «Palaeontogr. Soc.», vol. 110, 172 pp., 13 láms., London (1956-1960).
- AGER, D. V.: *Mesozoic and Cenozoic Rhynchonellacea*. In *Treatise on Invertebrate Paleontology* (ed. R. C. Moore), part H. Brachiopoda, H597-H625 (1965).
- ALMERAS, Y., y ELMÍ, S.: *Fluctuations des peuplements d'ammonites et de brachiopodes en liaison avec les variations bathymétriques pendant le Jurassique inférieur et moyen en Méditerranée Occidentale*. «Boll. Soc. Pal. Ital.», 21, 169-188, láms. 1-3, Módena (1982, aparecido en 1984).
- ALMERAS, Y., y MOULAN, G.: *Les Térébratulides liasiques de Provence. Paléontologie, Biostratigraphie, Paléoécologie, Phylogénie*. «Doc. Lab. Géol. Lyon», núm. 86, 365 pp., 22 láms., Lyon (1982).
- BEHMEL, H. y GEYER, O.: *Beitrag zur Stratigraphie und Paläontologie des Juras von Ostspanien*. «N. Jb. Geol. Paleont. Abh.», 24, 1-52, 6 láms., Stuttgart (1966).
- CALZADA, S., y DELANCE, J. H.: *Sobre Homoeorhynchia battleri (Dubar 1931). Braquiópodo del Toarciense*. «Bol. Geol. Min.», 87, 583-592, Madrid (1976).
- CALZADA, S.: *Sobre 3 variedades de Sphaeroidothyris jauberti (Deslongchamps) (Braquiópodo del Lías español)*. «Trab. Mus. Geol. Semin. Barcelona», núm. 206, 15 pp. (1983).
- CASTELL, J., y DE LA CONCHA, S.: *Explicación de la Hoja 462, Maranchón (Guadalajara)*. IGME, 42 pp., 19 láms., Madrid (1956).
- CASTELL, J.; DE LA CONCHA, S., y DE LA REVILLA, J.: *Un yacimiento fosilífero del Lías de Maranchón (Guadalajara)*. «Not. y Com. IGME», 40, 25-40, 5 láms., Madrid (1955).
- CLUTSON, M.: *A study of some early Jurassic Brachiopoda from the central Spanish Pyrenees*. Tesis no publicada. Swansea (1979).
- COMAS-RENGIFO, M. J., y GOY, A.: *Estratigrafía y Paleontología del Jurásico de Ribarredonda (Guadalajara)*. «Est. Geol.», 31, 297-339, 6 láms., Madrid (1975).
- COOPER, G. A.: *The Terebratulacea (Brachiopoda), Triassic to Recent: A Study of the Brachidia (Loops)*. «Smithson. Cont. Paleobiology», núm. 50, 445 pp., 77 láms., Washington (1983).
- DELANCE, J. H.: *Etude de quelques Brachiopodes Liasiques du Nord-est de l'Espagne*. «Ann. Paléont. (Invert.)», 55, 1-44 pp., 2 láms., París (1969).
- DELANCE, J. H.: *Zeilleridés du Lias d'Europe Occidentale*. «Mém. Géol. Univ. Dijon», núm. 2, 406 pp., 7 láms., Doin Ed., París (1974).
- DUBAR, G.: *Brachiopodes liasiques de Catalogne et des régions voisines*. «Butll. Inst. Catal. Hist. Nat.», 31, 103-178, 5 láms., Barcelona (1931).
- DUBAR, G.; ELMÍ, S., y MOUTERDE, R.: *Remarque sur le Toarcien d'Albarracín (Province de Teruel, Espagne) et sur la faune de Bouleiceras*. «C. R. Somm. Soc. Géol. Fr.», 5, 162-163, París (1970).
- GOY, A., y ROBLES, F.: *Resultado de un estudio sobre braquiópodos liásicos del NE de Guadalajara*. Vol. extr. primer cent. «R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.)», 243-255, 3 láms., Madrid (1975).
- LLOMPART, C.: *Aportaciones a la paleontología del Lías de Menorca*. «Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares», 23, 87-116, 3 láms., Palma de Mallorca (1979).
- MOUTERDE, R.: *Une coupe du Lias à Obón aux confins des Provinces de Teruel et de Saragosse*. «Cuader. Geol. Ibérica», 2, 345-354, Madrid (1971).
- ROUSSELLE, L.: *Le genre Pseudogibbirhynchia (Rhynchonellacea) dar le Toarcien et l'Aalénien inférieur du Haut Atlas central et oriental*. «Not. Ser. Géol. Maroc», 34, 121-133, Rabat (1973).
- ROUSSELLE, L.: *Distribution verticale des Rhynchonelles dans le Domérien et le Toarcien en Espagne (chaîne Celtibérique orientale, Catalogne méridionale), au Maroc (Pré-Atlas, Moyen Atlas, région d'Oujda) et en Algérie occidentale*. «Bull. Soc. Geol. Fr.», (7), 17, 878-885, París (1975).
- ROUSSELLE, L.: *Spiriferines du Lias moyen et supérieur au Maroc (Rides Pré-Atlas, Moyen Atlas) et en Espagne (Chaînes Celtibérique orientale)*. «Not. Ser. Géol. Maroc», 38, 153-175, 1 lám., Rabat (1977).

Recibido: Septiembre 1983.

Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar

(Segunda parte: Mineralogía y Sucesión mineral)

Por JOSEFINA SIERRA (*)

R E S U M E N

En este trabajo (parte II) se definen los minerales presentes en el yacimiento, tanto los principales como los accesorios, metálicos y no metálicos, y la secuencia paragenética de la mineralización de Aznalcóllar.

S U M M A R Y

In this paper (Part II) are defined the minerals formed in the ore, the main ones as the secondary ones, metallic and non metallic and the paragenetic sequence of the Aznalcollar mineralization.

1. INTRODUCCION

En el trabajo previo a éste se han estudiado las características litoestratigráficas y estructurales de la mina de Aznalcóllar. En este estudio se exponen la paragénesis y sucesión mineral de la mena así como de la ganga.

El yacimiento de Aznalcóllar, al igual que los restantes yacimientos de sulfuros masivos, reciben la calificación de masivos porque la mineralización está formada por más de un 60 por 100 de sulfuros.

En una escueta definición podría llamarse yacimiento estratiforme con forma lenticular, constituido en su mayor parte por pirita masiva con cantidades muy inferiores de esfalerita, galena y calcopirita.

Químicamente se caracteriza por el predominio en hierro.

El yacimiento de Aznalcóllar, al igual que los restantes de la Faja Pirítica, es concordante con las rocas encajantes y presenta un paso gradual entre las zonas mineralizadas y las estériles.

La masa mineral alcanza espesores de hasta

(*) Departamento de Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias Geológicas. Universidad Complutense de Madrid.

60 m. y los sondeos la han localizado continuamente hasta una profundidad de 250 a 300 m., profundidad a la que aún continúa la mineralización, pero estrechándose sensiblemente, lo que hace suponer que la masa mineral se debe cerrar a relativa corta distancia.

2. PARAGENESIS

Al comenzar este trabajo y repasar la bibliografía existente hemos observado que entre otros autores, FINLAYSON (1910), BATEMAN (1927), WILLIAMS (1934), DOETSCH (1934 y 1957) y PINEDO VARA (1963) han enumerado los minerales presentes en muchos yacimientos de pirita del SO de la Península Ibérica, la paragénesis mineral siempre se consideró muy simple, sin embargo un examen detenido de la misma, pone de manifiesto que existe una gran variedad de especies minerales.

Para el estudio mineralógico y metalogénico de la mena de Aznalcóllar, aparte de las muestras recogidas en superficie, se hizo un reconocimiento exhaustivo de los cientos de metros de testigos de sondeos que amablemente fueron cedidos por A.P.I.R.S.A., eligiendo aquellas muestras que, por su situación, naturaleza y buen estado de conser-

vación, eran las más representativas del yacimiento.

A continuación se efectuó el estudio de las muestras, tanto de superficie como de testigos de sondeos, mediante microscopia de luz reflejada. Se ha utilizado para aquellos minerales menos comunes la microsonda.

El yacimiento de Aznalcóllar está constituido en su mayor parte por pirita masiva, más o menos pura. Existe poca variación cualitativa, tanto para los minerales más raros, como para los más frecuentes.

Según la frecuencia con que se presentan los minerales de la mena, los separaremos en dos grupos:

- Minerales principales, y
- Minerales accesorios.

Los minerales principales que hemos encontrado son: pirita, mucho más abundante, y calcopirita, galena y esfalerita en mucha menor proporción.

Los minerales accesorios, de algunos de los cuales sólo hemos observado escasos granos, son: Melnicovita, plata, bismuto, arsenopirita, gudmundita, marcasita, cobres grises, buornonita, meneghinita, stannina, pirrotina, nagyagita, rutilo, goetita-lepidocrocita, ilmenita, bornita, covellina, calcosina.

A continuación, vamos a pasar a describir cada uno de estos minerales y su forma de presentarse:

Pirita

Es el mineral más abundante, con gran diferencia respecto al resto. Dada su baja movilidad resulta un recuerdo excelente de la historia del yacimiento. Su proporción, como es lógico, disminuye hacia los bordes tanto en sentido vertical, como horizontal. Puede decirse que así como en el yacimiento masivo ocupa del 80 al 90 por 100, llega a ser accesorio en el yacimiento diseminado y desaparece al llegar a la roca estéril.

En 1941 ROSSO DE LUNA hablaba de una serie de texturas diferentes en las que podía aparecer este mineral: idiomorfo, compacto, zonado, brechificado, geliforme y nodular con tipos intermedios y de transición. En el yacimiento de Aznal-

cóllar hemos observado todos estos tipos de pirita.

Pirita idiomorfa

Idiomorfos de pirita (foto 1) de diferentes tamaños y a veces unidos, presentando bordes escalonados, se observan por toda la masa mineral, la tendencia de la pirita a formar grandes cristales durante el metamorfismo, da lugar a desarrollos poiquilíticos con inclusiones de algunos minerales (foto 2). Esto es muy frecuente en Aznalcóllar, con las inclusiones rellenas de calcopirita, pirrotina, tetraedrita o galena. Estas inclusiones no representan reliquias de antiguos minerales, sino que su localización actual es un producto del metamorfismo.

En las zonas en las que la pirita idiomorfa se presenta diseminada, ésta lleva una auténtica aureola, formada por un cuarzo fibroso (Q₃) (foto 2. J. SIERRA, Parte I) y clorita que se removilizan a la sombra de presión de la pirita durante el metamorfismo.

Cuando la esfalerita se presenta en masas, se ve cómo empastan o engloban idiomorfos de pirita y piritas con textura «atoll» (foto 3). Si la masa es de calcopirita (foto 4) o de galena e incluso rara vez en bournonita, es más frecuente que presenten textura en «caries» y es muy rara la presencia de pirita idiomorfa.

Esta pirita suele ser marcadamente anisótropa.

Pirita compacta o masiva

Suele ocupar la mayor parte del llamado yacimiento masivo. Esta pirita masiva es un producto claro del metamorfismo, y enmascara la historia anterior del yacimiento. Constituye una masa en cuyos huecos se colocan el resto de los minerales al emigrar hacia los bordes y formar texturas en mosaico (foto 5). Suele presentar una superficie muy limpia, al igual que la pirita idiomorfa, y también como ella es claramente anisótropa.

Pirita zonada

ROSSO DE LUNA (op. cit.) la definía como debida a una deposición coloidal.

La hemos observado con frecuencia en este ya-

cimiento. Unas veces viene marcada por un paso de pirita compacta a otra más porosa, o a pirita esquelética. Otras veces la zonación viene marcada por finas películas de otro mineral, normalmente galena (foto 6). A veces, en cristales de buen tamaño es fácil observar bandas de crecimiento.

CRAIG (1981) decía que aunque en los granos de pirita no metamorfizada se observe un crecimiento zonal bien desarrollado en piritas metamórficas, estos crecimientos son irregulares y los zonados incompletos.

Esta pirita es también débilmente anisótropa.

Pirita brechoide o cataclástica

Se debe a los esfuerzos tectónicos que producen roturas al mismo tiempo que desarrollan grietas de crucero. Muy frecuentemente, en la pirita idiomorfa las fracturas aparecen normalmente sanadas por ganga (cuarzo y carbonatos), y a veces por: calcopirita, esfalerita, tetraedrita, galena y/o bournonita.

Estas grietas habían sido interpretadas como vías de sustitución, pero en la actualidad se piensa que se han rellenado por los mismos minerales que acompañan a la pirita y que tienen mayor movilidad que ella. Se observa a lo largo de todo el yacimiento.

Pirita geliforme o coliforme

Es la pirita primaria. En un principio se depositó en forma de gel, posteriormente por efecto de la diagénesis y el metamorfismo recrystaliza a una pirita idiomorfa y/o a pirita masiva, quedando sólo reliquias de estos lodos de pirita.

En el yacimiento de Aznalcóllar se observa a menudo sin necesidad de ataque químico.

A lo largo de la mineralización, unas veces se ha distinguido pirita, calcopirita y/o esfalerita primarias, que tienden a recrystalizar.

Reliquias de textura coloidales se han observado unas veces junto con materia carbonosa (foto 7), con esfalerita (fotos 8 y 9), así como con galena (foto 10) y asociada a melnicovita (fotos 11 y 12) por todo el yacimiento.

Pirita nodular

Se caracteriza porque está formada por framboideos o esférulos, muy frecuentes en toda la provincia de Huelva. Algunas veces alrededor de estos framboideos hemos observado pequeños cristales que, según MASSAAD, 1974, podrían corresponder a un estadio anterior a la organización de los microcristales en los framboideos.

Son esférulos de 1-100 de diámetro y compuestos de cristales euhedrales de pirita, que se asemejan a una frambuesa y de ahí proviene su nombre. Son constituyentes comunes de sedimentos antiguos y modernos y se han reconocido en muchos yacimientos tales como Rammelsberg, Mount Isa y Kupferschiefer (LOVE y AMSTUTZ, 1966). Estudios en la microsonda han mostrado que presentan la misma composición que la pirita cúbica (MASSAAD, 1974).

Para RUST (1935), el framboideo representa la cristalización de un gel amorfo de sulfuros.

SCHOUTEN (1946) acepta que las bacterias reductoras de sulfatos juegan un papel dominante en la formación de pirita singenética, pero cuestiona la existencia de bacterias fósiles de azufre, piensa que los framboideos de pirita son de origen inorgánico. El descubrimiento de piritas framboideas en andesitas (LOVE y AMSTUTZ, 1969), en los yacimientos Kuroko (MATSUKUMA y HORIKOSHII, 1970) y posiblemente también en venas hidrotermales (SCHOUTEN, op. cit.) indican claramente que la materia orgánica no es esencial para su formación (TRUDINGER, 1971). VALLENTYNE (1963) resalta que los framboideos que se encuentran en los sedimentos de Little Round Lake, Ontario, no contienen suficiente materia orgánica como para considerarlos como microorganismos fósiles.

LOVE y AMSTUTZ (op. cit.) establecen que el orden de los microcristales en un framboideo es cristalográfico y no corresponde a ninguna estructura conocida de célula bacterial o colonia.

BERNER (1971) ha confirmado la posibilidad de formar framboideos inorgánicos en el laboratorio, a partir de soluciones con Fe²⁺ en una elevada temperatura en presencia de azufre elemental, al igual que FARRAND (1970). Esto no excluye la posibilidad de que bacterias tomen parte en la génesis de framboideos, particularmente de aquellos que contienen materia orgánica. Así, BERNER (op. cit.) considera que gran parte de la pirita fram-

boidal es un mineral sedimentario formado durante los comienzos de la diagénesis de sulfuro de hidrógeno biogénico.

RICKARD (1970) sugiere que los framboideos pueden formarse por reemplazamiento o relleno de glóbulos de materia orgánica. SKRIPCHENKO (1967), en el Océano Pacífico, encuentra cristales de pirita globulares y lo atribuye a producto de metabolismo de bacterias globulares. AYE (1974) interpreta las texturas framboidales como el resultado de la recristalización «in situ» de partículas de pirita y de arsenopirita.

En Aznalcóllar, al realizar el estudio de los minerales metálicos al microscopio, se observa la existencia de framboideos sin necesidad de realizar ataque químico. Se encuentran dispersos, unas veces junto a cristales idiomorfos de pirita, ambos diseminados por la ganga (foto 13), así como en colonias empastados en esfalerita (fotos 9, 14 y 15).

Además de estas pequeñas frambuesas, en la pirita han quedado reflejados restos de grandes nódulos de pirita (foto 16).

Anisotropía de la pirita

En cualquier manual de mineralogía siempre se describe a la pirita como mineral isótropo. En 1951 VYTENBOGAART apoya la idea de SCHNEIDERHORN y RAMDOHR; la pirita normalmente es isótropa y ocasionalmente anisótropa, debido a un contenido anómalo en arsénico que da lugar a tensiones internas.

STANTON (1957) realiza un estudio con 350 muestras de pirita, de diferentes edades, diferentes ambientes de formación y de diferentes localidades. En casi todas estas muestras se observa una anisotropía de colores azul-verde y naranja-rojo. Esto le hace pensar que es una característica consistente, relacionada con la estructura del cristal.

Esta idea lleva al autor al estudio de cristales únicos bien formados, llegando a observar:

1. Anisotropía en todas las caras cúbicas y paralelas a ésta.
2. Las secciones paralelas a caras octaédricas son isótropas.
3. Los piritoedros son anisótropos.

Al mismo tiempo rebate las ideas expuestas por SMITH (1940-42), según el cual la anisotropía desaparece al calentar las muestras. STANTON utiliza otras técnicas de pulido más modernas y ve que a 500° sigue siendo anisótropa. Esto se debe, supone, a que SMITH utiliza antiguos métodos que deformaban la superficie del mineral; los métodos más recientes causan un mínimo de deformación y rebelan su verdadera anisotropía.

El autor estudia también las variaciones en la composición, como productoras de tensiones en la red que dan lugar al anisotropismo de la pirita.

Todos estos estudios llevan a STANTON (op. cit.) a las siguientes conclusiones:

1. La pirita generalmente es anisótropa.
2. La anisotropía se produce en planos diferentes al octaedral.
3. La anisotropía no es un proceso irreversible por calentamiento.
4. La pirita puede ser superficialmente isótropa por deformaciones producidas durante el pulido.
5. La anisotropía de la pirita no tiene por qué ser debida a impurezas de elementos traza.

Para el autor la explicación puede ser la baja simetría de la estructura de la pirita.

En Aznalcóllar se puede decir que toda la pirita es ligeramente anisótropa. Se ha realizado un barrido electrónico para arsénico y ha demostrado que en este caso concreto existe un elevado porcentaje de este elemento.

Melnicovita (pirita coliforme) (S_2Fe)

Según BARIAND, CESBRON y GEFROY (1977) la melnicovita es un hipotético sulfuro de hierro coloidal, de forma inestable, que evoluciona constantemente a marcasita o a pirita, o a una asociación de ambos minerales, mineral que se observa sólo en el microscopio de reflexión.

En el yacimiento de Aznalcóllar, a lo largo de las masas de pirita se observan zonas pulverulentas, con tinte marrón (fotos 11 y 12), de melnicovita, así como otras zonas de melnicovita coloidal. Siempre en pequeña proporción y dispersa por el yacimiento.

Esfalerita

La esfalerita es el mineral más abundante en este yacimiento después de la pirita. Su proporción varía de unas zonas a otras. La forma de presentarse es muy similar a la calcopirita, aunque generalmente tiene contornos más redondeados.

Al microscopio se reconocen los siguientes tipos:

- Coloidal.
- Película alrededor de pirita.
- Rellenando huecos, en pirita.
- Rellenando fracturas o formando masas alotriomorfas.

Esfalerita coloidal: Textura sedimentaria poco frecuente, cuando aparece suele estar asociada a la pirita (fotos 8 y 9).

Película alrededor de pirita: Película no completa que envuelve un idiomorfo de pirita. Es una textura poco frecuente.

Esfalerita en huecos de pirita: Al recristalizar la pirita ocupa, junto con los demás minerales, los huecos dejados por ésta (foto 5), formando típicas texturas en mosaico.

Esfalerita en fracturas: Aparece a veces asociada a la calcopirita y el cuarzo, pero en mucha menor proporción.

Todas estas esfaleritas suelen aparecer perforadas por finas gotas o varillas de calcopirita visibles con un objetivo de 25 de inmersión en aceite y que en escasas ocasiones tienen el tamaño que se observa en la foto núm. 17.

Esfalerita masiva: Normalmente esta esfalerita es la que da lugar al bandeado de algunas zonas de la pirita masiva (fotos 18 y 19) y que da nombre a «la mena mezclada» de STRAUS (1970), o mena mixta. Esta esfalerita, salvo raras excepciones, no lleva exoluciones de calcopirita. Las masas de esfalerita cementan piritas con texturas en «atoll» (foto 3), framboideos de pirita (foto 15) y va asociada en muchos casos a la galena, si bien esta última en mucha menor proporción.

Sufre procesos de reemplazamiento, presentando bordes de reacción mutuos con otros muchos sulfuros, tales como calcopirita, galena, meneghinita, bournonita, cobres grises y stannina.

Galena

Es mucho menos abundante. El plomo no se presenta solo formando galena, sino también como sulfosales de plomo y antimonio (bournonita y meneghinita).

Su forma de presentarse es similar a la de la calcopirita —en masas alotriomorfas o rellenando huecos—. La galena suele ir asociada a la esfalerita, pero en mucha menor proporción que ella, y exhibe uno de los siguientes tipos:

- Galena coloidal.
- En forma de finas partículas alrededor de la pirita.
- En pequeñas inclusiones en la pirita.
- Rellenando huecos de la pirita.
- Rellenando fracturas.
- Relacionada con la esfalerita, cuando ésta se presenta masiva.

Galena coloidal: Dentro de la pirita masiva o asociada con pirita coloidal, quedan a veces reliquias de una galena coloidal (foto 10).

Películas alrededor de pirita: Al recristalizar la pirita, muchas veces se observan finas películas de galena (foto 16).

Inclusiones en pirita: Son de muy pequeño tamaño, no representan reliquias de un mineral más antiguo sino que han quedado ahí atrapadas durante la recristalización de la pirita (foto 2). Suele ir asociada a la pirrotina.

Galena en huecos de la pirita: Durante el metamorfismo emigra junto con otros sulfuros a los huecos que deja la pirita y forman la textura en «mosaico» (foto 5). En estos huecos suele tener tamaños muy pequeños. A veces va asociada a algún grano de pequeño tamaño de plata (foto 20).

Presenta bordes mutuos de reacción con cobres grises, meneghinita, bournonitas, calcopiritas.

Rellenando fracturas: Al ser un mineral muy móvil, emigra junto con el cuarzo a las fracturas (foto 21) y cementa las fracturas que se producen en la pirita cataclástica.

Relacionada con la esfalerita masiva, en mucha menor proporción que ella. Dan lugar a un bandeado en la pirita masiva (fotos 18 y 19) y forman la mena mezclada o mixta.

Calcopirita

La calcopirita, al igual que la pirita y la esfalerita, está presente por todo el yacimiento, con variaciones en cuanto a su porcentaje, normalmente accesorio. Por la forma de presentarse este mineral, se pueden diferenciar los tipos texturales distintos:

- Calcopirita porosa.
- Calcopirita coloidal.
- Inclusiones de calcopirita en pirita.
- Texturas de exolución de calcopirita en esfalerita.
- Texturas en mosaico originada por la emigración de calcopirita a los huecos dejados por la pirita.
- Calcopirita movilizada a fracturas.
- Formando masas alotriomorfas.

Calcopirita porosa (CpI): Generalmente se encuentra en contacto con pirita y muy íntimamente relacionada con ella, hasta el punto de que la microsonda parece definirla como una pirita con 0,5 por 100 de cobre. Se observan tres variantes: pirita, pirita con 0,50 por 100 de cobre y calcopirita.

Calcopirita coloidal (CpI): Muy escasa.

Inclusiones en pirita: No se trata de reliquias de un mineral más antiguo, sino que en los procesos de «annealing» se producen recristalizaciones y queda la calcopirita atrapada en la pirita. Muchas veces en estas inclusiones se asocian calcopirita y pirrotina (foto 2).

Texturas de exolución en esfalerita: Al observar la esfalerita presente en el yacimiento, es común encontrarla «perforada» por finas varillas de calcopirita y sólo se encuentra normalmente libre de ella cuando la esfalerita forma grandes masas (mena mezclada o mixta).

Estas varillas de calcopirita, de tamaño muy pequeño, se pueden presentar en forma de:

- varillas muy dispersas,
- varillas más concentradas,
- formando «nubes de puntos»,
- frentes de crecimiento y
- formando bordes de grano, no completos.

Los dos primeros tipos son los más frecuentes en Aznalcóllar.

En cuanto a su génesis, no pensamos que sean texturas de exolución singenéticas sino que posiblemente sean posteriores a la formación del yacimiento, debidas a efectos de «annealing» o «recocido». Este annealing puede ser producido, bien como consecuencia de fases sucesivas de actividad del volcán o bien debidas al calentamiento que se produce en la Orogenia Hercínica, que da lugar a un metamorfismo posterior (AMOROS et al, in litt).

Texturas en mosaico: La calcopirita es un mineral muy móvil. Para NATALE (1969) esta removilización no pasa de ser una recristalización «in situ» y de acuerdo con este autor siempre queda relacionada con el yacimiento.

Al recristalizar la pirita emigra a los huecos dejados por ésta y exhibe una textura típica en mosaico (foto 5).

Calcopirita en fracturas: La calcopirita, al igual que emigra a los huecos, emigra a las fracturas relacionándose con el cuarzo, la clorita y los carbonatos. Se presenta en masas alotriomorfas, que a veces engloban piritas con textura en «caries» (foto 4) y suele ir asociada a esfalerita, cobres grises o galena.

Las mayores masas de calcopirita se presentan en el llamado «piroclasto cuprífero». La calcopirita ha emigrado hacia esta zona y forma las concentraciones mayores (foto 22). Esta calcopirita podría provenir del Filón Silillos y podría haber formado la mena de pirita cuprífera. Esta mena, típica de estos yacimientos, no se observa en Aznalcóllar, salvo en el «emborrascado», localmente formando el llamado «piroclasto cuprífero».

La calcopirita, aparte de estas diferentes formas de presentarse, no exhibe características óptimas irregulares. Suele aparecer maclada, con la típica macla de «Lance like» de RAMDOHR.

Aunque suele ser muy típico de estos yacimientos de «sulfuros complejos», la existencia de una cierta zonalidad, con cobre a muro; en el caso del yacimiento de Aznalcóllar ha sido imposible de establecer a lo largo de los sondeos estudiados.

En una zona muy determinada del yacimiento la calcopirita sufre un ligero reemplazamiento por calcosina, covellina y bornita.

La calcopirita presenta bordes mutuos de reacción con los sulfuros que se sitúan en los huecos

dejados por la pirita: esfalerita, galena, bournonita.

Arsenopirita (SFeAs)

Ya en 1927 BATEMAN hablaba de arsenopirita en diminutas partículas con bordes idiomorfos y de que era el mineral con mayor porcentaje de As en los yacimientos de este tipo.

En Aznalcóllar la arsenopirita se presenta en una proporción muy variable de unas zonas a otras, a veces está totalmente ausente y otras veces es el sulfuro principal, después de la pirita. En general, puede decirse que dentro de los minerales accesorios es el más abundante. Su tamaño varía enormemente.

Se presenta muy relacionado con la pirita, con dos formas diferentes: sin relieve y con relieve. A partir de esta observación se realizó un estudio con microsonda y se observó que no existe variación en la composición entre una y otra.

Un hecho observado a partir de este estudio es que estas arsenopiritas contienen proporciones variables de antimonio, que oscilan dentro de un mismo grano entre 0,1 y 1 por 100.

La arsenopirita presenta una clara tendencia al idiomorfismo con típicas secciones en ángulo agudo.

Al ser un mineral duro, quebradizo y cataclástico, las grietas en él abiertas se rellenan de esfalerita, galena, calcopirita, así como de minerales de la ganga.

Arsenopirita recristalizada: Prácticamente toda la arsenopirita que observamos aparece recristalizada y en muchos casos zonada. Otras veces se encuentra cementada por masas de esfalerita, pero siempre aparece como mineral idiomorfo.

La arsenopirita, a veces, se presenta maclada.

Pirrotina (SFe)

En Aznalcóllar la presencia de pirrotina es casi constante, pero escasa, siempre en mucha menor proporción que otros muchos accesorios, tales como arsenopirita, cobres grises o sulfosales de plomo.

Este mineral tiene dos formas típicas de presentarse:

Inclusiones en pirita: Ovaladas y de pequeño tamaño, muchas veces reemplazadas en parte por calcopirita y cuya situación en ese lugar se debe a las removilizaciones y recristalizaciones que lleva consigo el metamorfismo (Annealing). Puede decirse que esta forma de pirrotina muchas veces va acompañada de calcopirita (foto 2).

En huecos de pirita: Al igual que el resto de los sulfuros, la pirrotina, en algunas zonas del yacimiento se presenta en los huecos dejados por la pirita. En estos casos, dada su alta reactividad, da lugar a un gran número de reemplazamientos con calcopirita y con galena fundamentalmente. Esta segunda forma es menos común a lo largo del yacimiento.

La pirrotina es el sulfuro de hierro más inestable y se presenta en muchos casos transformándose en marcasita, presentando la típica textura «ojo de pájaro».

Cobres grises

Hemos englobado bajo este nombre, por estar de acuerdo con el trabajo realizado por CHARLAT y LEVI (1974), que observan: «que de una manera general, incluso para granos de dimensiones modestas (mm) los cobres grises son químicamente heterogéneos».

En Aznalcóllar, los análisis mediante microsonda electrónica han revelado la existencia de cobres grises ricos en Sb y Pb, con S-Sb-Cu-Pb y pequeñas cantidades de Zn y Fe. También existen términos ricos en Ag con contenidos en este elemento que oscilan entre 3-5 por 100, y sin Sb, Pb y Bi. Los cobres grises omnipresentes en Aznalcóllar siempre son minerales accesorios, que varían de proporción.

VÁZQUEZ GUZMÁN (1978) habla de la existencia de dos generaciones de tetraedrita, una tetraedrita primaria y otra recristalizada. Esta segunda, con mayor tamaño de grano y con tendencia al idiomorfismo. En Aznalcóllar sólo hemos encontrado cobres grises recristalizados, pero con contornos redondeados y nunca idiomorfos.

Las formas de presentarse estos minerales en el yacimiento son:

- Inclusiones en pirita.
- Rellenando los espacios dejados por la pirita con el resto de los sulfuros.

- Cementando fracturas.
- Masas alotriomorfas aisladas en ganga.
- Películas intergranulares en esfalerita.

Inclusiones en pirita: Esta es una forma muy común de presentarse los cobres grises; como ya hemos indicado para otros minerales, no representan una reliquia, sino que su posición se debe a removilizaciones sufridas durante la recristalización por el recocido producido por los efectos metamórficos. Algunas veces, en estas inclusiones se encuentran asociados a galena.

Rellenando huecos: Su forma más común de presentarse es rellenando los espacios dejados por la pirita al recristalizar (foto 5). En estos casos se asocian a calcopirita, esfalerita, galena, meneghinita, bournonita o estannina. En algunos de estos casos los cobres grises llevan pequeñas inclusiones de plata nativa.

Cementando fracturas: Los sulfuros más duros, más quebradizos y cataclásticos, como son la pirita y la arsenopirita, están a veces cementados por cobres grises.

Masas aisladas: Alotriomorfas, a veces asociadas a calcopiritas presentes en la ganga.

Películas intergranulares: Finas y nunca completas, alrededor de la esfalerita.

Bournonita (S₃SbCuPb)

STRAUSS, en Lousal (1970), cita la bournonita en todos los tipos de menas, pero sobre todo en las menas ricas en plomo.

En Aznalcóllar este mineral no siempre está presente, pero cuando aparece lo hace asociado a galena, cobres grises, meneghinita, términos de menor a mayor proporción de plomo. Según aumenta el contenido en plomo se pasa de tetraedrita a bournonita y a galena.

La bournonita observada es la típica con maclas en parquet.

Las formas de presentarse la bournonita son las siguientes:

Huecos en pirita: La bournonita, mineral muy móvil, durante el metamorfismo emigra a los huecos dejados por la pirita. A veces ocupa masas de tamaño considerable y engloba piritas con textura en caries, así como algunas arsenopiritas idiomorfas.

En estos huecos está muy relacionada con calcopirita, esfalerita, galena, meneghinita y cobres grises, sufriendo procesos mutuos de reemplazamiento.

Rellenando fracturas: Aun siendo un mineral muy móvil, no suele acompañar en las fracturas a la calcopirita y por tanto esta forma de presentarse es poco frecuente, si bien cuando lo hace presenta buenos tamaños.

Aislada en ganga: En escasas ocasiones se han observado masas alotriomorfas de bournonita aisladas en la ganga.

La bournonita es un mineral que presenta problemas en el tratamiento de la mena al introducir en los concentrados de plomo cantidades poco deseables de Sb y Co. Dato muy a tener en cuenta, ya que en Aznalcóllar se encuentra muy a menudo asociada a la galena.

Meneghinita (Pb₁₃Sb₇S₂₄Cu)

El estudio óptico de este mineral en Aznalcóllar fue completado posteriormente con análisis con microsonda electrónica.

Las formas de presentarse son:

Huecos de pirita: Relacionada con la calcopirita, galena, esfalerita o bournonita, no ocupa grandes huecos. Esta es la forma más frecuente (foto 5). Rara vez lleva inclusiones de plata.

Cementando fracturas: En la pirita. Muy escasa. En Aznalcóllar, de todas las sulfosales de plomo es la más abundante.

Estannina

Fue observada en Algarés do Portel (Portugal) por DA CRUZ GASPAREL (1967). En Aznalcóllar es muy escasa y con una distribución muy heterogénea.

Se presenta formando bordes de reacción entre la esfalerita y la tetraedrita (foto 24) o en masas rellenando huecos y reemplazando a la calcopirita, esfalerita y a los minerales de plomo.

Gudmundita (SFeSb)

En el yacimiento de Aznalcóllar se ha observado gudmundita, mineral de alta reflectividad con un

pleocroísmo de tonos rosa y anisotropía de naranjas y verdes. Los datos han sido corroborados por microsonda electrónica.

Se presenta en huecos de pirita o dentro de la ganga y nunca pasa de la categoría de mineral accesorio.

Plata nativa

En el yacimiento de Aznalcóllar se han observado diminutos granos de plata. Suele presentarse en forma de pequeñas inclusiones en galena (foto 20). Su porcentaje es muy pequeño.

Aparece en los huecos dejados por la pirita, unas veces en calcopirita, en contacto con galena, o en galena en contacto con meneghinita, o con cobres grises. Es muy escasa y sólo su alta reflectividad hace que sea visible, aunque su tamaño sea mínimo.

Bismuto nativo

Se presenta en muy escasa proporción, quizá es el mineral que se encuentra en menor cuantía; se observa incluido en galena, así como en calcopirita con reliquias de galena, y no va acompañada de bismutina.

Nagyagita [S₅Pb₅Au (Te, Sb)]

Según RAMDOHR (1980), la fórmula de este mineral ha sido recientemente establecida y no corresponde exactamente a un sulfuro.

La nagyagita está presente en el yacimiento de Aznalcóllar en escasa proporción. Se presenta, al igual que la mayoría de los minerales, ocupando huecos en la pirita, asociado a galena, y no presenta el típico borde de altaita.

Es muy frecuente la presencia de maclas polisintéticas.

El estudio al microscopio fue posteriormente complementado mediante análisis con microsonda electrónica.

La paragénesis de la nagyagita no es propia de este tipo de yacimientos, pero aquí es tan mínima su proporción que probablemente no indique genéticamente nada.

Marcasita (S₂Fe)

En la mineralización de Aznalcóllar se reconocen los tipos siguientes de marcasita:

- *Marcasita*, como producto de descomposición de *pirrotina*.
- *Marcasita singenética con pirita*, recristalizada con ella y con bordes mutuos.
- *Marcasita plumosa*, se presenta asociada a los minerales de la ganga y es muy frecuente.

En Aznalcóllar no se ha encontrado marcasita coloforme, descrita por STRAUSS (op. cit.) en Lousal, ni tampoco marcasita en masas policristalinas con contornos redondeados o dentados, cortante sobre el bandeado, como la describe AYE (1974) para los yacimientos del valle del Odiel.

La marcasita es frecuente dentro del yacimiento, sin pasar de los límites de un mineral accesorio (foto 23).

Rutilo (TiO₂)

El rutilo es un mineral muy frecuente en el yacimiento de Aznalcóllar, hecho lógico, ya que siempre hay titanio tanto en las rocas sedimentarias como en las ígneas y no se lexivía.

Se presenta en dos formas diferentes: como típicas *agujas* y como *granos redondeados*. Pero tanto en un caso como en otro, se encuentran distribuidos de forma regular por todo el yacimiento. Su proporción nunca va más allá de mineral accesorio.

Es muy frecuente la presencia de maclas laminares, muy bien desarrolladas, casi siempre presentes y muy a menudo en varias direcciones.

Ilmenita (TiO₃Fe)

En Aznalcóllar se han observado granos de ilmenita, normalmente dispuestos en la ganga, con formas más o menos alotriomorfas y muy dispersas. Siempre aparece como mineral accesorio.

A veces presentan un reemplazamiento por goetita que unas veces es incipiente y otras casi total.

3. SUCESION MINERAL

No existe una exposición detallada de orden en que los minerales metálicos se han depositado en los yacimientos singenéticos de sulfuros masivos, ni un estudio profundo de estos mismos. En los diferentes trabajos hemos recogido las siguientes referencias a la manera en que se depositan los minerales en estos yacimientos.

En 1910, FINLAYSSON (op. cit.) habla de la calcopirita como mineral siempre posterior a la pirita. Por otra parte, la esfalerita sí está presente, envuelve a los granos de pirita y calcopirita, por lo que este autor la considera claramente posterior a ambas; la galena, generalmente asociada a la esfalerita, aparece intercrecida o depositada alrededor de ella, por esto establece una secuencia de deposición de los minerales en el orden siguiente: pirita, calcopirita, esfalerita y la galena como último mineral.

BATEMAN, en 1927 (op. cit.), define la calcopirita ligeramente posterior a la pirita, pero contemporánea con esfalerita, tetraedrita, galena y cuarzo, mientras que la arsenopirita es ligeramente anterior y contemporánea de la pirita. Calcoestibina y famatinita son posteriores a la esfalerita.

Para SCHOUTEN (1946) (op. cit.), pirrotina, calcopirita, esfalerita, galena y tetraedrita son más jóvenes que la pirita y las pizarras.

STANTON, en (1964), basándose en el grado de idiomorfismo, en las texturas de exolución y las venillas que cortan, concluye que puesto que la pirita es idiomorfa, es anterior a la calcopirita y a la esfalerita. Las laminillas más o menos abundantes de calcopirita en esfalerita le hacen pensar al autor que son exoluciones, indicándole que estos minerales son contemporáneos, pero el hecho de que sea más abundante la calcopirita en esfalerita que lo contrario, hace pensar a este autor que la calcopirita en muchos casos ha continuado formándose algo después que la esfalerita; la galena se sitúa entre granos de calcopirita y esfalerita, por lo que la considera posterior.

Para NATALE (op. cit.) en estos yacimientos existen relaciones mutuas de inclusión, con lo que no se puede reconocer una secuencia paragenética; las relaciones morfológicas están en relación con un esquema de crecimiento contemporáneo a varias fases minerales.

STRAUSS (op. cit.) observa la íntima asociación

de la pirita con sus minerales acompañantes, sobre todo con la calcopirita. Describe el hecho de que a menudo la pirita está desplazada, partiendo de los bordes y grietas, por la galena, calcopirita y esfalerita, a las que a su vez ataca y corroe. Esta dificultad en determinar con seguridad un orden de sucesión, tanto para estos minerales como para el resto de la mena, le lleva a pensar en una génesis simultánea.

El hecho de que aquí y allá se observen fenómenos metasomáticos, en contra de la opinión de muchos autores, hace pensar a STRAUSS que no existe una sucesión ordenada de la sustitución y que lo mismo ocurre en cuanto al orden cronológico de la cristalización de los diferentes minerales. Este autor piensa que muchos fenómenos que se creían debidos a reemplazamientos metasomáticos pueden explicarse mejor como debidos a la íntima compenetración de unos minerales con otros. El supuesto orden que parece observarse en la cristalización, para STRAUSS se debe a la tendencia diferente de las diversas especies a la idiomorfía.

Para STRAUSS, «todos los minerales, tanto los específicos de la mena, como los que forman la ganga del yacimiento, se han constituido y depositado en estado de gel y han cristalizado durante la diagénesis. Posteriormente, durante el metamorfismo, según las especies, los componentes han cristalizado, se han movilizado o han permanecido invariables».

CONSTANTINOY Y GOVET (1973) diferencia tres estados de formación de pirita. Para este autor la esfalerita es posterior a la calcopirita, y la calcopirita posterior a la pirita, y la marcasita posterior a la pirita.

GOVELT y WHITEHEAD (1974) proponen que el zonado es un fenómeno secundario debido a los potenciales eléctricos de los sulfuros desarrollados en la diagénesis. Para ellos, cobre, plomo y zinc en un principio se distribuían por toda la zona, luego emigraban y se situaban de una manera zonal en función de los potenciales dentro de los sulfuros.

AYE (op. cit.), estudiando el yacimiento del Buitrón, observa dos generaciones de sulfuros. Una fuente alimentaba el medio con granos de pirita y arsenopirita previamente formados; otra fuente nutría de Cu, Pb, Zn, As y Fe, que se asociaban con el azufre dando sulfuros. Este azufre, según

el autor, podía venir de la misma fuente que los metales o de una tercera. La marcasita la considera posterior a los sulfuros primarios, ya que corta capas sucesivas de sulfuros.

Los minerales, después de depositarse, recristalizan en el curso de diferentes fases tectónicas; cada fase tectónica se traduce por una removilización parcial y selectiva de ciertos minerales, la calcopirita esencialmente; después, la pirita y esfalerita. El metamorfismo produce la concentración de cobre. A escala de muestra el desplazamiento isometamórfico de sulfuros es débil; si se produce a mayor escala ya presenta un interés económico.

Para R. LARGE (1977), la zonación de los minerales, de muro a techo, se aproxima al orden de deposición.

Por último, según GUNZERT (1980), la actividad termal engendra una sucesión de minerales característicos, con una fase preliminar rica en sílice, una fase principal de sulfuros y una fase tardía en baritina.

Hasta aquí hemos intentado resumir las diferentes opiniones que los diversos autores tienen sobre la secuencia de formación de los minerales en los yacimientos volcánico sedimentarios.

En el yacimiento de Aznalcóllar se puede proponer que:

1.º La deposición de todos los minerales de la paragénesis fue simultánea, si bien en cantidades muy variables. La pirita lo hizo en proporción mucho mayor que el resto. Calcopirita, esfalerita, galena y sulfosales de plomo se presentan en proporciones más o menos importantes de unas zonas a otras del yacimiento, y el resto de los minerales siempre como accesorios, algunos de ellos muy escasos.

2.º Todos estos minerales se han depositado en estado de gel. Sólo de algunos de estos minerales: pirita, calcopirita, galena, esfalerita, melnicovita y cobres grises se conservan en la actualidad reliquias de texturas primarias que han quedado atrapadas en piritas y esfaleritas recristalizadas. Esto queda ampliamente reflejado en las fotos descritas en páginas anteriores, en las que, sin necesidad de atacar las muestras, pueden verse multitud de reliquias de texturas primarias, tales como piritas framboidales I, en masas de pirita II, es-

falerita II y texturas coloidales de melnicovita, galena y pirita, o esfalerita y pirita.

3.º Posteriormente, por efecto de la diagénesis y del metamorfismo, estos minerales sufren una recristalización y removilización que va a producir efectos diferentes. Así, por ejemplo, pirita y arsenopirita, minerales que presentan energía de formación elevada, se encuentran la mayoría de las veces con formas idiomorfas (foto 1), mientras que el resto de los minerales se ve obligado a ocupar los huecos dejados por la pirita y arsenopirita.

Este hecho indujo al error de algunos autores, que creyeron que las formas idiomorfas de estos minerales se debían no a un proceso de recristalización, sino a que se habían depositado primero.

4.º Es imposible establecer una secuencia de formación, ya que son minerales singenéticos y al microscopio se observan bordes mutuos de reacción entre ellos. Así, pirita y arsenopirita coexisten muchas veces, sin que se pueda definir un criterio de anterioridad o posterioridad entre ambos minerales, mientras que el resto de ellos se reemplaza entre sí, hecho observado continuamente al microscopio.

5.º En cuanto a la mayor concentración de calcopirita en las zonas de fractura, y en las que siempre está asociada al cuarzo, pensamos que la calcopirita, por ser el sulfuro más móvil, va a ser el primero en emigrar hacia espacios más abiertos. Unas veces va sola y otras lleva consigo parte de los minerales de la paragénesis, entre otros, pirita, galena, cobres grises, esfalerita y bournonita.

Se debe señalar que estas movilizaciones tienen siempre lugar dentro del yacimiento, sin salirse nunca de los límites del mismo. Este hecho es muy típico de las mineralizaciones de cobre, que suelen asociarse a zonas de fractura. Hecho que no tiene otra explicación que su gran movilidad.

4. MINERALOGIA DE LA GANGA

Los minerales no metálicos están pobremente desarrollados y sirven como matriz para los sulfuros y se reducen a cuarzo (Q₃ y Q₄), clorita, calcita, siderita y localmente sericita (J. SIERRA, 1984, I).

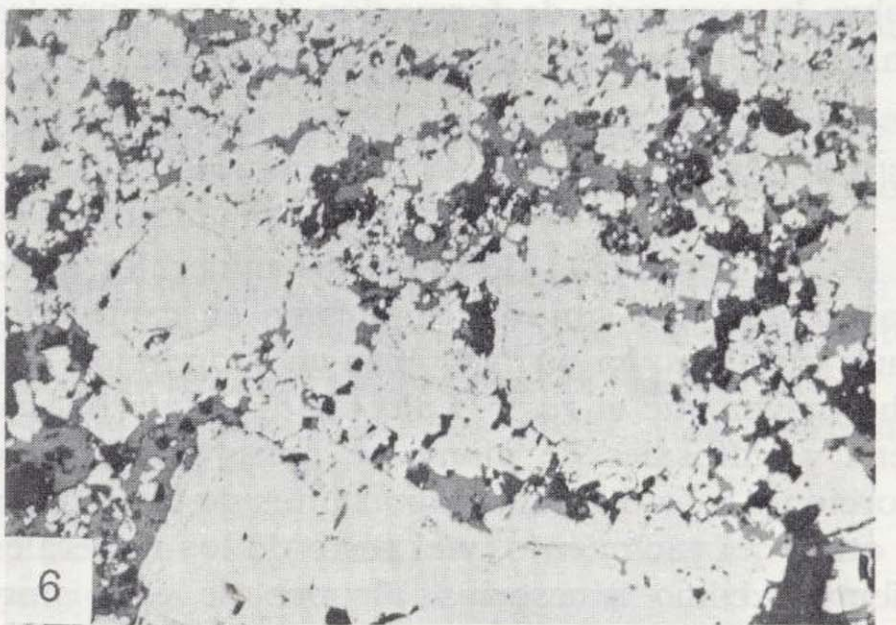
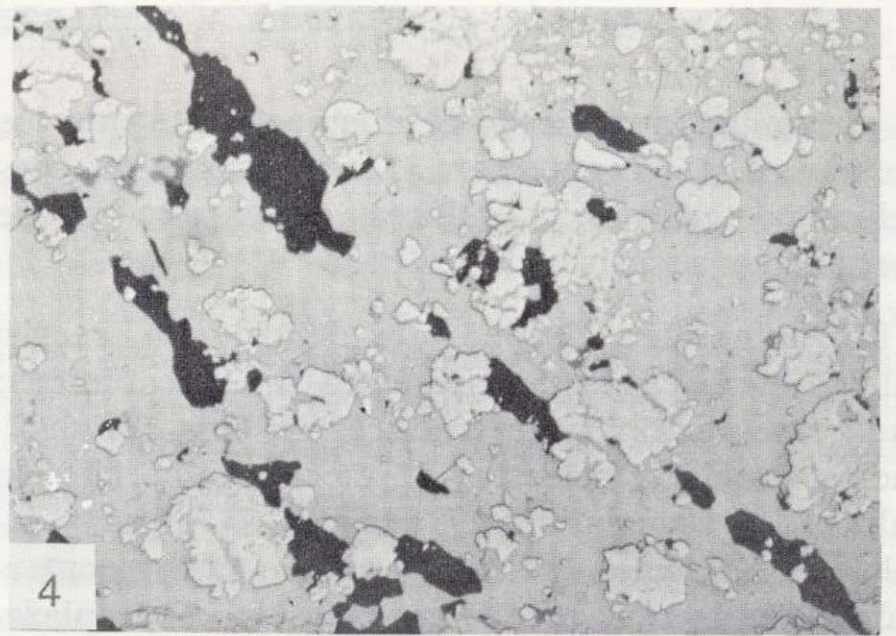
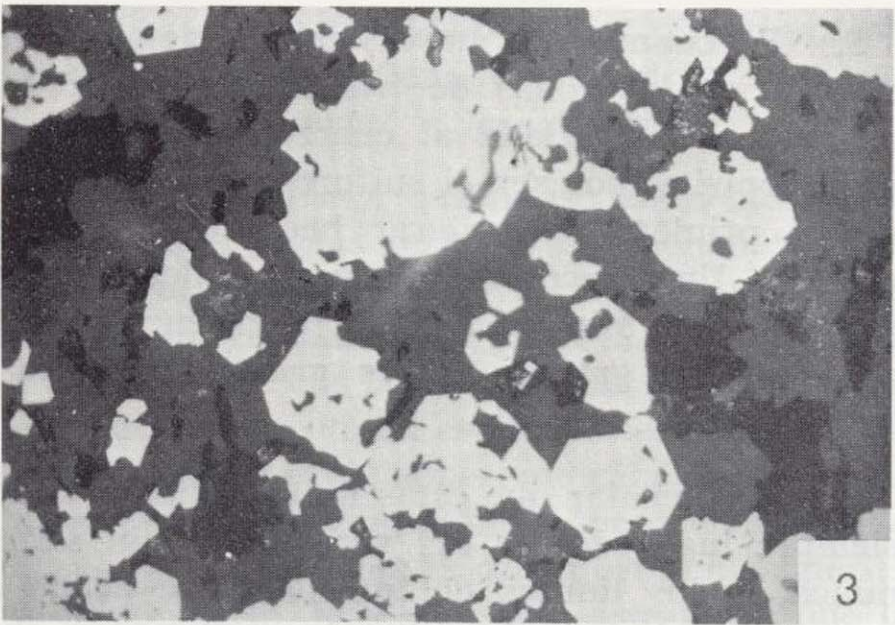
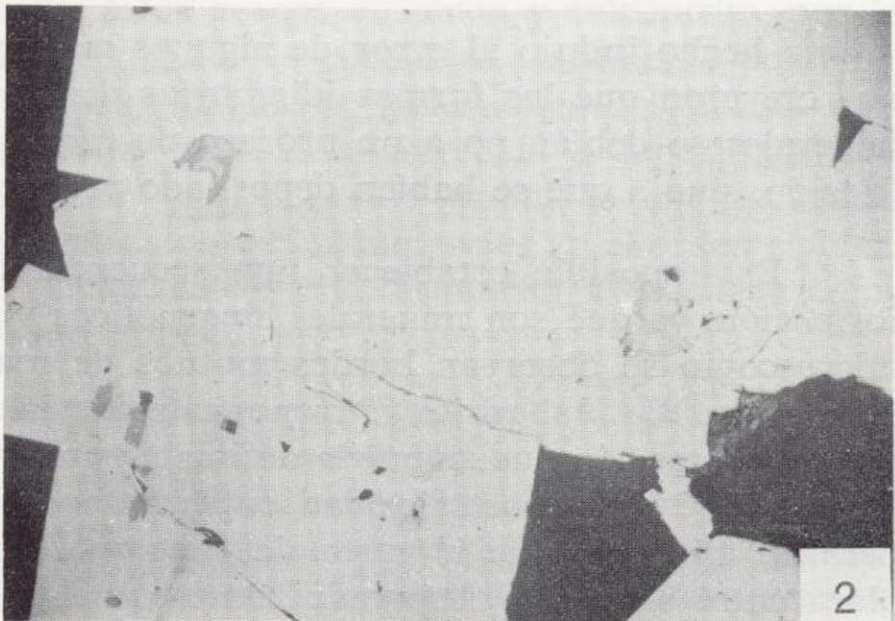
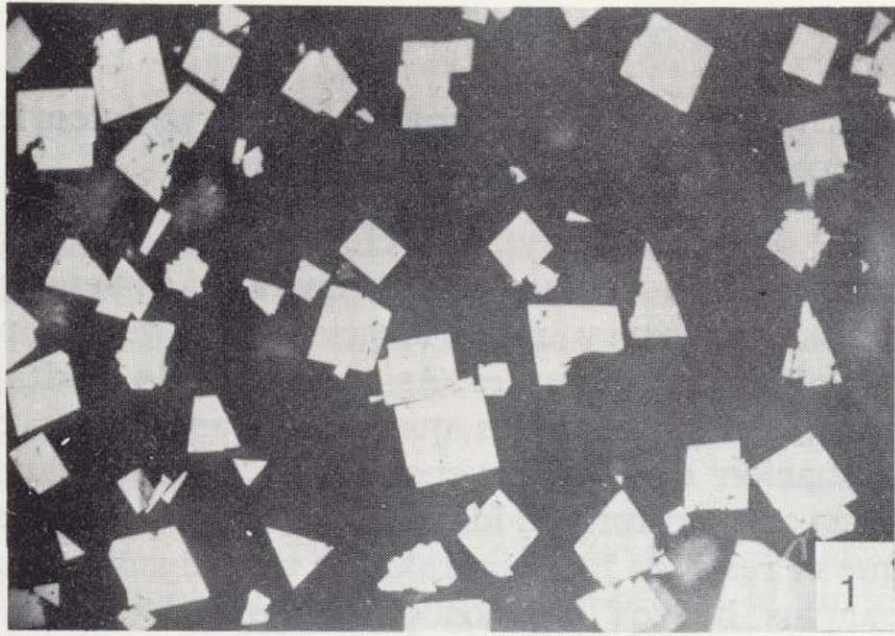


Foto 1.—Sec. pul. LN×200 A.
Idiomorfos de pirita diseminados en la ganga.

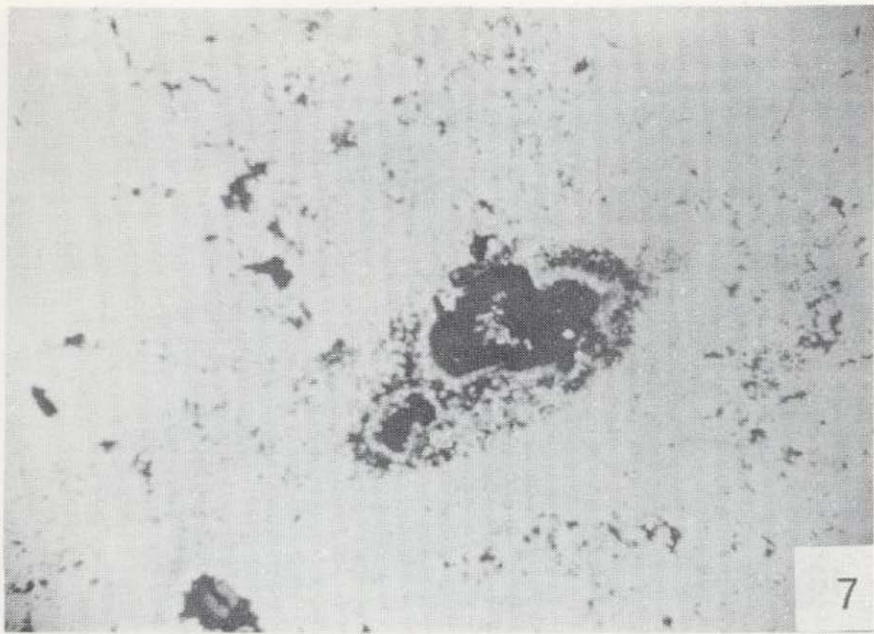
Foto 2.—Sec. pul. LN×200 A.
Al recrystalizar la pirita, los minerales han quedado atrapados en forma de inclusiones, en este caso de calcopirita y pirrotina.

Foto 3.—Sec. pul. LN×200 A.
Obsérvese la textura en «atoll» de la pirita empastada en esfalerita.

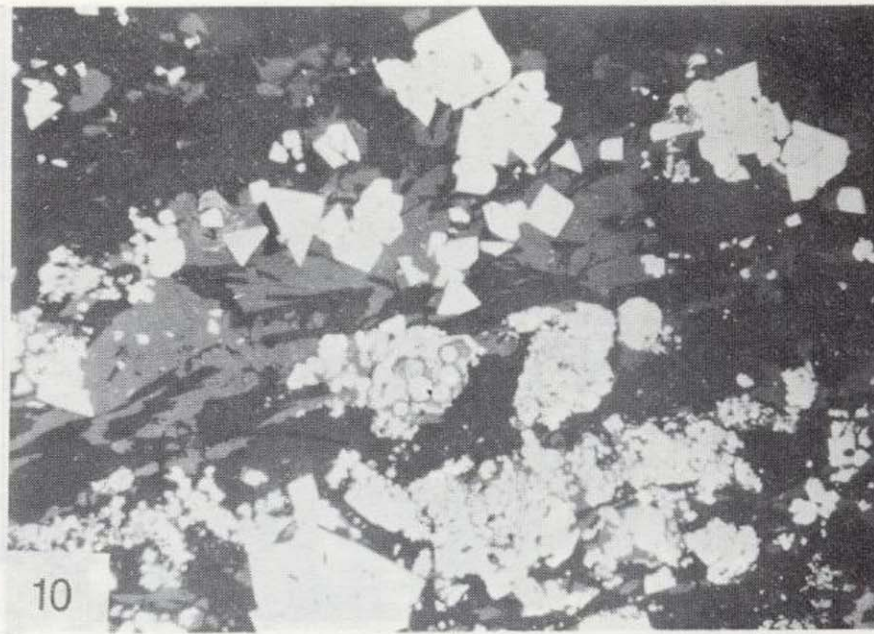
Foto 4.—Sec. pul. LN×200 A.
Obsérvese la textura en «caries» de la pirita empastada en calcopirita.

Foto 5.—Sec. pul. LN×200 A.
Detalle de una textura en mosaico de la pirita. En este caso, los sulfuros de hierro, idiomorfos, de la mitad izquierda de la figura, han recrystalizado a partir de la pirita framboidal, y en sus huecos se han concentrado la calcopirita (amarilla), esfalerita (gris oscuro), cobres grises (gris claro), meneghinita (gris azulado) y galena (blanco grisáceo).

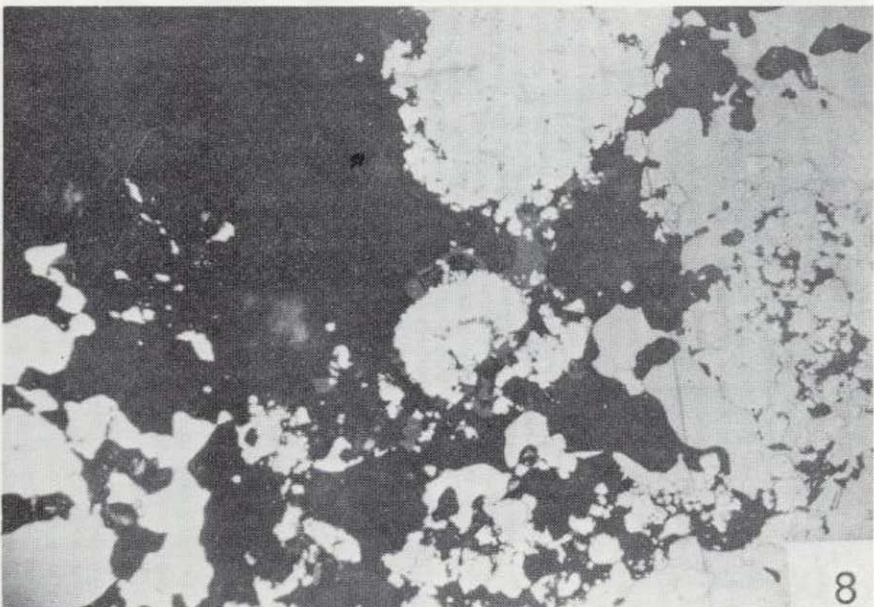
Foto 6.—Sec. pul. LN×200 A.
Pirita zonada con finas películas de galena.



7



10



8



11



9



12

Foto 7.—Sec. pul. LN×200 A.

En pirita masiva texturas coloidales de pirita y materia carbonosa.

Foto 8.—Sec. pul. LN×200 A.

En contacto con la ganga se observa calcopirita y pirita más o menos recrystalizada. Obsérvese en el centro izquierda un gel de pirita y esfalerita I.

Foto 9.—Sec. pul. LB×200 A.

En una masa de esfalerita recrystalizada, se observan unos framboideos de pirita y masas coloidales de pirita y esfalerita.

Foto 10.—Sec. pul. LN×200 A.

Pirita recrystalizada, en la que quedan las reliquias de galena coloidal.

Foto 11.—Sec. pul. LN×200 A.

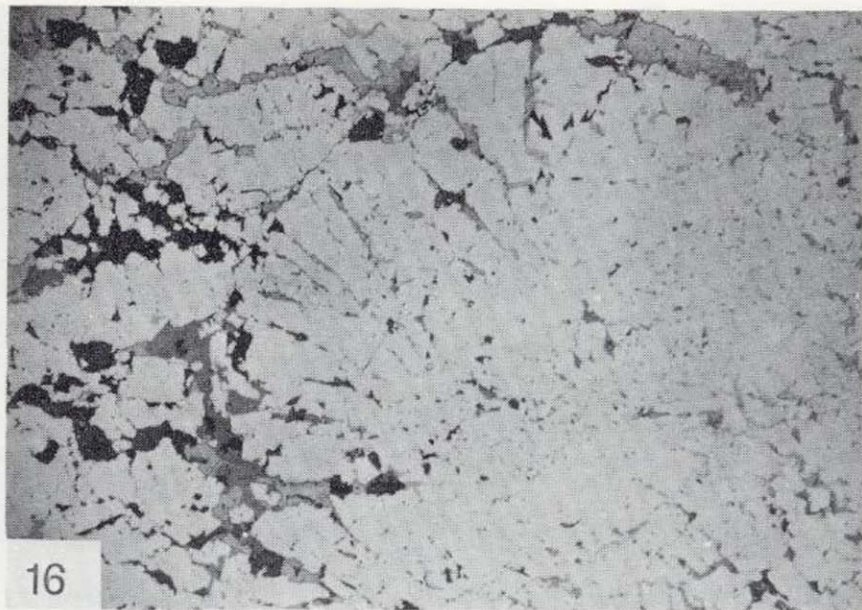
Melnicovita coloidal en ganga.

Foto 12.—Sec. pul. LN×200 A.

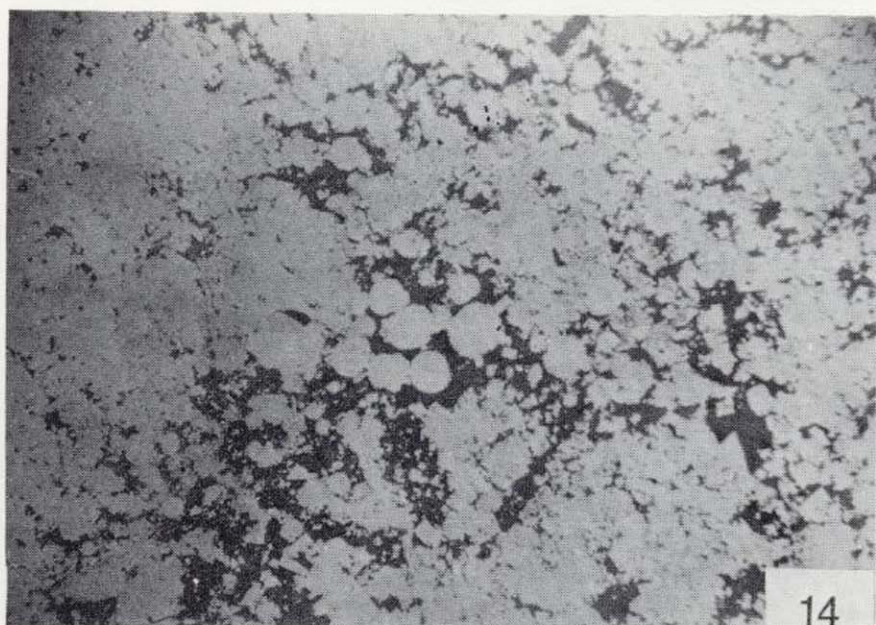
Obsérvese la disposición paralela a la esquistosidad de la pirita y melnicovita.



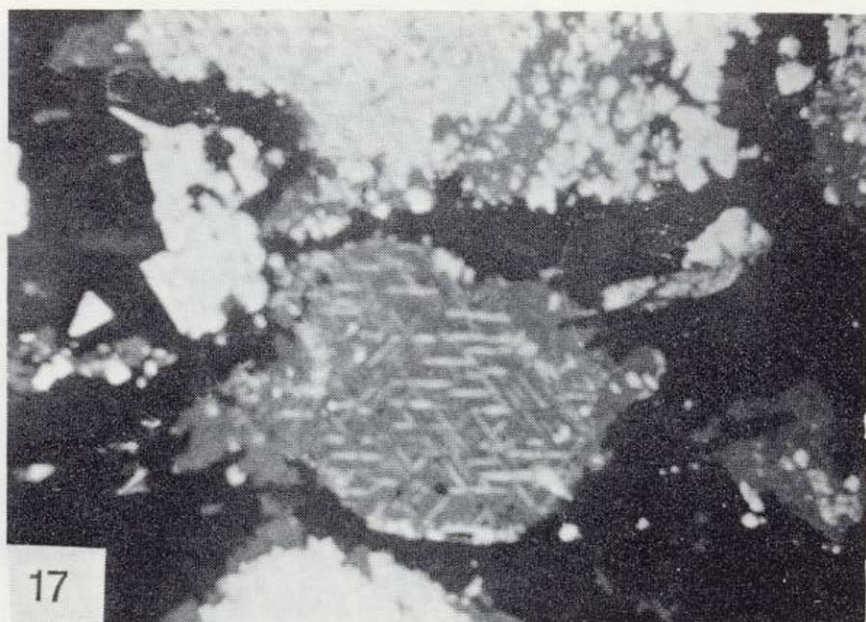
13



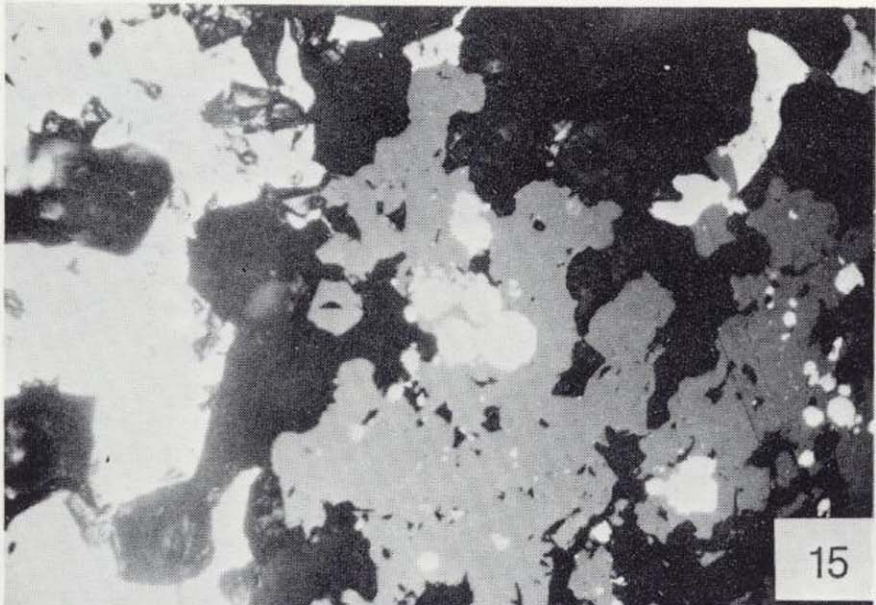
16



14



17



15



18

Foto 13.—Sec. pul. LN×200 A.

Frambuesas e idiomorfos de pirita diseminados por la ganga.

Foto 14.—Sec. pul. LN×200 A.

Zona con pirita poco recrystalizada, se observan algunos framboideos, junto con masas que tienden a recrystalizar y en cuyos huecos está la esfalerita.

Foto 15.—Sec. pul. LN×200 A.

Framboideos de pirita en esfalerita.

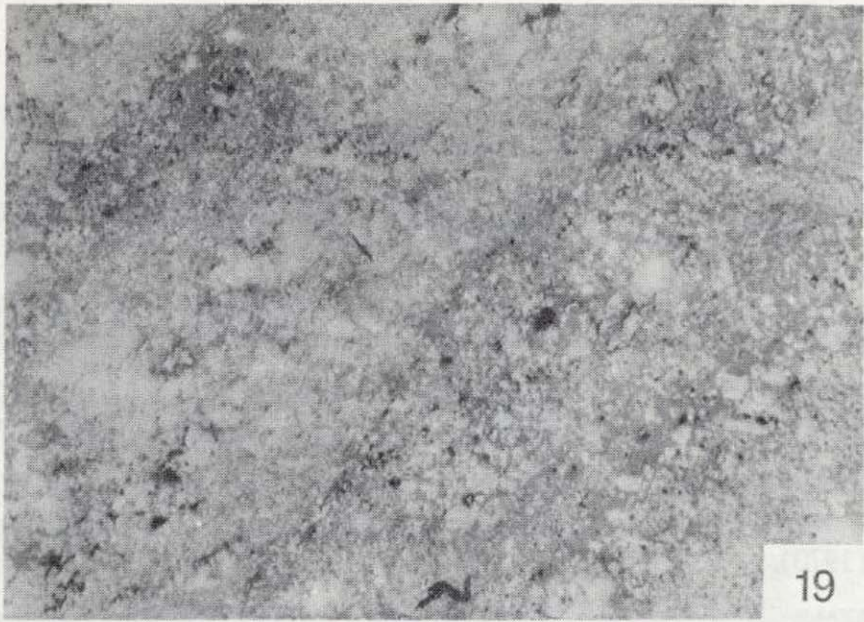
Foto 16.—Sec. pul. LN×200 A.

Pirita masiva en la que se observan restos de un gran nódulo de pirita con finas películas de galena.

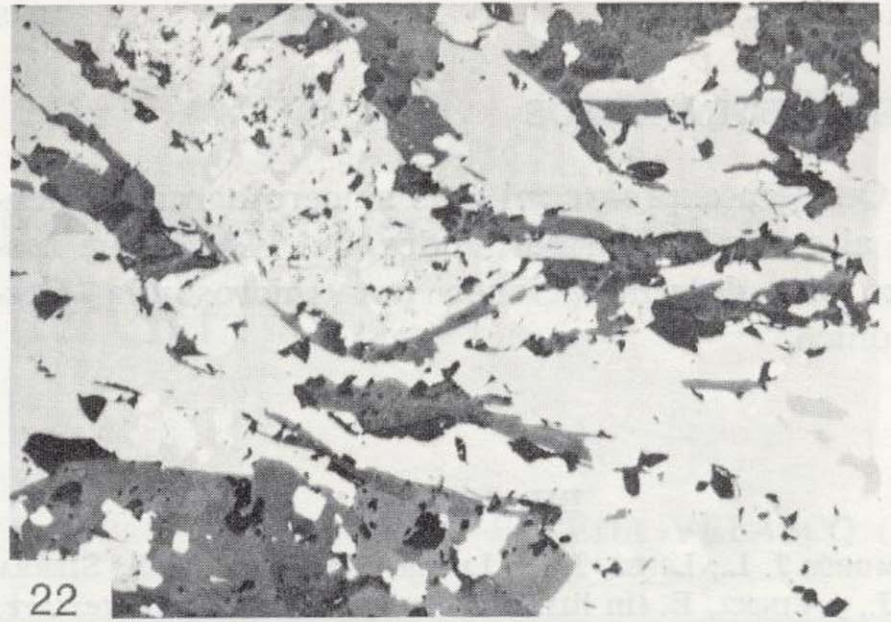
Foto 17.—Sec. pul. LN×200 A.

Excepcionales varillas de calcopirita en esfalerita, normalmente son tan finas que no se pueden fotografiar.

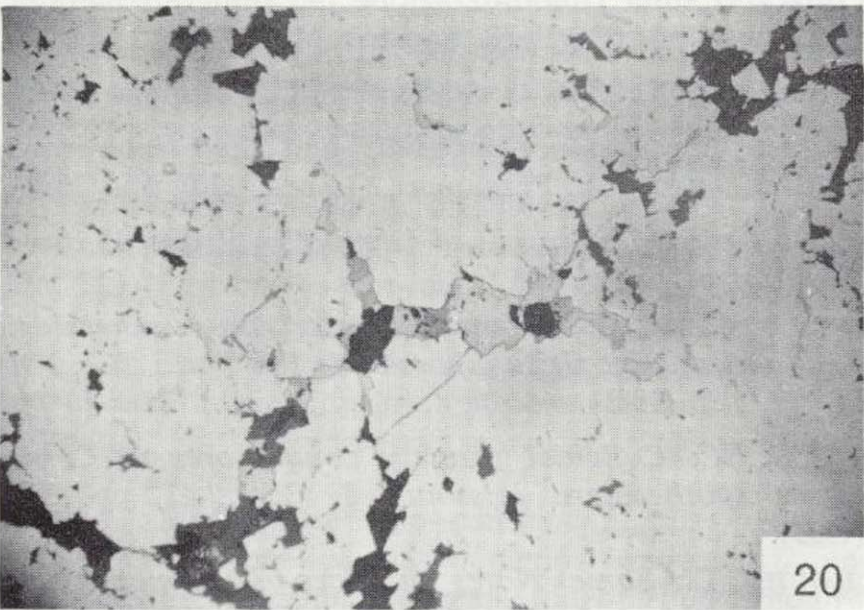
Foto 18.—Detalle de la mena mixta, del Filón Sur, formado por una mezcla de pirita, que constituye la mayor parte del mineral, y esfalerita y galena, especialmente la primera, que dan lugar al bandeo claramente observable en la figura.



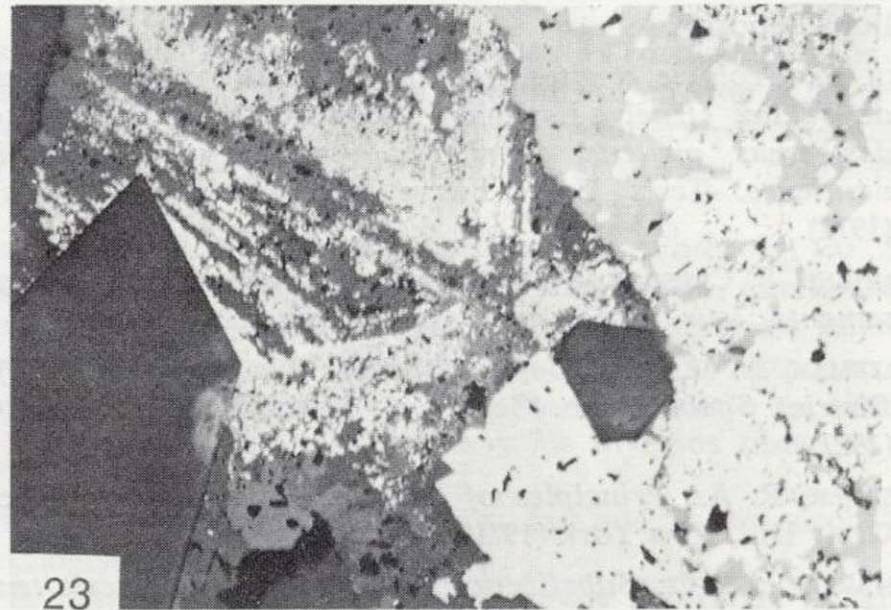
19



22



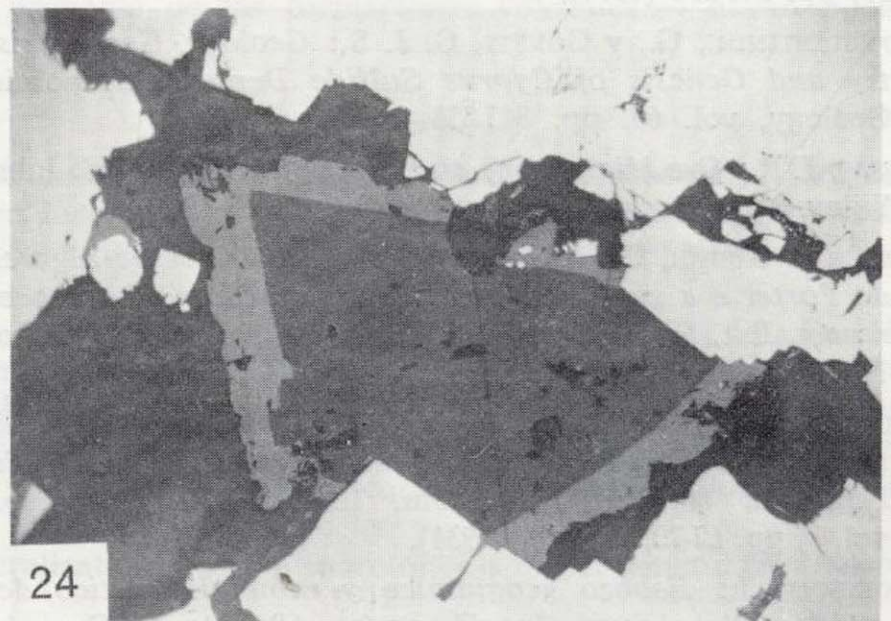
20



23



21



24

Foto 19.—Sec. pul. LN×50 A.

Aspecto de la mena mixta, consistente en una mezcla de pirita, esfalerita y galena. En ella se aprecia claramente el bandeo sedimentario, indicado por los lechos de esfalerita y galena, y una incipiente sedimentación graduada de los clastos de pirita, poco recrystalizados.

Foto 20.—Sec. pul. LN×200 A.

Pirita masiva en cuyos huecos han emigrado calcopirita, galena y esfalerita. Obsérvese en el centro de la foto el mineral de mayor reflectividad, es un grano de plata.

Foto 21.—Sec. pul. LN×200 A.

En una fractura rellena de cuarzo (negro) el mineral de color claro es galena.

Foto 22.—Sec. pul. LN×200 A.

Aspecto del llamado «piroclasto cuprífero», la calcopirita se ha concentrado a partir del cobre del «emborrascado» situado a techo del Filón Silillos. En la figura se aprecian, dentro de la calcopirita, los cristales de pirita y las inclusiones de esfalerita, así como las micas, que junto con los otros minerales silicatados de la roca, marcan los planos de esquistosidad.

Foto 23.—Sec. pul. LN×200 A.

En las zonas cataclásticas del Filón Sur, la pirita y esfalerita brechificadas de la mena mixta (derecha) están cementadas por cuarzo idiomorfo (Q₅), carbonatos y marcasita zonados y bournonita alotriomorfa (placa en el borde inferior de la fotografía).

Foto 24.—Sec. pul. LN×315 A.

Pirita masiva. En un hueco relleno de esfalerita, banda de estannina.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al señor Martín Fernández, del IGME, que realizó las determinaciones por microsonda electrónica.

BIBLIOGRAFIA

- AMORÓS J. L.; LÓPEZ, J. A.; LUNAR, R.; MARTÍNEZ, J.; SIERRA, J., y VINDEL, E. (in litt.): *Chalcopyrite, sphalerite textures in some Spanish syngenetic and epigenetic deposits: Guadarrama mountains, Aznalcollar and la Union, Mineralium Deposita*.
- AYE, F.: *Geologie et gites metalliferes de la moyenne vallee de l'Odiel (Huelva-Espagne). Relations entre la genese des amas piriteux cupriferes, stratiformes devonodaniense*. Tesis Univ. Pierre e Marie Curie (París) (1974).
- BARIAND, P. CRESBON, y F. GEFFROY, J.: *Les mineraux, leurs gisements, leur associations* (cp. 13, pp. 30) (1977).
- BATEMAN, A. M.: *Ore Deposits of the Rio Tinto (Huelva). District Spain*. Econ. Geol., vol. 22, núm. 6, pp. 569-614 (1927).
- BERNER, R. A.: *Principles of chemical sedimentology*, McGraw Hill, New York (1971).
- CHARLAT et LEVI: *Substitutions multiples dans la serie tennantite-tetraedrite*. Bull. Soc. Gr. Mineral. Cristallogr., 97, pp. 241-250 (1974).
- CONSTANTINO, G., y GOVETT, G. J. S.: *Geology, Geochemistry and Genesis of Cyprus Sulfide Deposit*. Economic Geology, vol. 68, pp. 843-858 (1973).
- CRAIG, J. R.: *Ore Microscopy and ore petrography*. Ed. John Wiley, New York (1981).
- DA CRUZ GASPAS, O.: *Micrografia dos sulfuretos de Algarves de Portel e a sua contribuicao para a genese desta oco-rencia*. Est. Notas Trab. do Serviço de Fomento Mineiro, 18, 1-12, pp. 237-249 (1967).
- DOETSCH, J.: *Especies minerales en la zona mineralogenética de los criaderos de piritas en el suroeste de la Península Ibérica*. Not. Com. Inst. Geol. Min. Esp., vol. 5, pp. 67-70, Madrid (1934).
- DOETSCH, J.: *Esbozo geoquímico y mineralogenético del criadero de piritas «Las Herrerías», Puebla de Guzmán (Huelva)*. B. IGME, tomo LXVIII, pp. 225-306, Madrid (1957).
- FARRAND, M.: *Framboidal sulphides precipitated synthetically*. Mineral Deposita, 5, pp. 237-247 (1970).
- FINLAYSON, A. M.: *The Pyritic Deposits of Huelva, Spain*. Econ. Geol., tomo V, pp. 357-437, Londres (1910).
- GOVETT, G. J. S., and WHITEHEAD, R. E. S.: *Origin of metal zoning in stratiform sulfides: a hypothesis*. Econ. Geol., 69, pp. 551-556 (1974).
- GUNZERT, G.: *Le gisement polymetallique de Rammelsberg pres de Goslar*. Chr. Rech. Min., núm. 453, pp. 14-18 (1980).
- LARGE, R. R.: *Chemical Evolution and zonation of massive*

- sulfide Deposits in volcanic Terrain*. Econ. Geol., vol. 72, pp. 549-572, Lancaster, Pa. (1977).
- LOVE, L. G., y AMSTUTZ, G. C.: *Review of microscopic pyrite*. Fortschr. Mineral., 43, pp. 273-309 (1966).
- LOVE, L. G., y AMSTUTZ, G. C.: *Framboidal pyrite in two andesites*. Neves Jh. b. Mineral Mh. 3, pp. 97-108 (1969).
- MASSAAD, M.: *Framboidal Pyrite in Concretions*. Mineral Deposita (Berl.), 9, pp. 87-89. Springer Verlag, 1974 (1974).
- MARSUKUMA, T., et HURIKOSHI, E.: *Volcanism and Ore genesis*, T. Tatsumi, Tokyo, 1970, pp. 153-179, I Volume (1970).
- NATALE, P.: *Recrystallization and remobilization in some stratiform pyrite*. Remobilization of ores and minerals. Convegno sulla rimobilizzazione dei minerali metallici e non metallici (Cagliari, agosto) (1969).
- PINERO VARA, F.: *Piritas de Huelva*. Ed. Summa (1963).
- RAMDOHR, P.: *The ore minerals and their intergrowths*, 2nd ed., two vol., Pergamon, Oxford, 1207 pp. (1980).
- RICKARD, D. T.: *The origin of framboids*, lithos, 18, pp. 269-293, Amsterdam (1970).
- ROSSO DE LUNA, I.: *Algunas características mineralógicas de la pirita, calcopirita y blenda de Río Tinto*. Bol. IGME, 55, pp. 1-28 (1941).
- RUST, G. W.: *Colloidal primary copper ores at Cornwall mines southeastern Missouri*. J. Geol., 43, pp. 398-426 (1935).
- SCHOUTEN, C.: *Somes Notes on micro-pseudomorphs*. Economic Geology, vol. 41, 1946, pp. 348-382 (1946).
- STANTON, R. L.: *Studies of polished surfaces of Pyrite and some implications*. The Canadian Mineralogist, vol. 6, part. 1, pp. 87-103 (1957).
- STANTON, R. L.: *Mineral Interfaces in Stratiform Ores*. Transactions Institution of Mining Metallurgy, volumen LXXIV, pp. 45-79 (1964-65).
- STILWELL, F. L.: *Observations on the zinc lead lode at Rosebery, Tasmania*. Australasian Inst. Mining Met. Proc., 94, pp. 43-67 (1934).
- STRAUSS, G. K.: *Sobre la geologia de la provincia piritifera del SO de la Península Ibérica y de sus yacimientos, en especial sobre la mina de pirita de Lousal (Portugal)*. Memoria del IGME, tomo 77 (1970).
- TRUDINGER, P. A.: *Microbes, metals and minerals*. Mineral Sci. Eng., 3, pp. 13-25 (1971).
- UYTEN BOGAARDT, W.: *Tables for microscopic identification of ores minerals*. Pricenton, University Press (1951).
- VALLENTYNE, J. R.: *A chemical Study of pyrite spherules isolated from sediments of Little Round Lake, Ontario*. Biogeochemistry of Sulfur isotopes. Natt. Sci. Found. Symposium, Yale Univ., New Haven, pp. 144-152 (1963).
- VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: *Metalogenia de la mina Concepción (Almonaster la Real, Huelva, España). Su aplicación a la prospección de sulfuros masivos en el SO de la Península Ibérica*. Direccao-General de Minas e Servicios Geológicos, Separata do tomo IX (1978).
- WILLIAMS, D.: *The geology of the Rio Tinto Mines. Spain*. Bull. of the Institution of Mining and Met., núm. 362, pp. 21-35, nov. 1934 (1934).

Las mineralizaciones metálicas y su contexto geológico en el área volcánica neógena del Cabo de Gata (Almería, SE de España)

Por A. PINEDA VELASCO (*)

RESUMEN

El área volcánica del Cabo de Gata, calcoalcalina s. sr. y de edad fundamentalmente Tortoniense, forma parte del volcanismo post-tectónico del orógeno alpino Bético-rifeño. Se la sitúa geológicamente en éste y se establece su sucesión volcánica que, en líneas generales, evoluciona en el tiempo desde términos intermedios (andesitas) a otros más ácidos (dacitas). El Mioceno más superior (Messiniense), con complejos arrecifales, cubre discordantemente las rocas volcánicas.

Las mineralizaciones intravolcánicas (filonianas y chimeneas de brechas) son variadas: Au, Pb-Zn-Ag, Cu, Sb, Ba, Mn (Fe), de las que las dos primeras han sido las más importantes económicamente. Salvo el Mn, que aparece en áreas no alteradas o con alteración propilítica, las demás se suelen encontrar en zonas con alteración intensa (tipo arcillización-silicificación) que, al menos para las dos mineralizaciones más importantes, se localizan en la parte más interna de los aparatos volcánicos. El Mn ocupa una posición concéntrica y externa respecto de alguna de éstas. No se encuentran correspondencias claras entre las distintas mineralizaciones y los diversos tipos de rocas volcánicas.

El Messiniense sólo contiene algunas mineralizaciones sedimentarias de Mn, para las que parece probable una relación genética más o menos indirecta (herencia metalogénica) con el volcanismo.

Se establece una génesis hidrotermal común para las mineralizaciones intravolcánicas y las zonas de alteración intensa. La alteración propilítica parece genéticamente desligada de ella. Se considera posible que, mediante algunos mecanismos, las Zonas Béticas Internas —zócalo probable de las formaciones volcánicas— hayan podido aportar los metales en cuestión.

ABSTRACT

The Cabo de Gata volcanic area, calc-alkaline and Tortonian aged, is included in the Post-tectonic vulcanism of the Alpine Betic-rifain orogen. It is geologically placed inside and its volcanic sequence is established, generally changing in time from intermediate types (andesites) to some more acid ones (dacites). The Upper Miocene (Messinian), with reef complexes, overlies unconformably the volcanic rocks.

There are several intravolcanic mineralizations (vein-type and breccia-pipes): Au, Pb-Zn-Ag, Cu, Sb, Ba, Mn, (Fe). Among them economically, the two first were the most important ones. Only Mn appears in not altered or propylitic-altered zones. All the others are generally located in very-altered areas (argillization-silicification types) that at least for the two most important mineralizations are located in the inner part of the volcanic edifices. Mn is occupying a concentric and more external position with reference to some others. Does not exist correspondance between the different mineralizations and kinds of volcanic rocks.

The Messinian only has some Mn sedimentary mineralizations, with a more or less direct genetic relationship with vulcanism (metalogenic heritage).

The same hydrothermal genesis is established for the intravolcanic mineralizations and the high-alteration zones. The propylitic alteration looks not to be related with them. It might be possible that because of several mechanisms the Internal Betic Zone, which probably is the socle of volcanic formation, had been the metals contributor.

INTRODUCCION: EL VOLCANISMO NEOGENO EN EL AMBITO GEOLOGICO BETICO

El área volcánica del Cabo de Gata se localiza en la parte oriental de las Cordilleras Béticas.

Estas, junto con el Rif norteafricano, forman lo que se ha dado en llamar el Orógeno Bético-rifeño, que es el representante más occidental del conjunto de sistemas montañosos alpinos mediterráneos.

(*) IBERGESA. Juan Ramón Jiménez, 22. Madrid.

Clásicamente, tanto en las Béticas como en el

Rif, se han distinguido unas Zonas Externas y otras Internas (FALLOT, 1948; FONTBOTE, 1970); las primeras se sitúan frente a los antepaíses ibéricos (al N) y africano (al S), muestran una tectónica de cobertera y no presentan metamorfismo alpino; las segundas se localizan más hacia las costas mediterráneas y el «zócalo», aflorante, está plenamente afectado por la deformación tectónica y por dicho metamorfismo. La principal etapa de diastrofismo, o al menos la más conocida, es de edad Mioceno Inferior, pero existen indicios de otra Cretácica Superior-Eocena, edad que precisamente coincide con la principal conocida del metamorfismo alpino.

Actualmente es incuestionable que las Zonas Internas de ambas cordilleras, junto con las unidades de tipo «flysch» (de procedencia paleogeográfica discutida), se unen a través del arco de Gibraltar. La dificultad de explicar esta estructura invocando sólo movimientos de acercamiento entre la placa ibérica y la africana, hizo surgir la idea de que las Zonas Internas representan una microplaca intermedia (la placa de Alborán) que en su traslación hacia el oeste, al encajarse entre aquéllas, formó dicho arco (ANDRIEUX et al., 1971).

Desde el Mioceno Medio-Superior y hasta la actualidad, las Cordilleras Béticas (sobre todo en su parte oriental) están sometidas a una tectónica dominante distensiva, resultado de la cual es la formación de potentes cuencas sedimentarias intramontañosas, continentales o marinas.

El volcanismo neógeno, postorogénico, tanto en las Béticas como en el Rif se localiza sólo en la parte oriental de ambas. En el área española puede subdividirse, desde el punto de vista geológico, en cuatro grupos:

- 1) Calcoalcalino s.s.r. (andesitas y andesitas basálticas, dacitas).
- 2) Calcoalcalino potásico y shoshonítico (dacitas y andesitas potásicas y riolitoides, con frecuentes enclaves metamórficos, granate y cordierita).
- 3) Hiperpotásico (lamproítico).
- 4) Basáltico alcalino.

Para los tres primeros —genéticamente relacionados entre sí— su distribución respecto del Mediterráneo (fig. 1) es progresivamente más alejada y septentrional en el orden citado, y en ese

mismo sentido disminuye la edad global para cada uno de ellos (17-8 M.A. para el primero, 13-7 M.A. para el segundo y 11-6 M.A. para el tercero). Una disposición similar se encuentra en el Rif, si bien aquí no se conoce el volcanismo lamproítico. El volcanismo basáltico alcalino es en el SE de España el menos importante volumétricamente, centrándose en los alrededores de Cartagena; su edad es de 4-2 M.A. y tiene también representación en el Rif (LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA, 1980; BELLON y BROUSSE, 1977).

El origen y significado geodinámico del volcanismo neógeno del SE de España han sido cuestiones ampliamente debatidas últimamente. Un grupo de autores le ha supuesto relacionado con procesos de subducción de edad miocena; así, ARAÑA y VEGAS (1974), y también BELLON (1976), proponen una subducción de la placa africana bajo la ibérica, lo cual no explica la disposición simétrica del volcanismo rifeño respecto del español. LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA (op. cit.) suponen el mar de Alborán como una cuenca marginal activa (LE PICHON et al., 1972), que debió comenzar a abrirse y a generar corteza oceánica en el Oligoceno, para —ya en el Mioceno— subducirla a ambos lados de dicho mar, bajo las cortezas continentales de África y España: Este proceso produciría progresivamente los magmas calcoalcalino s.s.r., calcoalcalino potásico-shoshonítico e hiperpotásico, a medida que la placa subducida fuera alcanzando mayores profundidades; el volcanismo basáltico alcalino lo estiman de origen subcrustal, en relación con la tectónica distensiva presente en el área desde el Mioceno Superior, y desligado genéticamente, por tanto, del proceso subductivo.

Otro grupo de autores no participan de la idea de subducciones en el Mioceno: PUGA (1980) propone el volcanismo generado a partir de fusiones parciales por un manto anormal hidratado en el área del mar de Alborán, habiendo ascendido los magmas a favor de fracturas; el carácter anómalo de dicho manto sería debido a una subducción más antigua, cretácico-eocena. Otras hipótesis han relacionado el volcanismo neógeno, también supuesto ascendente a favor de fracturas, con la energía térmica aportada por el diapirismo del manto en un proceso de oceanización cenozoico del Mediterráneo occidental (VAN BEMMELEN, 1972; LOOMIS, 1975).

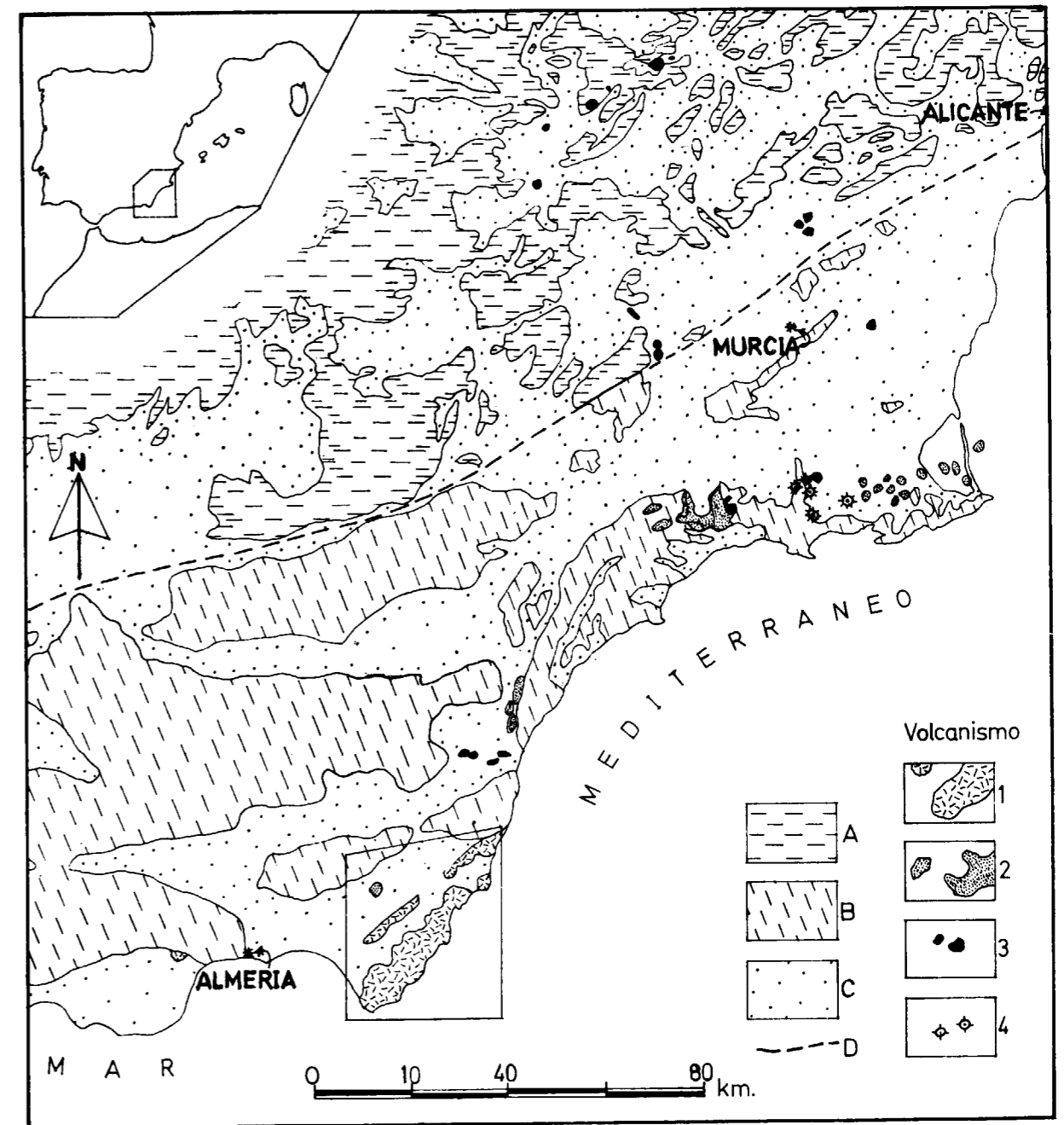


Figura 1.—El área volcánica del Cabo de Gata (recuadrada) en el contexto geológico, y del volcanismo neógeno, del SE de España (Cordilleras Béticas orientales): A: Mesozoico y Terciario preorogénico de las Zonas Externas; B: Paleozoico y Mesozoico de las Zonas Internas; C: Neógeno y Cuaternario postorogénicos; D: Límite entre Zonas Externas e Internas. Volcanismo: calcoalcalino s.s.r. (1), Calcoalcalino potásico y shoshonítico (2), hiperpotásico o lamproítico (3) y basáltico alcalino (4). Basado fundamentalmente en LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA (1980) e IGME (1980).

GEOLOGIA LOCAL Y SUCESIONES VOLCANICAS EN EL AREA DEL CABO DE GATA

El área volcánica neógena del Cabo de Gata se localiza en la parte suroriental de la provincia de Almería, en el sureste español. En ella se encuentra la práctica totalidad de afloramientos del volcanismo calcoalcalino s.s.r. de las Cordilleras Béticas (fig. 1). Las rocas volcánicas afloran entre extensos depósitos sedimentarios más recientes, formando dos modestas cadenas montañosas; la más importante —la Sierra del Cabo de Gata— es costera y alcanza unos 40 Km. de longitud por 7 de anchura (su altitud máxima no supera los 600 m.); al NE desaparece oblicuamente en el Mediterráneo, mientras que en el SO su terminación es brusca y frontal (forma el Cabo de Gata), hecho debido probablemente a una fractura reciente NO-SE que sumerge la crestería volcánica; al N de ella, la Serrata de Níjar es de dimensiones menores (13 Km. de longitud por 1 de anchura) y aparece elevada en forma de horst entre dos fallas de desgarre cuaternarias paralelas (fig. 2). Una decena de kilómetros al N de ésta se halla el afloramiento volcánico de El Hoyazo, que es el representante más meridional del volcanismo calcoalcalino potásico-shoshonítico de las Cordilleras Béticas.

Las formaciones volcánicas aparecen casi siempre bajo sedimentos más recientes discordantes, lo cual impide saber con certeza sobre qué materiales se disponen. En los alrededores de Carboneras, BELLON (op. cit.) cita la presencia de materiales volcánicos tobáceos, afectados por los últimos movimientos orogénicos, que suceden a margas de edad Langhense. Por otra parte, en base a observaciones estructurales en la Serrata de Níjar, PINEDA et al. (1981) las suponen dispuestas directamente encima de materiales béticos interinos. La mayor parte de las formaciones volcánicas de la Serrata de Níjar y Sierra del Cabo de Gata son de edad Tortoniense (dataciones de edad absoluta, K-Ar entre 12,6 y 7,9 M.A.; BELLON, op. cit.); el Messiniense marino se dispone discordantemente sobre ellas. Para las volcanitas de El Hoyazo se ha deducido una edad Messiniense (DABRIO et al., 1981).

Las sucesiones volcánicas establecidas en la Sierra del Cabo de Gata y en la Serrata de Níjar (PINEDA et al., op. cit.) han sido las siguientes (su distribución puede verse en la fig. 2):

1. Conjunto inferior de andesitas anfibólicas, andesitas piroxénicas (y, en menor proporción, tobas dacítico-riolíticas), en facies variadas (masiva, «aglomerática», tobácea, poligénica, etcétera). Los materiales alternan (hecho ya observado por SÁNCHEZ CELA, 1968) y no se puede establecer una sucesión definida, aunque posiblemente (en base a consideraciones de índole estructural en la Serrata) los materiales andesítico anfibólicos pueden ser más basales, o también puede ocurrir que los piroxénicos tengan una distribución más costera.
2. Discordantes sobre probables paleorrelieves tallados en el conjunto anterior, o intrusivas en él, dacitas anfibólicas en facies masiva o, más raramente «aglomerática» (parte de las dacitas masivas de SÁNCHEZ CELA, op. cit.). Este conjunto está claramente individualizado en el área de Las Negras-Fernán Pérez. Más hacia el norte, en el área de Carboneras, se desconoce por el momento —dada la gran similitud petrográfica de los materiales anfibólicos— si esta individualización puede existir o si todas las formaciones presentes corresponden al conjunto volcánico 1. Por ello, en el mapa adjunto (fig. 2) aparece la zona de Carboneras indiferenciada, con una trama distinta de las otras dos.
3. Discordantes sobre el conjunto volcánico 1 (hecho ya observado por FUSTER et al., 1965, en la zona de La Isleta), dacitas rojo-violáceas con una alteración generalizada. Para el autor de este trabajo, son estas mismas dacitas las rocas que en el área de Rodalquilar se presentan más intensamente alteradas. A las dacitas rojo-violáceas, muy biotíticas (3'), del cerro del Garbanzal (al oeste de La Isleta), se las supone contemporáneas con éstas, en base a su similitud petrográfica y a las idénticas relaciones que presentan respecto del conjunto volcánico 1. Tampoco se conocen las relaciones con el conjunto 2; el suponer a éste más antiguo es debido a su mayor similitud petrográfica con el más inferior.
4. Discordantes sobre la facies muy alterada de 3 (LODDER, 1966), dacitas ignimbríticas con tobas e ignimbríticas en la base. Están representadas en el área de Rodalquilar.

Como puede observarse en la figura 2, en determinadas zonas algunos de los conjuntos volcánicos citados muestran una importante altera-

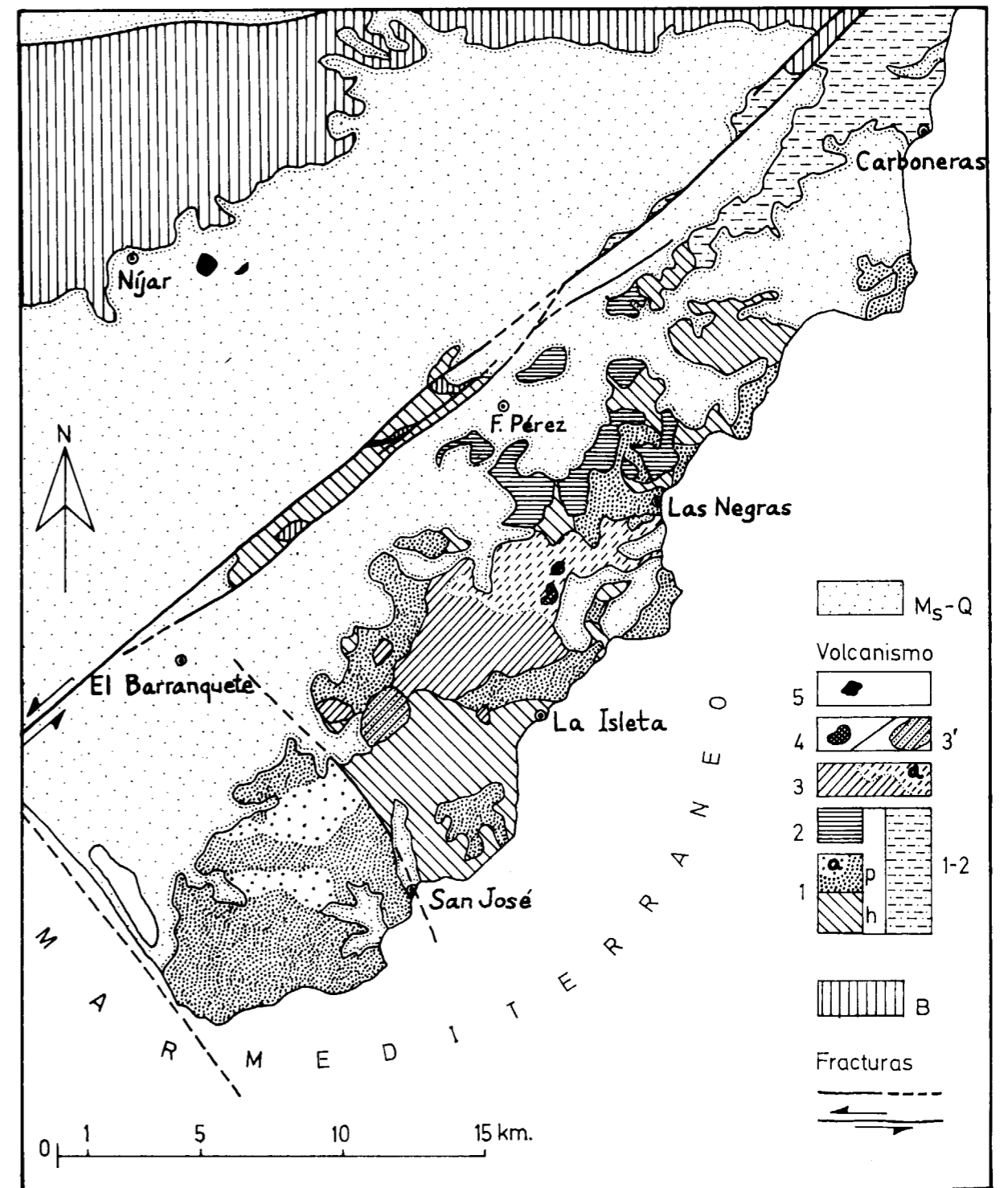


Figura 2.—Mapa geológico esquemático del área del Cabo de Gata. Ms-Q: Messiniense, Plioceno y Cuaternario (post-volcánicos); 5: Dacitas cordierítico-almandínicas; 4: Dacitas ignimbríticas; 3': Dacitas biotíticas rojizas; 3: Dacitas rojo-violáceas (a: facies intensamente alteradas); 2: Conjunto de dacitas anfibólicas; 1: Conjunto andesítico piroxénico (p) o anfibólico (hornbléndico) (h) (a: facies con alteración intensa); 1-2: Los dos conjuntos anteriores indiferenciados; B: Paleozoico y Mesozoico de las Zonas Internas Béticas. (Las facies, intensamente alteradas, son tipo arcillización-silicificación, no habiéndose diferenciado las propilitizadas, generalmente periféricas respecto a éstas).

ción hipógena que por su estrecha relación con las mineralizaciones se describirá junto con éstas.

Las dataciones K-Ar de edad absoluta (BELLON, op. cit.) citadas, según se desprende en parte del listado de localidades de muestras, corresponden exclusivamente a los conjuntos volcánicos 1 y 2 definidos, hecho lógico si se tiene en cuenta que los 3 y 4 muestran siempre una alteración más o menos intensa. Por lo mismo, los análisis químicos manejados por LÓPEZ RUIZ y RODRÍGUEZ BADIOLA (op. cit.) cabe suponerlos referidos a los dos conjuntos inferiores; de este modo se plantea la duda de si los dos conjuntos superiores (3— con 3'— y 4) no serán representantes ya del volcanismo tipo calcoalcalino potásico-shoshonítico que, más hacia el norte y decreciente en edad, continuaría en El Hoyazo (sin alteración). Aunque un cierto grado de similitud petrográfica no falta, se considera esta cuestión fuera de los objetivos de este trabajo y, en principio, se da por estrictamente calcoalcalina s.s.r. la totalidad de las formaciones volcánicas de la Serrata de Níjar y Sierra del Cabo de Gata.

Desde el punto de vista del reconocimiento petrográfico en el campo, los diversos materiales muestran algunas características típicas. Las andesitas y dacitas anfibólicas (conjuntos 1 y 2) son de tonos claros y muestran grandes (centimétricos a veces) fenocristales negros de hornblenda, estando (o no) el cuarzo en la pasta. Las andesitas piroxénicas (también conocidas como andesitas basálticas y fenobasaltos en la literatura de la zona) son rocas gris a negras, más microporfídicas (fenocristales verdosos o negros de piroxeno). Por último, en las dacitas rojo-violáceas del conjunto 3 son muy característicos los grandes fenocristales (de hasta 0,5 cm. de tamaño) de cuarzo. Para más detalles petrográficos pueden consultarse los trabajos citados y, además, los de COELLO y CASTAÑÓN (1969), LEÓN (1967), PÁEZ CARRIÓN y SÁNCHEZ SORIA (1965).

En cuanto al ambiente de deposición de las formaciones volcánicas, en principio no se conocen en ellas facies típicamente submarinas, tal como pillow-lavas, etc.; sin embargo, el conjunto volcánico inferior sí muestra, en diversos puntos, intercalaciones sedimentarias marinas (siempre de potencia inferior a la decena de metros, calcareónicas o margosas, muy fosilíferas) que, dicho sea de paso, sirvieron desde un principio para

intentar datar el volcánico (SAAVEDRA, 1966; PERCONIG, 1969). Para los conjuntos volcánicos posteriores (2, 3 y 4), rasgos a destacar con su carácter discordante (a veces sobre paleorreliques) sobre el conjunto volcánico 1 o entre ellos, así como la presencia de materiales ignimbríticos, más bien típicos de ambiente subaéreo. En opinión del autor de este trabajo, y en tanto no se realicen nuevas observaciones sobre el tema, puede suponerse que las primeras emisiones han acaecido en ambiente submarino o de aguas someras; después, la rápida acumulación de material volcánico crearía pronto edificios insulares y las erupciones serían ya básicamente subaéreas.

Al iniciarse el Messiniense cesan las erupciones volcánicas y tiene lugar un ascenso del nivel del mar. Las partes entonces sumergidas, más altas de los paleorreliques volcánicos, son colonizadas por corales que crean importantes arrecifes; en los taludes se acumulan materiales calcareníticos y en los centros de cuencas (partes más deprimidas, entre relieves volcánicos) calcilitíticos, provenientes ambos de la erosión —simultánea a su desarrollo— de las formaciones arrecifales. Más tarde, un brusco descenso del nivel del mar inicia la crisis de salinidad del Mediterráneo (que algunos autores suponen debida al cierre del Estrecho de Gibraltar) y se depositan evaporitas (yesos) sobre las calcilititas de facies centro de cuenca. Al comenzar el Plioceno acaece una nueva transgresión para, al finalizar este período, nuevamente retirarse al mar y configurarse ya en el Cuaternario las costas actuales (GINER, in PINEDA et al., op. cit.).

La fracturación actual o subactual es importante en la zona. Hay, básicamente, dos grupos de fracturas: Unas, de dirección NO-SE, y otras, NE-SO (fig. 2).

Las primeras se marcan muy mal sobre el terreno y, como se verá, son, en gran parte, deducidas. Una de ellas uniría, aproximadamente, las localidades de San José y El Barranquete (fractura de San José), y otra sería paralela al trazado de la costa occidental desde el Cabo de Gata (fractura del Cabo de Gata). Posiblemente existe una tercera a la altura de Fernán Pérez-Las Negras. Los principales rasgos detectables de estas fracturas son de índole morfológica: La cordillera volcánica, con sus edificios arrecifales messinienses, se eleva escalonadamente en dirección SO; el

bloque más elevado sería el situado entre las fracturas de San José y del Cabo de Gata, ya que sobre él no se conservan restos de Messiniense y es el que muestra un relieve más abrupto. La fractura del Cabo de Gata supone, por el contrario, un abatimiento general de la cadena volcánica y su inmersión en el Mediterráneo. La edad de estas fracturas debe ser pliocena, ya que afectan claramente al Messiniense y no, al menos en la misma cuantía, a las diversas series pliocenas.

Las fracturas de dirección NE-SO han funcionado como desgarres sinestrales durante el Cuaternario y parte del Plioceno. En el área, el único representante es el «accidente de Carboneras» (BOUSQUET y MONTENAT, 1974), que al desdoblarse en dos origina la Serrata de Níjar. Esta, flanqueada pues por dos fallas de desgarré paralelas, ha sufrido los efectos compresivos resultantes, llegando a aflorar materiales béticos internos que, para el autor de este trabajo, pueden representar el «zócalo» de las formaciones volcánicas.

LAS MINERALIZACIONES

Antes de comenzar a describir las diversas mineralizaciones presentes en el área del Cabo de Gata, el autor quiere, a modo de marco para este trabajo, esbozar los rasgos metalogénicos de la parte oriental, más próxima, de las Cordilleras Béticas.

Las mineralizaciones preorogénicas se localizan fundamentalmente en las formaciones de las Zonas Internas, sobre todo en las coberteras de edad (más o menos bien establecida) triásica de los Complejos Alpujárride y Nevado-Filábride. En el primero son muy características las de Pb-F sedimentario-diagenéticas ligadas a dolomías (JACQUIN, 1970), abundando siempre en ambos las de Fe (volcano)-sedimentario-epigénicas, también generalmente en rocas carbonatadas (MARTÍN y TORRES-RUIZ, 1982). Un tipo interesante de mineralización aparece con frecuencia en las potentes series paleozoicas, esquistoso-cuarcíticas, oscuras, del Nevado-Filábride: Son cuerpos filonianos subverticales de siderita-(baritina) con sulfuros de Pb-Zn-Cu (As y Ag, y trazas de Au), posteriores a la esquistosidad alpina (¿se trata de mineralizaciones tipo secreción lateral?).

Las mineralizaciones relacionadas con el volcanismo neógeno han sido importantes económicamente en el SE de España, pero sólo las conectadas con el calcoalcalino s.s.r. (que se describen en este trabajo) y calcoalcalino potásico-shoshonítico. Las ligadas a éste consisten, en Mazarrón (Murcia), en cuerpos filonianos y stockworks de cuarzo con blenda, galena, piritita, magnetita y alunita, intravolcánicos en zonas de alteración, citándose también reemplazamientos en calizas miocenas (ESPINOSA et al., 1974). En La Unión (Murcia) hay mineralizaciones intravolcánicas, similares, de Pb-Zn (-Ag) y de Sn-Fe, si bien en este distrito las más importantes se presentan estratiformes («mantos») o en masas en los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride próximos. Estas para varios autores (ESPINOSA et al., 1974; OEN, et al., 1975) están directamente relacionadas con el volcanismo neógeno, mientras que para otros (PAVILLON, 1969; OVEJERO et al., 1976) son preorogénicas, triásicas y probablemente volcanogénicas.

A los volcanismos neógenos lamproítico y basáltico alcalino se les puede considerar carentes de mineralizaciones. Tan sólo se conoce, en relación con el primero, en el área de Jumilla (Murcia), una manifestación de apatito asociado a hematites (especularita) en un pitón subvolcánico.

En el área volcánica neógena (calcoalcalina s.s.r.) del Cabo de Gata, típicamente subaérea desde el punto de vista metalogénico, hay mineralizaciones de sustancias variadas (fig. 3) que han alcanzado diversas cotas de importancia económica. Actualmente todas las explotaciones de metálicos se encuentran inactivas. La extracción de sustancias no metálicas se centra en las bentonitas, siendo los yacimientos de éstas los más importantes de la Península Ibérica.

El conjunto volcánico 1 (andesítico-piroxénico y anfibólico) contiene mineralizaciones de Pb y Zn (con Cu, Au y Ag), las más importantes en un área de intensa alteración de la roca volcánica, entre el Cabo de Gata y la transversal de San José; en la misma zona, y en una facies de alteración menor, el Mn acompaña —o sustituye en parte— la asociación metálica citada. El conjunto volcánico 2 (dacítico anfibólico) sólo presenta algunos indicios de Mn. En la parte norte del área, en los alrededores de Carboneras, se conocen don mineralizaciones distintas (Sb-Ba y piritita-Zn-Pb) en materiales dacito-andesíticos an-

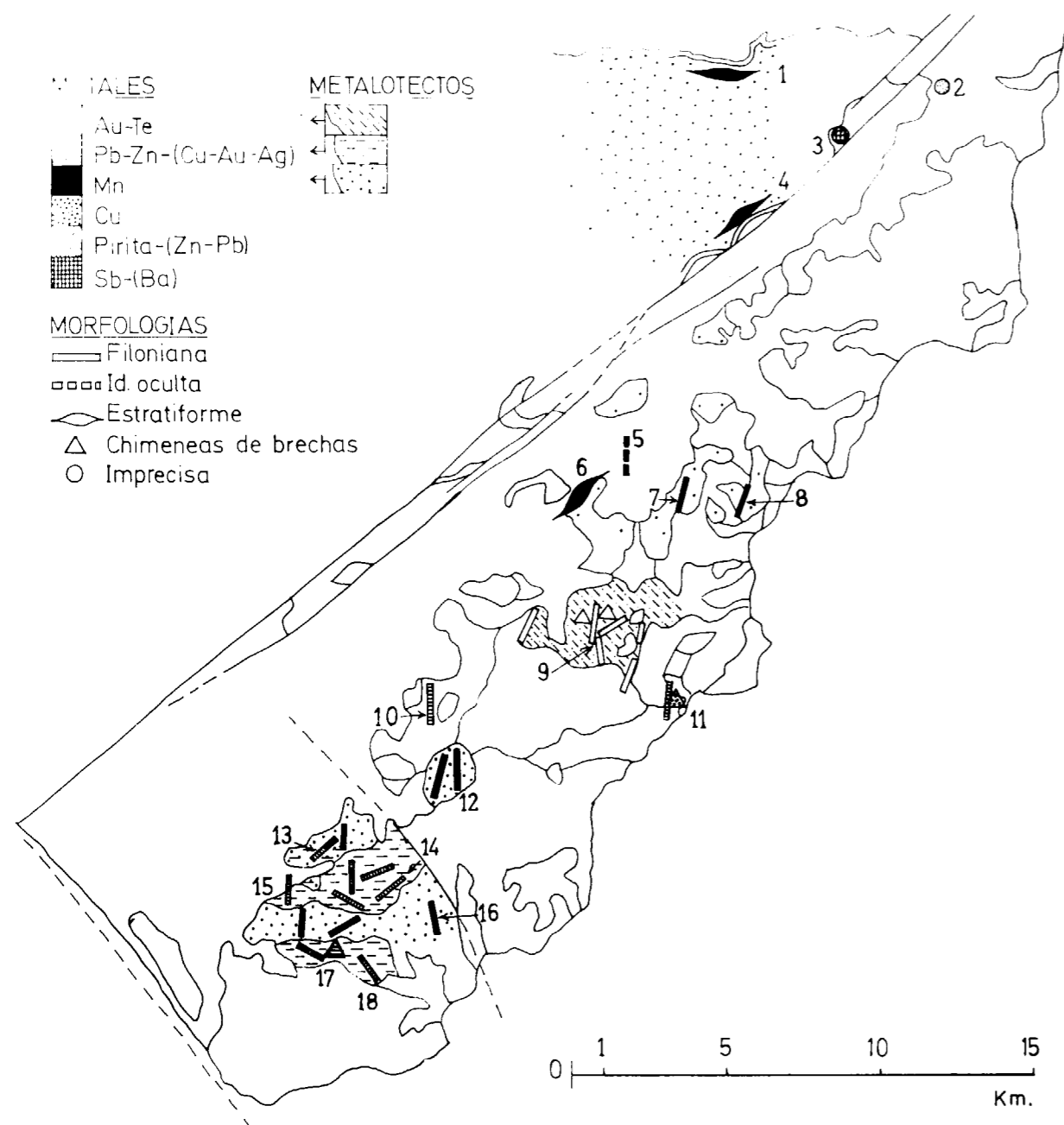


Figura 3.—Mineralizaciones metálicas del área del Cabo de Gata (para identificación de los límites geológicos y situación de las diversas localidades, compárese con la fig. 2). Principales minas e indicios-tipo estudiados: 1, Mina de Gafares; 2, Mina del Palain; 3, Las Minillas de El Argamasón; 4, Indicios de El Caballón; 5, Mina de la Madreselva; 6, Minas de La Tórtola; 7, Indicio del Cerro Maúra; 8, Indicio del Cerro Agüillas; 9, Area minera de Rodalquilar; 10, Mina de La Paniza; 11, Minas del Cerro de los Guardias; 12, Minas del Garbanzal; 13, Mina San Miguel; 14, Mina Santa Bárbara; 15, Minas del Rincón de Martos; 16, Indicios del Barranco de la Mula; 17, Minas Avenencia-Esparteña; 18, Minas de Mónsul.

fibólicos (conjuntos volcánicos 1-2 indiferenciados). Por último, el conjunto volcánico 3 (dacitas rojizas) contiene, en una zona intensamente alterada, los célebres yacimientos de Au (Te) de Rodalquilar, y el 3' (similar tipo rocoso, con biotita, menos alterado) mineralizaciones de Mn (cerro del Garbanzal).

La cobertera sedimentaria messiniense presenta dos tipos de mineralizaciones de Mn (que, probablemente, por vez primera se citan en este trabajo), uno en la misma discordancia con el volcánico (Minas de la Tórtola), y otro en facies centro de cuenca (indicios de Gafares y de «El Caballón») (figuras 3 y 4).

Una referencia antigua (RUBIO, 1924) indicaría la existencia de Pt nativo en ciertos filones intravolcánicos, cosa que el autor de este trabajo no ha podido verificar. En cualquier caso sería bastante extraña la presencia de ese metal en un contexto geológico como el del área.

Las principales sustancias no metálicas extraídas en el área son bentonita, alunita y granates, cuyos yacimientos no se describirán en este trabajo. La primera se encuentra un poco por todo el área, pero muy preferencialmente en materiales piroclásticos finos del conjunto volcánico 1; la alunita está estrechamente asociada a los yacimientos de Au en los alrededores de Rodalquilar; los yacimientos de granates se encuentran en relación con procesos de meteorización y concentración aluvial posterior, que han actuado sobre las dacitas cordierítico-almandínicas del Hoyazo.

A continuación se describen los distintos tipos de mineralizaciones metálicas del área, aproximadamente siguiendo el orden en que han sido presentadas antes; no obstante, excepcionalmente, se describe primero el célebre yacimiento de oro de Rodalquilar por ser el mejor conocido.

Au (Te) en materiales dacíticos alterados en Rodalquilar

Estos yacimientos se localizan aproximadamente en la parte central de la cadena volcánica del Cabo de Gata (figs. 3 y 4), ocupando un área de unos 2 Km² de rocas intensamente alteradas (alteración tipo arcillización-silicificación) a la asociación cuarzo-alunita-pirita-illita-caolinita-clorita (SIERRA y LEAL, 1968; MARTÍN VIVALDI, SIERRA y LEAL, 1971). La asimilación de estas rocas altera-

das a las diversas litologías del área ha sido objeto de controversia; LODDER (1966) las supone un tanto particulares y de carácter ignimbrítico; SÁNCHEZ CELA (1968) cree son sus dacitas anfibólicas masivas (de los conjuntos volcánicos 1 ó 2 definidos anteriormente); para el autor de este trabajo, sin descartar la existencia local de facies tobáceas o ignimbríticas, las rocas alteradas de Rodalquilar corresponden a las dacitas rojo-violáceas del conjunto volcánico 3: En efecto, a pesar de la alteración son distinguibles los grandes fenocristales de cuarzo, uno de los rasgos más típicos. Fuera de la zona minera aurífera, estas dacitas rojo-violáceas muestran una cierta alteración tipo propilítico.

La explotación minera en la zona data de antiguo, siendo en un principio subterránea y finalmente (décadas de los 60-70) a cielo abierto. Las leyes son muy variables, algunas venas de cuarzo han contenido hasta 100 gr. Au/T y otras sólo presentan trazas; a cielo abierto, la ley media obtenida (explotación conjunta de haces de venas paralelas y su encajante inmediato; chimeneas de brechas, etc.) ha oscilado entre 4,5 y 5 gr. Au/T (in LODDER op. cit.).

LODDER describe sólo dos tipos de cuerpos mineralizados: 1) venas de cuarzo, y 2) conductos geódicos tubulares (muy escasos, de diámetro inferior al metro y longitud decamétrica), tapizados de óxidos de hierro, ópalo y material arcilloso, que interpreta como fumarolas fósiles. SIERRA y LEAL (1968), citan por primera vez la presencia de: 3) «pipas brechoides» hidrotermales de forma lenticular (dimensiones 100×40×9, la mayor en profundidad), en las que la brechificación es pre y sin-mineralización; 4) «fajas mineralizadas» (fundamentalmente una silicificación y alteración extrema de la roca encajante (que suelen disponerse adyacentemente a las pipas brechoides y venas de cuarzo; y 5) chimeneas brechoides hidrotermales de desarrollo vertical, diámetro hectométrico y sección, en detalle, lobulada (compuestas de fragmentos angulares centi a decimétricos de encajante con alteración extrema, en una matriz silíceo-ferruginosa). Estos autores ponen también de manifiesto, la presencia —muy característica en el área— de «diques de bolos» (pebble-dykes), de anchura decimétrica, compuestos de fragmentos muy redondeados de roca volcánica, con escasa matriz, posteriores a la alteración y a la mineralización.

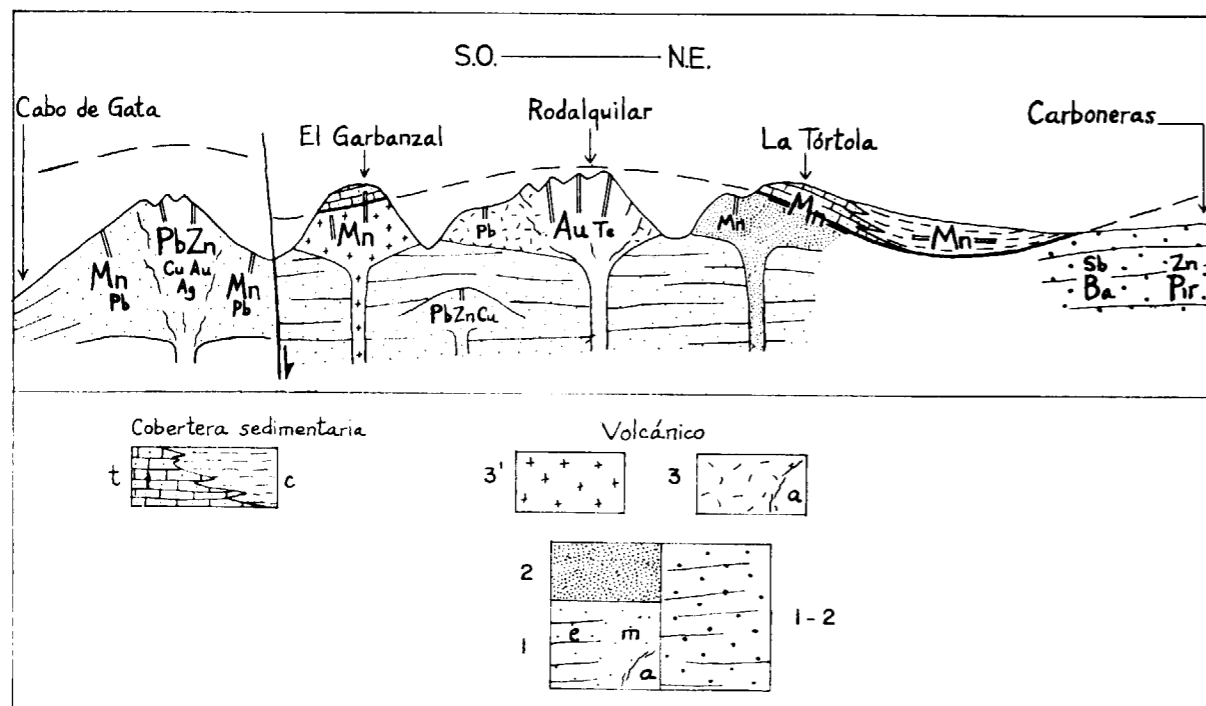


Figura 4.—Corte diagramático longitudinal de la Sierra del Cabo de Gata mostrando la situación de las mineralizaciones (expresadas por los símbolos químicos; pir=pirita) en las diversas litologías encajantes, así como las relaciones de éstas entre sí. Cobertura sedimentaria messiniense: *t*, facies de talud arrecifal; *c*, facies fina de centro de cuenca. Volcánica: 3', dacitas biotíticas rojizas; 3, dacitas rojo-violáceas (*a*, zonas intensamente alteradas); 2, dacitas anfibólicas (hornbléndicas); 1, andesitas piroxénicas y anfibólicas (hornbléndicas) (*e*: facies estratificadas, piroclásticas y de coladas; *m*: facies masivas; *a*: áreas intensamente alteradas); 1-2, los dos anteriores indiferenciados. (Las facies intensamente alteradas son tipo arcillización-silicificación, no habiéndose diferenciado las propilizadas, generalmente periféricas respecto de éstas).

Las venas de cuarzo aurífero son siempre sub-verticales y se disponen según dos sistemas de direcciones principales: 1) N2-15-E, y 2) N40-65E; menos frecuentes son las N45°W y N110°E. Su potencia es, generalmente, decimétrica y el cuarzo de tipo jaspe y colores variados, predominantemente claros (blanco, crema, verdoso) o rojizos; característicamente muestran un bandeado (alterancias de color) cuya disposición es, casi siempre, horizontal o, más raramente, concéntrica (figura 5). Otras, algo más potentes, presentan síntomas de brechificación hidrotermal, con fragmentos más o menos irregulares e irregularmente espaciados del encajante, no redondeados. Por último, algunas «venas» o «filones» son silicificaciones direccionales de potencia hasta métrica, conservando la textura del encajante volcánico original.

Las alteraciones de las rocas encajantes causadas por el emplazamiento de las venas han sido

estudiadas por LODDER y por MARTÍN VIVALDI, SIERRA y LEAL (op. cit.). En síntesis, en la parte más cercana a las vetas hay neoformación de alunita, pirofilita y caolinita; illita-esmectita en la parte media, y clorita en la más alejada. En estas dos últimas aparece una tendencia de la plagioclasa a ser reemplazada por adularia. La amplitud de esta alteración puede alcanzar los 70 m. a cada lado de una vena de potencia métrica.

La paragénesis del yacimiento comprende, característicamente, minerales de metales preciosos (oro nativo, calaverita, telurio nativo, telurita y algo de sulfoarseniuros y minerales de Ag) y sulfuros simples (pirita, calcosina, pirrotina), generalmente de tamaño microscópico, con cuarzo de grano fino (jaspoide), alunita, caolinita, anhidrita, jarosita y algo de baritina; el telurio y los telururos —un rasgo geoquímico muy típico de este yacimiento— se presentan más abundantemente en las «pipas brechoides». En la parte superior

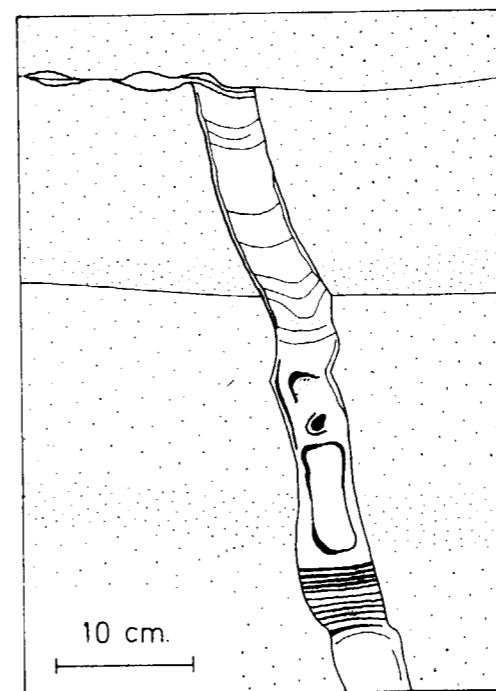


Figura 5.—Esquema del bandeado en una vena de cuarzo jaspoide de la zona aurífera de Rodalquilar.

de oxidación están también presentes, en pequeñas cantidades, limonita, covellina, rodalquilarita—clorotelurito de Fe—, enmonsita, óxidos de Cu y óxidos e hidróxidos de Mn. A la profundidad de 200 m., esta paragénesis aurífera cambia a otra de sulfuros complejos (SIERRA, 1964; SIERRA y LEAL, 1968).

Una prospección geoquímica del yacimiento ha mostrado una estrecha relación genética entre el Au y el Sn (SIERRA et al., 1967). Este último elemento, del que se desconoce su estado mineral, no se moviliza descendente sino ascendentemente, habiendo una mayor concentración en superficie que en las zonas de enriquecimiento secundario (cementación, etc.), lo cual es importante desde el punto de vista de la prospección del Au (éste desaparece antes por lixiviación pero el Sn permanece). Los fondos regionales establecidos en dicho estudio han sido de 53 p.p.m. (nivel de anomalía, 385 p.p.m.) para el Sn, y 1,4 p.p.m. (nivel de anomalía, 7,6 p.p.m.) para el Au.

En cuanto a los aspectos genéticos del yacimiento, LODDER (op. cit.) como se ha dicho, supone el encajante originariamente ignimbrítico y su

alteración debida a una actividad fumarólica (que deposita el oro) causada por la circulación de gases expelidos con las ignimbritas. SIERRA y LEAL (1966, 1968) consideran la alteración como de origen hidrotermal y contemporánea con la mineralización aurífera, emplazada en una zona subvolcánica. El autor del presente trabajo cree también en un origen hidrotermal de la alteración, simultánea a la mineralización, pero acaecida en la parte central de un aparato volcánico tipo domo o similar; la presencia de chimenas de brechas así como las referencias (in LODDER, 1966) que aseguran que los trabajos subterráneos han llegado aproximadamente a la cota del nivel de mar sin salir del mismo encajante, abogan también por una situación exactamente suprayacente del área minera respecto del conducto de emisión. El proceso de alteración-mineralización debe ser muy (relativamente) contemporáneo de la fase de emisión del material volcánico en cuestión ya que, entre otras cosas, el conjunto volcánico 4 (dacitas ignimbríticas, con tobas e ignimbritas basales) se dispone encima de las rocas auríferas con alteración intensa, hecho ya observado por LODDER; este autor también cita la presencia de venas cortadas hacia arriba por dacitas menos alteradas (su «upper part of the Cinto ignimbrite-bearing complex») y de otras que, hacia abajo, no pasan el contacto de las dacitas alteradas encajantes («lower-part of the Cinto ignimbrite-bearing complex») con formaciones volcánicas infrayacentes, anteriores; estos hechos pueden ser otras tantas pruebas sobre el grado de contemporaneidad que existe entre emisión dacítica y alteración (y mineralización en Au).

Es notable la ausencia, en este yacimiento, de concentraciones aluviales económicamente interesantes. Ello puede ser debido a una combinación de dos factores desfavorables: Tamaño microscópico del oro primario y peculiar régimen climático del SE español, que tiende a originar depósitos torrenciales escasamente seleccionados.

Pb-Zn-(Cu-Au-Ag) ± Mn sobre todo del área entre el Cabo de Gata y la transversal de San José

Constituyen, sin duda, los yacimientos de Pb-Zn más importantes económicamente del área. De acuerdo con PÁEZ CARRIÓN y SÁNCHEZ SORIA (1965), y LEAL y SIERRA (1970), se enclavan en materiales andesíticos piroxénicos; estos correspon-

del conjunto volcánico 1 definido en este trabajo y se encuentran abruptamente erosionados.

Dentro de ellos pueden distinguirse tres zonas (figura 6). Una primera (en realidad son dos muy próximas), en posición groseramente central, muestra una intensa alteración (tipo arcillización-silicificación) prácticamente idéntica a la descrita en Polalquilar; al igual que allí, los afloramientos de los característicos tonos amarillentos y rojizos destacan netamente en el paisaje. La segunda zona se dispone concéntrica y externamente respecto de la anterior, mostrando las rocas facies predominantemente masivas y típicos tonos rojizos, y una alteración de tipo propilitico (cloritización y carbonatación de ferromagnesianos, adularización y algo de alunitización de plagioclasas, y alguna silicificación; PÁEZ CARRIÓN y SÁNCHEZ SORIA op. cit.). La tercera zona está bien expuesta en la parte meridional del área; las rocas volcánicas están no siempre, y en general menos, alteradas, mostrándose como potentes coladas andesíticas intercaladas con niveles tobáceos o de brechas piroclásticas (aglomerados); este conjunto «estratificado» buza centrífuga y, en lo que puede verse, concéntricamente respecto de la zona propilitica anterior. En opinión del autor de este trabajo, la disposición cartográfica y estructural de estas zonas parece indicar que el área representa un edificio volcánico (o dos solapados) tipo estratovolcán profundamente erosionado: Las zonas de intensa alteración (arcillización-silicificación) representarían las partes más profundas y centrales (situadas directamente encima del centro de emisión) del aparato volcánico, mientras que, mediante la zona de propilitización intermedia, las alternancias de coladas y tobas formarían, ya, sus flancos (fig. 4, parte izquierda). Como ya se ha indicado en el apartado de Introducción, la falla de San José parece haber funcionado con abatimiento de su labio norte, con lo cual los flancos nororientales de este aparato volcánico se encontrarían hoy día bajo los materiales dacíticos y andesítico-anfibólicos del norte de la falla.

En este contexto, las mineralizaciones de Pb-Zn-(Cu-Au-Ag) se localizan sobre todo en las zonas de alteración tipo arcillización-silicificación; son sobre todo filonianas, conociéndose un caso de probable chimenea de brechas (breccia-pipe). En la zona de alteración propilitica esas mineralizaciones escasean y el Mn tiende a sustituir, más o menos, a la asociación metálica citada. Las explo-

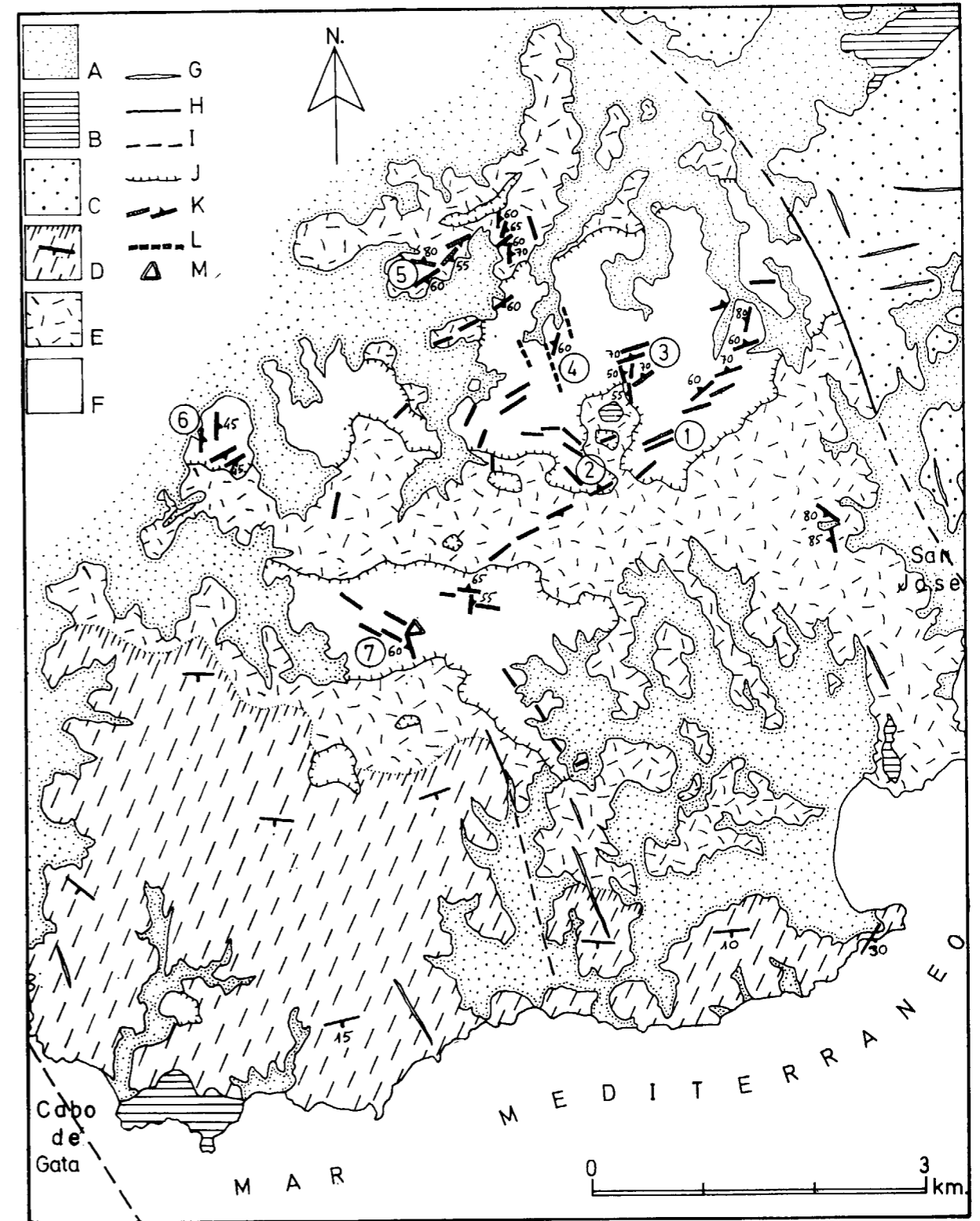
tales, realizadas sobre todo a finales del siglo pasado y principios del actual, se efectuaron mediante pozos, socavones o trincheras superficiales; para los primeros, la mayor profundidad alcanzada fue de 260 m. (Mina Santa Bárbara).

Los cuerpos filonianos se muestran bien individualizados, presentándose como haces paralelos en cada grupo de minas y nunca como stockworks. A escala global de área, las direcciones son diversas y un tanto erráticas en relación con la estructura encajante, destacando tan sólo la alineación de las Minas Santa Bárbara-Avenencia, paralela al alargamiento de la cadena volcánica (fig. 6). Las direcciones filonianas representadas son, por orden de frecuencias, las siguientes: N40-60°E, N10-20°E, N340-350°E y, en rango similar N140-160°E y N100°E. Los buzamientos, a veces bastante tendidos, tampoco denotan ningún rasgo estructural mayor como no sea una cierta tendencia a inclinarse hacia las partes centrales de las zonas de máxima alteración. Las potencias varían de decimétricas a 3-4 m., siendo del orden de 1,5 m. la más frecuente. El desarrollo espacial (profundidad y longitud) de los filones supera por lo general los 300 m. Las leyes son muy variables, habiendo sido estimadas por diversas compañías mineras en (promedio): 5-10 por 100 Pb; 1-5 por 100 Zn; 0,4-1 por 100 Cu; 20-30 gr. Ag/T y 0,5-2 gr. Au/T; Santa Bárbara y San Andrés son las minas más reputadamente argentíferas, y el Rincón de Martos la más aurífera.

Los cuerpos filonianos, característicamente, son

Figura 6.—Mapa geológico de la principal área mineralizada en Pb-Zn-(Cu-Au-Ag)±Mn de la cadena volcánica del Cabo de Gata, entre éste y la transversal de San José. A, Cuaternario; B y C, Materiales dacíticos y andesítico-hornbléndicos; D, Materiales andesítico-piroxénicos escasos o nulos alterados, en potentes coladas, con intercalaciones tobáceas y de brechas piroclásticas (el símbolo indica dirección y buzamiento); E, Andesitas piroxénicas con alteración propilitica; F, Andesitas piroxénicas con alteración intensa tipo arcillización-silicificación; G, Diques volcánicos; H, Fracturas; I, Fracturas probables u ocultas; J, Límite de la alteración intensa; K, Cuerpos filonianos mineralizados indicando buzamiento; L, Id. probables; M, Chimenea de brechas.

Principales minas del área (en magnitud de explotaciones): 1, Santa Bárbara; 2, San Andrés; 3, La Santa Cruz; 4, Grupo Josefina; 5, San Miguel; 6, Rincón de Martos (o Pirrimplín); 7, Avenencia-Esparteña.



compuestos y polifásicos, constituidos por venillas, muchas veces simétricas, paralelas, de cuarzo (fig. 7), baritina y carbonato (tipo ankerita-siderita), éstos minoritarios y frecuentemente ausentes. El cuarzo es de grano fino, calcedónico muchas veces, y bandeado agatiforme paralelo a los hastiales; en la parte central de cada venilla puede haber desarrollo perpendicular y centripeto de cristales, en ocasiones violáceos (amatisita). La baritina muestra su hábito normal espático-hojoso, también creciendo perpendicularmente al hastial. Más raramente, algunos filones se componen de fragmentos centimétricos angulosos de encajante alterado, con escasa o nula matriz silícea y de sulfuros (Minas de Mónsul, fig. 3). Las cloritizaciones (tonos verdes en el encajante) son importantes en muchos filones; a veces, éstos contienen esos fragmentos verdes cementados por el cuarzo calcedónico (brechas hidrotermales) y sólo en una ocasión se ha visto clorita dendriforme en el cuarzo.

Galena, blenda y calcopirita son, por este orden, los sulfuros presentes; son de grano medio, disponiéndose entonces moteadamente en el cuarzo, o fino, formando concentraciones que participan y realzan el bandeado de éste. La galena muestra generalmente una intensa cerusitización; la blenda es siempre de color muy claro, tipo «acaramelado». Se desconoce el estado mineral de la plata, aunque cabe suponerla como inclusiones de sus sulfuros en la galena. El oro, al parecer, se encuentra en estado nativo en el cuarzo. En las áreas de alteración propilítica, esta paragénesis escasea o falta y suelen aparecer los óxidos e hidróxidos de manganeso que se disponen también en forma bandeada en el filón; en raras ocasiones se encuentran los probables minerales primarios —carbonatos y silicatos: rodocrosita y rodonita— de esta mineralización de Mn.

En el área de minas Esparteña-Avenencia aparece una probable chimenea de brechas (breccia-pipe) hidrotermal. En afloramiento no aparece muy bien caracterizada por presentarse en una zona de intensa alteración, pero sus dimensiones en sección podrían ser hectométricas. Las muestras mineralizadas consisten en una brecha de fragmentos centimétricos blanquecinos, angulosos, de andesita muy (o totalmente) silicificada, en una matriz silícea gris con sulfuros; estos, de grano medio, son idénticos en características y proporciones relativas a los descritos en los filones. Del

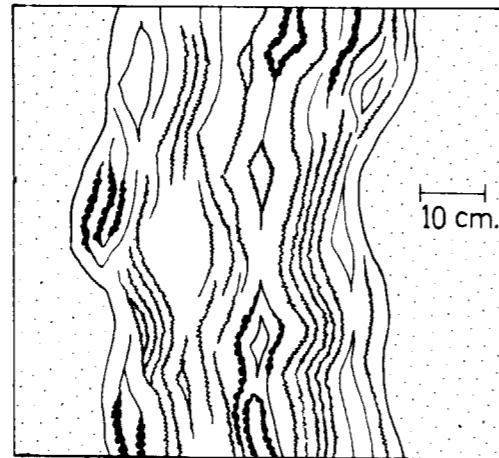


Figura 7.—Esquema de una típica vena de cuarzo generalmente calcedónico (blanco) con sulfuros Pb-Zn (negro), en la roca volcánica alterada (punteado). Las líneas quebradas verticales indican las superficies de desarrollo de los cristales de cuarzo (perpendicular a los hastiales). Indicios al NNE de la Mina Santa Bárbara.

examen de algunas labores mineras se desprende que éstas han seguido direcciones bien definidas, por lo que queda planteado si la mineralización se habrá producido posteriormente, a partir de fisuras, en la probable chimenea brechoide.

Se ha realizado un ensayo de distribución espacial de parte de la paragénesis filoniana del área para ver su distribución respecto de las zonas de alteración (fig. 8), habiéndose obtenido resultados interesantes. La baritina aparece casi exclusivamente en las zonas de alteración intensa tipo arcillización-silicificación, mientras que el Mn lo hace en las zonas de alteración propilítica. La presencia del siempre escaso carbonato tipo ankerita-siderita se verifica sólo en los sistemas filonianos N40-60°E y, menos, N100°E, y es independiente de la zona de alteración. Por último, la aparición de intensas cloritizaciones en el encajante sólo ocurre en el sistema N40-60°E (el más frecuentemente representado en el área), y dentro de la zona de alteración máxima. El cuarzo, omnipresente en todas las estructuras filonianas, y los sulfuros de Pb, Zn y Cu, generalmente antagónicos respecto del Mn, no ha sido necesario representarlos por dichos motivos.

Parece claro el origen hidrotermal de las mi-

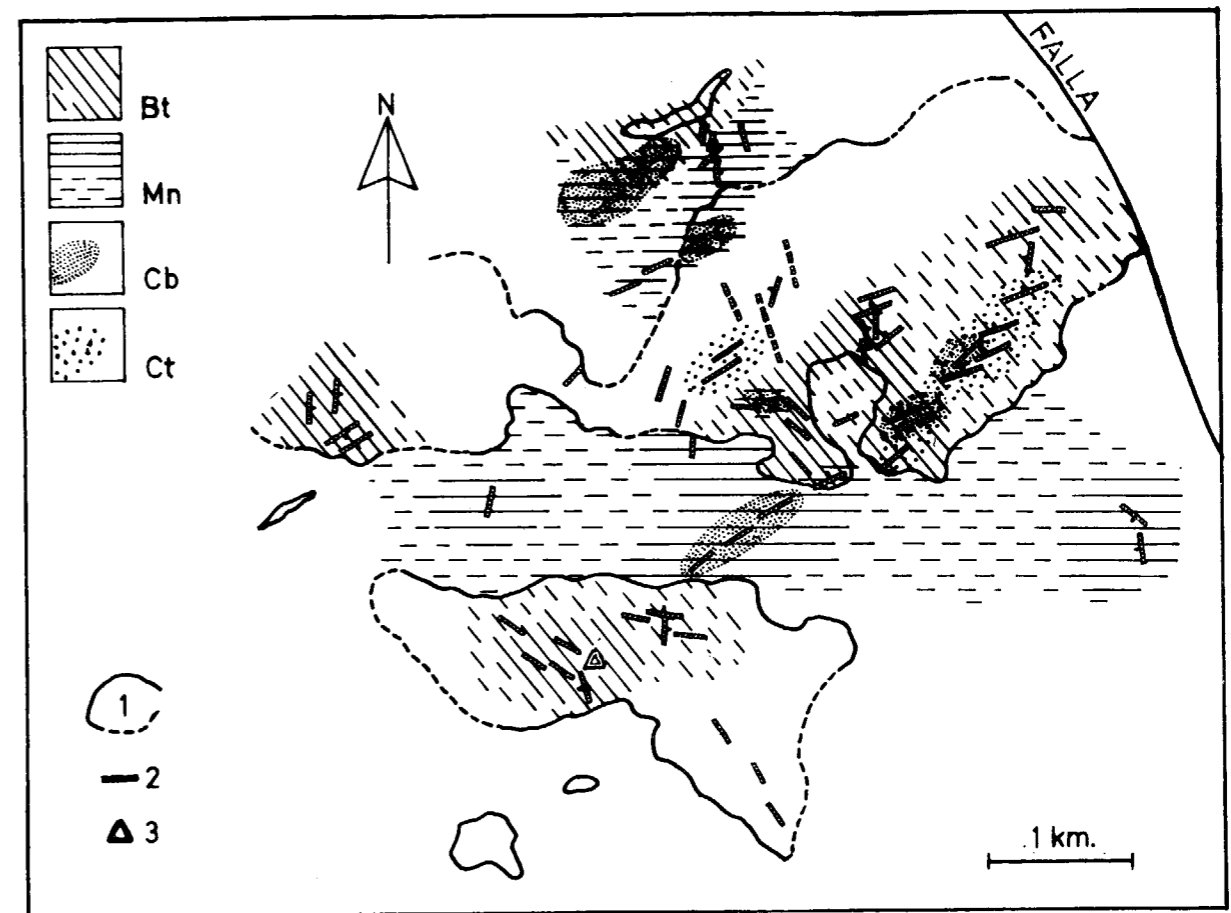


Figura 8.—Ensayo de distribución espacial de parte de la paragénesis filoniana del área minera entre el Cabo de Gata y la transversal de San José (para situación geográfica, compárese con la fig. 6). *Bt*, Baritina; *Mn*, Oxidos e hidróxidos de manganeso (para ambos, el rayado discontinuo indica distribución probable); *Cb*, Carbonato (escaso) tipo ankerita-siderita; *Ct*, Cloritización importante. 1, Límite de la alteración intensa tipo arcillización-silicificación (interior) con la propilítica (exterior); 2, Cuerpos filonianos; 3, Chimeneas de brechas.

neralizaciones descritas si se tiene en cuenta su zonación respecto de las alteraciones y la situación de éstas en la parte central y más profunda —sobre los centros de emisión— de un aparato volcánico, según se dedujo geológicamente al principio. Sólo queda, como colofón, resaltar desde el punto de vista geoquímico el carácter escasamente ferrífero (ausencia o escasez extrema de pirita, blenda siempre de tipo claro) de estas mineralizaciones, lo cual es un rasgo distintivo (otro podría ser la relativa riqueza en Au) que las diferenciaría claramente de otras paragénéticamente semejantes enclavadas en otras partes

del volcanismo neógeno del SE de España (áreas de Mazarrón y Cartagena).

Fuera del área descrita entre el Cabo de Gata y la transversal de San José, aparecen mineralizaciones similares un poco más al norte (Mina de la Paniza, e inferiores del Cerro de Los Guardias), también encajantes en materiales andesítico piroxénicos pero con alteración más bien tipo propilítica. En los alrededores de Rodalquilar, en dacitas de los conjuntos volcánicos 3 (fuera de la zona de máxima alteración) y 4 definidos en este trabajo, también se han reconocido —en sólo dos pequeñas labores— mineralizaciones muy similares a las descritas.

Cu del Cerro de Los Guardias

La mineralización objeto de descripción está expuesta en las labores superiores de la parte occidental de este cerro, situado al SE de Rodalquilar (11 en fig. 3). Aunque aparenta, en principio, escaso o nulo interés económico, su individualización viene marcada por su morfología, así como por presentarse el Cu como único o principal metal. Las labores de la parte baja del cerro presentan brechas hidrotermales, probablemente filonianas, con galena-blenda-calcopirita en un cuarzo calcedónico que cementa fragmentos de roca volcánica muy cloritizados. Son mineralizaciones del tipo de las descritas precedentemente. El Cerro de Los Guardias, con tobas basales y andesitas piroxénicas en la parte alta, corresponde al conjunto volcánico 1 definido en este trabajo.

Las labores superiores consisten en una pequeña explotación a cielo abierto —dimensiones 25(l.)×10(a.)×6(p.)m— y sus prolongaciones subterráneas en los extremos. El material trabajado son unas brechas de fragmentos dacíticos centi a decimétricos muy alterados, escasamente cementados entre sí; también se encuentran fragmentos de cuarzo bandeado análogo al que se enclava en las andesitas piroxénicas del conjunto volcánico 1 (y que es portador muchos veces de sulfuros de Pb-Zn-Cu); intersticialmente, las brechas contienen carbonatos de cobre y restos de calcosina minoritarios. Más raramente, las brechas consisten en fragmentos totalmente silicificados en una matriz silícea que contiene las disseminaciones de cobre.

Las brechas citadas buzan al oeste y su dirección cartográfica N-S es algo arqueada, con la concavidad hacia el E. Cerro arriba (y por tanto en posición interna respecto a dicho «arco») siguen existiendo materiales brechoides similares, pero con silicificación y cohesión intensas y disseminaciones de cobre mucho más escasas. En opinión del autor de este trabajo, la estructura de conjunto puede representar una chimenea de brechas (breccia-pipe) de la cual las trabajadas representarían una facies anular, discontinua o local.

Pirita y Zn-Pb al NO de Carboneras

Esta mineralización está representada en la

Mina del Palaín (2, en fig. 3). Por su carácter geoquímico más ferrífero, así como por su diferente tipo litológico encajante, se destaca netamente de las paragénesis similares (Pb-Zn) descritas precedentemente.

Los materiales encajantes son dacitas anfibólicas (grandes fenocristales de hornblenda), a veces en facies de brecha piroclástica (aglomerática). Una descripción petrográfica detallada de estos materiales puede verse en COELLO y CASTAÑÓN (1965). Corresponden a los conjuntos volcánicos 1 ó 2 definidos en este trabajo.

Las mineralizaciones se encuentran situadas en una pequeña zona (anchura decamétrica y dirección N300°E) de alteración intensa del encajante. Esta es probablemente tipo arcillización-silicificación: La dacita aparece transformada en una masa blanca (caolinita-alunita-sílice) surcada de venillas amarillas (jarosita y parte de los anteriores); también se encuentra yeso.

La mineralización consiste fundamentalmente en una disseminación intensa de pirita, en cristales milimétricos, en un cuarzo tipo calcedónico, pulverulento y oqueroso; el resto forma delgadas venillas en el cuarzo y se encuentra también en los huecos de éste. Los sulfuros económicamente interesantes, de grano fino (blenda oscura, ferrífera, y algo de galena), parecen estar subordinados.

Las explotaciones son de escasa entidad. Consisten en unos ocho pozos, de importancia desigual e irregularmente distribuidos, en un área de unos 300 m. de diámetro, aunque hay alguna otra pequeña manifestación más al ONO. La mineralización se trata, probablemente, de un stockwork o pequeña malla de cuerpos filonianos de direcciones N-S y ONO-ESE (que son las únicas alineaciones de pozos detectables de forma probable).

Sb-Ba en Las Minillas de El Argamasón

Se sitúa a unos 7 Km. al O de Carboneras, y a 300 m. al E de la aldea de El Argamasón (3, fig. 3). El tipo litológico encajante es idéntico al descrito precedentemente para la Mina del Palaín. También presenta una alteración similar, si bien de menor extensión.

Las labores, unos 4 pequeños pozos groseramen-

te alineados casi E-O en una longitud de unos 70 metros, se encuentran prácticamente borradas.

La mineralización consiste en baritina con antimonita y presenta un bandeado centimétrico (cambios de color, distribución de los minerales o de su tamaño de grano) característico. La baritina es frecuentemente de grano fino y tonos alternantes amarillentos y marrones; otras veces es blanca, con su típico hábito espático-tabular creciendo perpendicularmente al bandeado. La antimonita se muestra muy alterada a ocre amarillos de Sb; forma cristales aciculares de longitud semicentimétrica que crecen también perpendicularmente al bandeado y cuya concentración forma bandas que definen, en parte, este.

Es difícil, dada la escasez de afloramientos, deducir la morfología de la mineralización. La estructura bandeada de las muestras mineralizadas es similar a la de otras del área cuya naturaleza filoniana está bien establecida. Puede, por tanto, tratarse de pequeños cuerpos filonianos, cortos, de potencia como máximo decimétrica.

Mn en dacitas hornbléndicas del Conjunto Volcánico 2

Los dos únicos indicios conocidos, que no pasan de la categoría de reconocimientos, se encuentran al N de Las Hortichuelas (Indicio del Cerro Maúra) y de Las Negras (Indicio del Cerro Agüillas) (7 y 8, respectivamente, en fig. 3). Encajan en dacitas anfibólicas masivas (grandes fenocristales de hornblenda), no alteradas, que representan potentes coladas o domos endógenos. Una descripción petrográfica detallada de estas litologías puede verse en SÁNCHEZ CELA, 1968 (dacitas masivas). En ambos casos se trata de venas de potencia decimétrica y longitud decamétrica, de dirección N17 y 20°E y buzamiento 75 y 60°O, respectivamente. Los óxidos e hidróxidos de manganeso, masivos o fibroso-radiantes, se disponen definiendo un grosero bandeado paralelo a los hastiales; la ganga es ópalo o calcedonia-jaspe.

La Mina de la Madreselva, 1 Km. al E de Fernán Pérez (5, en fig. 3), es da una cierta mayor envergadura económica. El encajante lo constituyen las mismas dacitas anfibólicas, muy próximas ya a la discordancia basal de Messiniense (actualmente erosionada en el ámbito de la mina). Este hecho y la carencia de afloramientos hacen

pensar ni esta mineralización no será del mismo tipo de la que se describe más adelante en La Tórtola (en la misma discordancia); sin embargo, la presencia de ganga silícea con los minerales de La Madreselva inclina por asimilarla a las descritas precedentemente. En esta mina se han detectado restos de los probables minerales primarios de Mn (carbonatos y silicatos: rodocrosita y rodonita).

Mn en dacitas biotíticas de El Garbanzal

El Cerro del Garbanzal (12, en fig. 3), de aproximadamente 1,5 Km² de extensión, es un probable domo endógeno de dacitas rojizas biotíticas (conjunto volcánico 3' definido en este trabajo). Corresponde a una de las últimas emisiones de la cadena volcánica del Cabo de Gata y muestra una cierta alteración de tipo propilítico. Descripciones petrográficas pueden verse en FUSTER et al. (1965).

En su cima se conservan restos de la cobertera sedimentaria messiniense, discordante sobre el volcánico. Consisten en calcarenitas, ricas en organismos bentónicos, en facies de talud arrecifal (GINER, in PINEDA et al., 1981).

Las mineralizaciones de manganeso de este cerro son, sin duda, las más célebres para este metal de todo el área volcánica. A pesar de la escasa magnitud de explotaciones (pequeños socavones y pozos) de cada cuerpo mineralizado, es notable la profusión de éstos y de manifestaciones de Mn en venillas y pequeñas diaclasas, en todo el ámbito de la montaña.

Las estructuras mineralizadas más típicas y frecuentes suelen ser brechas de fragmentos dacíticos decimétricos bastante redondeados. Estas brechas pueden ser irregulares (dimensiones, como máximo, de una decena de metros), aunque lo más frecuente es que adopten morfología «filoniana» subvertical, presentando entonces potencia métrica y direcciones variables, pero con frecuencia comprendidas entre N-S y N30°E, y siendo su longitud inferior a los 100 m.; recuerdan mucho entonces a los pebble-dykes (diques de cantos). En su vecindad, las dacitas muestran un grado de fracturación variable. Los óxidos e hidróxidos de manganeso recubren los «cantos» y los cementan entre sí (fig. 9A). Sobre la superficie mameonar o escoriácea del mineral puede no haber

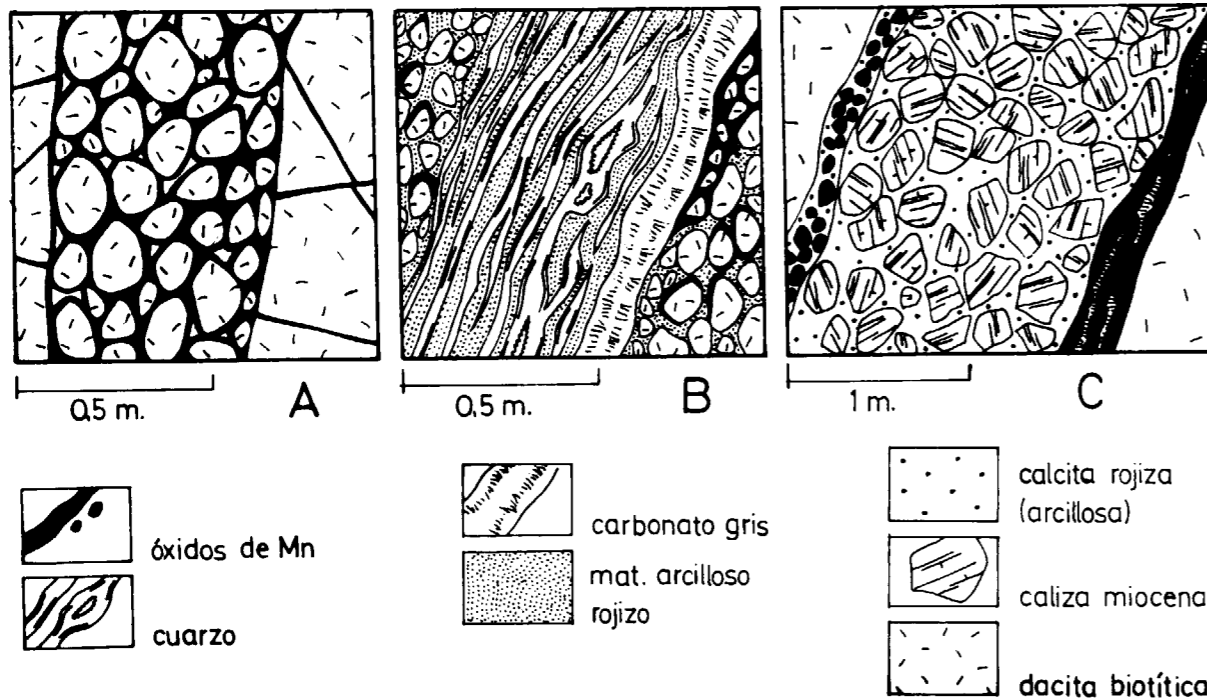


Figura 9.—Disposiciones más frecuentes de las mineralizaciones de manganeso del Cerro del Garbanzal.

ningún depósito (hueco) o bien disponerse calcita rojiza, a veces tipo «travertínico»; muy raramente se dispone un carbonato gris tipo dolomita.

En cuanto al origen de estas brechas se descarta una brechificación hidrotermal —y redondeamiento subsiguiente de los fragmentos— contemporánea de la mineralización de Mn, en parte por la escasez y el aspecto exógeno (ver también más adelante) que ésta muestra: Da, pues, la impresión que el manganeso se ha depositado en estructuras preexistentes con gran proporción de oquedades y superficies libres. La génesis de las brechas habría que buscarla entonces en los procesos volcánicos póstumos; quizá desgasificaciones violentas (procedentes de una cámara magmática más profunda y residual) y muy rápidas, es decir, fenómenos de tipo fluidización (REYNOLDS, 1954), pueden haber causado la brechificación y posteriores abrasión y redondeo de los fragmentos. La abundancia de biotita en la roca volcánica (sin duda, una de las proporciones más altas de todos los tipos litológicos de la cadena) avala la existencia de un magma rico en volátiles.

Algunos cuerpos filonianos muestran las brechas descritas minoritarias y hacia los bordes

de la caja filoniana. La parte central es una sucesión de venillas paralelas de cuarzo o una alternancia (siempre definiendo un bandeado paralelo a los hastiales) de venas de dolomita gris, de material arcilloso rojizo, o de óxidos de Mn (fig. 9B). La estructura, entonces, es muy parecida a la que presentan los cuerpos filonianos predominantemente manganíferos (\pm Pb-Zn) descritos en el área entre el Cabo de Gata y la transversal de San José. Han sido localizados más bien hacia cotas topográficas bajas del Cerro y, como para ellos, su origen puede ser hidrotermal.

En la cima del Cerro del Garbanzal, al sur de los afloramientos de Messiniense discordante, se encuentra una estructura mineralizada «filoniana» muy notable. Se caracteriza por presentar fragmentos de calcarenita fosilífera miocena (cementados, o no, por calcita rojiza, arcillosa) en la mayor parte (central) de la caja filoniana. Los bordes, junto a la dacita encajante, contienen los minerales de Mn (fig. 9C). Sin entrar a analizar la forma en que esos fragmentos hayan podido emplazarse en la caja filoniana, es evidente que su mera presencia plantea importantes cuestiones acerca de la edad relativa de las mineraliza-

ciones de Mn de este lugar, que de esta manera (y en una parte al menos) podrían ser posteriores al inicio de la sedimentación miocena superior. Esta problemática entronca directamente con la que será planteada a continuación, al describir las mineralizaciones de La Tórtola.

Mn en la discordancia basal del Messiniense

Está representada esta mineralización en las Minas de La Tórtola (6, en fig. 3), a 2 Km. al sur de Fernán Pérez. Aunque en el mapa se les ha referido como estratiformes debido a su paralelismo general con la base del Messiniense, en detalles y en sentido estricto son, frecuentemente, stockworks.

En esa zona las calcarenitas messinienses en facies de talud arrecifal (GINER, in PINEDA et al., 1981) se disponen encima de dacitas anfibólicas (fenocristales de hornblenda) generalmente masivas o, más raramente, en facies de brecha piroclástica (aglomerática). La mineralización afecta a las dacitas en una amplitud de 1-3 m. bajo la discordancia, y a lo largo de 1,5 Km. de ésta. Las explotaciones, modestas pero muy abundantes, han consistido en pequeños socavones y cortas a cielo abierto.

Más típicamente, la mineralización (óxidos e hidróxidos de Mn en una caliza generalmente fosilífera) forma un denso reticulado de venillas de espesor centimétrico en la dacita. Otras veces, los fragmentos dacíticos adquieren un aspecto redondeado y la proporción de mineralización aumenta; el aspecto es entonces el de un con-

glomerado. Las calcarenitas suprayacentes muestran, sólo a veces, débiles diseminaciones de Mn (figura 10).

El mineral de manganeso forma nódulos ameboides centimétricos, con estructura interna fibroso-radiada, en la caliza fosilífera; también puede reemplazar parcialmente los restos fósiles o servir de cemento minoritario a esa roca. Otras veces es más compacto y forma, en solitario, venillas en la dacita. La caliza fosilífera es, al microscopio, una biomicrita calcarenítica con abundantes foraminíferos planctónicos; los restos fósiles, generalmente no fragmentados, son de lamelibranchios, gasterópodos, corales solitarios y espículas de equínidos.

Puede suponerse que el «nivel» mineralizado representa el inicio de la transgresión messiniense. Por encima de un sustrato volcánico muy fisurado se depositan lodos muy micríticos que son asientos de organismos bentónicos (los nódulos de Mn podrían ser singenéticos con este episodio). El oleaje actuaría, en líneas generales, a un nivel superior, pero de cuando en cuando algún acontecimiento anómalo (tormenta) le haría sentir: Trozos de volcánico serían fácilmente arrancados y, puesto que alterados por la acción marina, fácilmente redondeados, mezclándolos con los lodos fosilíferos y los nódulos (sugerencia de T. FREEMAN, quien tuvo la amabilidad de observar microscópicamente algunas muestras). En esta mezcla se produciría fundamentalmente la mineralización tipo cemento y sustitución.

Con el tiempo, las aguas seguirían subiendo de nivel hasta llegar a la cota de estabilización óp-

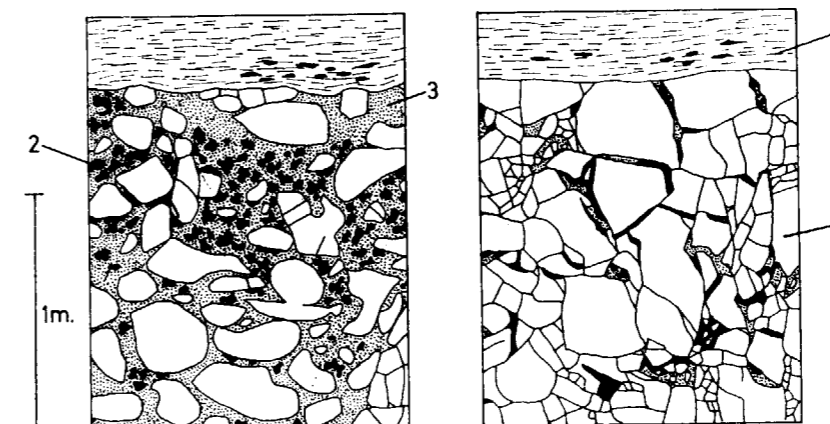


Figura 10.—Dos aspectos extremos de la mineralización de manganeso de La Tórtola. 1, Dacita hornbléndica; 2, Oxidos e hidróxidos de Mn; 3, Biomicritas y calcarenitas fosilíferas; 4, Calcarenitas (facies de talud arrecifal messiniense).

tima para que sobre el paleorrelieve volcánico se desarrollara un arrecife cuya destrucción concomitante produciría los materiales calcareníticos que, talud abajo, cubrirían los depósitos de Mn.

Queda por explicar la presencia del stock metal en esas primeras aguas messinienses. Al final del trabajo se volverá a este tema.

Mn bandeado, asociado a brechas sinsedimentarias, en el Messiniense

Se conocen dos ejemplos de este tipo de mineralización: Cerca de Gafares y en los alrededores de «El Caballón», próximo a la carretera de Carboneras a la Venta del Pobre (1 y 4, en figura 3, respectivamente). En ambos casos las explotaciones han sido muy modestas.

Se trata de capas (dos en el primer punto, y una en el segundo) de espesores variables entre 0,3 y 1 m., interestratificadas en brechas sinsedimentarias; la formación encajante es el Messiniense en facies de centro de cuenca. La mayor parte de las descripciones que siguen, se refieren al primero de los indicios citados.

El mineral es terroso y micronodular. Forma un característico bandeado centimétrico, alternativamente negro-marrón, que, en detalle, presenta con frecuencia microdiscordancias angulares y progresivas, así como pequeñas fallas normales sinsedimentarias (fig. 11). Contiene una cierta proporción de material arcilloso y, probablemente, de materia orgánica. Las brechas están constituidas (clastos y matriz) por materiales margosos blanquecinos. Los cantos son angulosos, de tamaños centi a decimétricos, siendo alguno de los mayores de naturaleza más calcárea.

La base de estas brechas erosiona y corta la estructura bandeada de la mineralización. El bandeado mineral se dispone discordante de forma progresiva, y «rellenante», por tanto, sobre la brecha. Más raramente, el propio mineral masivo no bandeado es la matriz de las brechas.

Es notable esta asociación entre capas de mineral, cuya estructura más típica testimonia una sedimentación tranquila y rítmica, y las brechas, que la reflejan en condiciones de inestabilidad tectónica. Aún en el primero de los casos ésta no está totalmente ausente, como lo indicaría la

presencia de algún que otro clasto margoso incluido en las capas de mineral, y cuya caída deformó el bandeado.

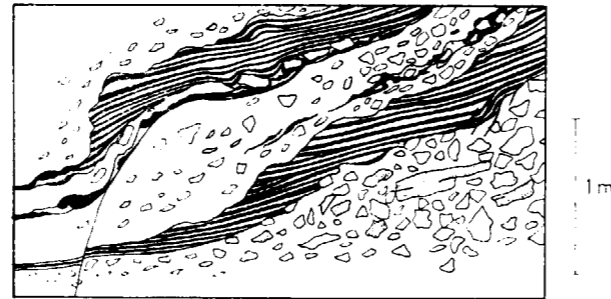


Figura 11.—Esquema de la mineralización de manganeso de la Mina de Gafares (ver explicación en el texto).

SINTESIS METALOGENICA

De todo lo expuesto anteriormente se deduce que, para las mineralizaciones intravolcánicas, la mayor parte de las sustancias metálicas (Pb-Zn-Ag, Cu, Au, Sb, Ba y Fe) se localizan mayoritaria y casi exclusivamente en zonas de alteración intensa tipo arcillización-silicificación. Las zonas de alteración propilítica sólo suelen contenerlas de Mn y, esporádicamente, de Pb-Zn-Cu. Por el contrario, las áreas no alteradas se muestran prácticamente exentas de mineralizaciones, conociéndose tan sólo dos débiles indicios de Mn.

También se verifica que, desde el punto de vista económico, los yacimientos más interesantes conocidos (Pb-Zn... del NE del Cabo de Gata, y Au de Rodalquilar) se enclavan en zonas de alteración del primer tipo.

En cambio hay un grado de correlación menor o nulo entre los diversos tipos rocosos y las mineralizaciones. Por ejemplo, considerando las de Au de Rodalquilar y de Pb-Zn... del NE del Cabo de Gata podría pensarse que las primeras se ligan genética y exclusivamente a materiales dacíticos (de los más ácidos y recientes del área) y las segundas a los andesíticos (de los más básicos y antiguos); sin embargo, en Rodalquilar se conoce algún ejemplo de mineralización (periférica respecto a la aurífera) de Pb-Zn similar a las del

Cabo de Gata, y referencias (SIERRA y LEAL, 1968) indican que la mineralización de Au cambia en profundidad a otra de sulfuros complejos; también, el propio carácter aurífero de las mineralizaciones de Pb-Zn del Cabo de Gata indica que esa suposición primitiva es sólo aparente. En el caso del Garbanzal tampoco puede decirse que las abundantes mineralizaciones de Mn (las típicamente hidrotermales) sean un rasgo genético típico de la peculiar naturaleza (dacita biotítica) de la roca encajante, dado que en el interior de este aparato pueden existir zonas de máxima alteración, no descubiertas por la erosión, con sus mineralizaciones propias.

Lo expuesto precedentemente plantea la existencia de variaciones cualitativas de las mineralizaciones en la vertical. A este respecto, lo indicado para Rodalquilar (mineralización de metales preciosos que pasa hacia abajo a otra de metales básicos) es un hecho bastante generalizado en otros metalotectos similares del mundo (SILLITOE, 1976) y supone la posibilidad de que los yacimientos de Pb-Zn... del NE del Cabo de Gata hayan graduado hacia arriba a mineralizaciones más ricas en Au-Ag, actualmente erosionadas.

En cuanto a la distribución espacial de las alteraciones en relación con las estructuras volcánicas, en el caso de los dos grupos de yacimientos más importantes del área la alteración tipo arcillización-silicificación se dispone en la parte central de los aparatos volcánicos (tendencia central en un posible domo endógeno para Rodalquilar, y profunda en un probable estratovolcán para la zona entre Cabo de Gata y San José), siendo la propilítica periférica respecto de la anterior para cada aparato. Se desconoce si las pequeñas zonas de alteración a las que se asocian las particulares mineralizaciones de Sb-Ba y pirita-Zn-Pb de los alrededores de Carboneras siguen dicha tónica estructural o, por el contrario, representan fenómenos «parásitos» respecto del foco de emisión de sus encajantes. La pequeñez e individualización de estas mineralizaciones respecto de las del resto del área, o incluso entre sí, avalarían esta posibilidad.

De todo lo dicho se desprende que los metalotectos fundamentales del área (ver figs. 3 y 8) vienen definidos por la presencia y carácter de las zonas de alteración (y apenas o nada por el tipo

litológico encajante) guardando éstas, a su vez y por lo general, estrechas pautas de distribución con respecto a los centros de emisión.

En cambio, de las reglas que rigen la distribución de las mineralizaciones de Mn en la cobertera sedimentaria messiniense prácticamente nada puede decirse. El único metalotecto marcado (fig. 3), para el Mn bandeado asociado a las brechas sinsedimentarias, realza únicamente una parte de la extensión cartográfica de la facies centro de cuenca en que dichas mineralizaciones aparecen.

Como se indicó al principio, las mineralizaciones intravolcánicas (en volcanismo calcoalcalino potásico-shoshonítico) del resto del SE español (Mazarrón y Cartagena) consisten fundamentalmente en paragénesis Pb-Zn (-Ag) y Sn-Fe. Respecto de la primera, las paragénesis similares del área del Cabo de Gata (excepción hecha de la pequeña mineralización junto a Carboneras) destacarían por su escaso carácter ferrífero (ausencia generalizada de pirita y magnetita; blenda siempre de color claro), así como por su, a veces, relativamente alto, contenido en Au y, probablemente, mayor proporción de Cu. Las segundas muestran una anomalía geoquímica en Au en la Sierra de Cartagena (OVEJERO, com. pers.) y es curioso constatar que los yacimientos de Au de Rodalquilar la muestran en Sn (SIERRA et al., 1967); por otra parte, es posible que este elemento esté más extendido en el resto del área volcánica del Cabo de Gata. Por lo demás, el establecer otras afinidades o diferencias entre ambos distritos en base a la naturaleza de los metalotectos (tipos de estructuras volcánicas y de alteraciones) sale de los límites de este trabajo.

SOBRE LA GENESIS DE LAS MINERALIZACIONES

Las mineralizaciones intravolcánicas del área del Cabo de Gata son idénticas en todos sus aspectos a las denominadas epitermales, descritas y sintetizadas por SILLITOE (1976), y por tanto de origen hidrotermal. Siguiendo a este autor, podrían haberse depositado a partir de fluidos con temperaturas bajas (200-300° C) y baja salinidad (12-2 por 100 de equivalente en peso de NaCl para Pb-Zn y Au, respectivamente). El flujo calorífico provendría, lógicamente, del alto gradiente geotérmico de la región volcánica, activa en su tiempo.

En cuanto a la relación mineralizaciones-alteración, el autor citado indica que, en general, las zonas de alteración intensa tipo arcillización-silicificación son isogenéticas con la formación de las mineralizaciones que en ellas se enclavan, y resultado de un hidrotermalismo de carácter ácido (alteración solfatárica, rica en azufre); por el contrario, las mineralizaciones ricas en carbonatos no estarían genéticamente ligadas con las zonas de alteración propilítica en que se hallan, y derivarían de fluidos más alcalinos. El primer punto está abundantemente comprobado en el área de Cabo de Gata, pues, como se ha visto, la inmensa mayoría de las mineralizaciones útiles se enclavan en esas zonas de alteración intensa y, además, la práctica totalidad de los sulfatos de las paragénesis filonianas (baritina, alunita, jarosita, anhidrita, yeso) está contenida en estos tipos de alteración (ver, por ejemplo, la distribución de la baritina en la fig. 8). Las mineralizaciones que se encuentran en las zonas de alteración propilítica están sólo bien representadas en el área entre el Cabo de Gata y la transversal de San José, donde son típicamente manganesíferas, pero el autor de este trabajo prefiere considerarlas en relación genética directa con las anteriores, más que como producto de otro tipo de fluidos; ello por el carácter periférico de su localización y por sus rasgos similares y graduales de su estructura y paragénesis, respecto de las anteriores.

En suma, en la parte central y profunda de los aparatos volcánicos más desarrollados habría un proceso hidrotermal ácido, causa simultánea de las mineralizaciones de Pb-Zn-Ag, Cu, Au, Ba y de la alteración intensa de su entorno. En las partes periféricas (con alteración propilítica), más alejadas del foco principal de alteración-mineralización, los mismos fluidos devienen menos activos desde el punto de vista químico y depositan predominantemente Mn. De ello y de la propia escasez de mineralizaciones en la zona de alteración propilítica (ver fig. 6) se deduce que ésta —aunque de probable origen también, en parte, hidrotermal— no guarda relación directa genética con los procesos de mineralización. Estos deben ser, como hipótesis más lógica, contemporáneos o ligeramente póstumos respecto de la actividad (y crecimiento) de los aparatos.

Todos estos aspectos genéticos de zonalidad mineral en relación con las alteraciones y estructuras volcánicas pueden ser válidos para las tres zonas más globalmente correlacionables desde el

punto de vista de estos fenómenos (área de Cabo de Gata-San José, Rodalquilar y Garbanzal, ésta última en lo que se refiere sólo a los cuerpos filonianos de Mn-cuarzo y, por tanto, más típicamente hidrotermales). Para mineralizaciones parecidas (La Paniza y Cerro de los Guardias; 10 y 11, en fig. 3) es factible un origen similar, pero a partir de stocks magmáticos aún no aflorantes o cubiertos por formaciones volcánicas más recientes.

En cuanto a las mineralizaciones de pirita-Zn-Pb y de Sb-Ba de los alrededores de Carboneras, situadas en pequeñas zonas de alteración tipo arcillización-silicificación y de origen, pues, hidrotermal como el descrito, véase lo dicho en el apartado anterior acerca de sus relaciones con la estructura del encajante.

Las mineralizaciones de Mn en la cobertera sedimentaria messiniense plantean una problemática propia, a la que no son ajenos los cuerpos filonianos de la parte superior del Garbanzal. Un primer rasgo a destacar es, desde el punto de vista regional, la ausencia de mineralizaciones de Mn en los terciarios postorogénicos de la provincia (ver, por ejemplo, la Hoja 84-85 del Mapa Metalogénico a 1:200.000), lo cual podría indicar, para las que nos ocupan, una herencia metalogénica a partir del volcánico. En esta óptica caben varias posibilidades: las mineralizaciones de La Tórtola podrían resultar de fijación —quizá biológica— del Mn disuelto en el agua marina previamente lixiviado de las rocas volcánicas o de sus mineralizaciones; las superiores de El Garbanzal podrían representar mineralizaciones «per descensum», quizá en relación genética con las del tipo anterior, en estructuras volcánicas previas, y las de Gafares-Caballón podrían ser banalmente sedimentarias o bien producto de una salida hidrotermal submarina, póstuma respecto del volcánico del área o simultánea del calcoalcalino potásico-shoshonítico, lo cual explicaría bien la extraña asociación de un mineral bandeado, con brechas que denotan una inestabilidad tectosedimentaria quizá local. Pero todas estas posibilidades no pasan de ser meras hipótesis de trabajo.

Y, por último, sólo cabe plantear el origen de los metales cuyos yacimientos se han descrito en este trabajo. Como se ha visto, la actividad hidrotermal es aproximadamente coetánea con el desarrollo del volcanismo; ahora bien, falta averiguar

si el fluido es de procedencia íntegramente magmática o, como parece en varios yacimientos similares del mundo, mayoritariamente meteórica. En el primer caso los metales estarían ya contenidos en el magma neógeno. En el segundo habría que imaginar procesos convectivos, en el interior de los aparatos volcánicos, que lixiviarían los metales del almacén de éstos y los concentrarían en zonas de debilidad (en este caso estarían, por tanto, contenidos en las propias rocas volcánicas); otra posibilidad sería que esas convecciones alcanzaran el zócalo y éste pudiera ser fuente exclusiva o mayoritaria de los metales. Algunas de estas posibilidades han sido ya expuestas por SILLITOE (1976) en su síntesis sobre los yacimientos volcánicos subaéreos.

En el área del Cabo de Gata el zócalo está constituido, con toda probabilidad, por el Paleozoico y Triásico de las Zonas Internas Béticas, en las que, como se vio al principio, abundan las mineralizaciones preorogénicas y preneógenas con paragénesis similares a las descritas. El considerarle como fuente probable de los metales es, pues, obligado; pero, a este respecto, hay que tener en cuenta otra relación que la puramente convectiva citada. Ella se deduce de considerar los procesos geotectónicos que han dado lugar a este volcanismo: tanto si es anatético por subducción como si procede de fusiones parciales en una zona cortical adelgazada por diapirismo del manto, el magma calcoalcalino en su ascenso ha podido incorporar elementos del zócalo que, en el caso de la subducción, habrían ya, además, entrado con la anatexia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible, en su mayor parte, gracias a la participación previa del autor en la Revisión de la Hoja núm. 84 (Almería-Garrucha), del Mapa Metalogénico Nacional a escala 1:200.000, y en la realización de las Hojas números 1.046 (Carboneras), 1.059 (El Cabo de Gata) y 1.060 (Pozo de los Frailes) del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000, dirigidas y financiadas por el Instituto Geológico y Minero de España y ejecutadas por Ibergesa. El autor agradece al Servicio de Infraestructura Metalogénica y Minera del IGME y a la División de Geología y Téc-

nicas Básicas del mismo organismo, así como a la Dirección de Ibergesa, las autorizaciones pertinentes y las sugerencias y estímulos recibidos.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRIEUX, J.; FONTBOTE, J. M., y MATTAUER, M.: *Sur un modèle explicatif de l'arc de Gibraltar. Earth and Plan. Sc. Letter.*, vol. 12, pp. 191-198, Amsterdam (1971).
- ARAÑA, V., y VEGAS, R.: *Plate tectonics and volcanism in the Gibraltar Arc. Tectonophysics*, vol. 24, pp. 197-212 (1974).
- BELLON, H.: *Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronométrique. Implications géodynamiques. Thèse d'Etat, Paris*, 367 pp. (1976).
- BELLON, H., y BROUSSE, R.: *Le magmatisme périméditerranéen occidental. Essai de synthèse. Bull. Soc. Geol. France* (7), t. XIX, núm. 3, pp. 469-480 (1977).
- BOUSQUET, J. C., y MONTENAT, C.: *La néotectonique dans les Cordillères Bétiques orientales (Espagne). 2^e Réunion. Ann. Sc. Terre, Nancy. Résumé des communications*, p. 81 (1974).
- BOUSQUET, J. C., y MONTENAT, C.: *Présence de décrochements NE-SW plioquaternaires dans les Cordillères Bétiques orientales (Espagne). Extension et signification générale. C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 278, pp. 2617-2620 (1974).
- COELLO, J., y CASTAÑÓN, A.: *Las sucesiones volcánicas de la zona de Carboneras (Almería). Est. Geol.*, vol. XXI, pp. 145-146 (1969).
- DABRIO, J. C.; ESTEBAN, M., y MARTÍN, J. M.: *The coral reef of Nijar, Messinian (Uppermost Miocene), Almería province, S.E. Spain. Jour. Sed. Petrology*, V. 5, pp. 521-539 (1981).
- ESPINOSA, J.; MARTÍN, J. M.; HERRERA, J. L. y PÉREZ, A.: *Mapa Geológico de España a escala 1/50.000, 2.ª Serie (MAGNA): Hoja núm. 976 (Mazarrón). Inst. Geol. y Min. de España, Madrid* (1974).
- ESPINOSA, J.; MARTÍN, J. M., y PÉREZ, A.: *Mapa Geológico de España a escala 1/50.000, 2.ª Serie (MAGNA): Hojas números 978 (Llanos del Beal) y 977 (Cartagena). Inst. Geol. y Min. de España, Madrid* (1974).
- FALLOT, P.: *Les Cordillères Bétiques. Est. Geol.*, núm. 8, pp. 83-172, 12 figs., 3 láms. (1948).
- FONTBOTE, J. M.: *Sobre la historia preorogénica de las Cordilleras Béticas. Cuad. Geol. Univ. Granada*, núm. 1, pp. 71-78, 2 láms. (1970).
- FRIEDRICH, G.: *Petrographische und erzmikroskopische Beobachtungen an der Gold-lagerstätte Rodalquilar, Prov. Almería/Spainien. Neues Jahrb. f. Min., Abh.* 94, pp. 208-227 (1960).

- FUSTER, J. M.; AGUILAR, M. J., y GARCÍA, A.: *Las sucesiones volcánicas en la zona del Pozo de los Frailes, dentro del volcanismo cenozoico del Cabo de Gata (Almería)*. Est. Geol., 21, pp. 199-222 (1965).
- IGME: *Mapa Geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias a escala 1/1.000.000*. Madrid (1980).
- JACQUIN, J. P.: *Contribution a l'étude géologique et minière de la Sierra de Gádor (Almería, España)*. Tesis doctoral. Univ. Nantes, 501 pp. (1970).
- LEAL, G., y SIERRA, J.: *Mapa geológico nacional a escala 1:50.000 (1.ª serie); Hojas números 1.046 (Carboneras), 1.059 (El Cabo de Gata) y 1.060 (El Pozo de los Frailes)*. Inst. Geol. y Min. de España (1970).
- LEÓN C.: *Las formaciones volcánicas del Cerro de Los Lobos (Almería, SE de España)*. Est. Geol., vol. XXIII, pp. 15-28 (1967).
- LE PICHON, X.; PAUTOT, G., y WEIL, J. P.: *Opening of the Alborán Sea*. Nature Phys. Sci., 236, pp. 83-85 (1972).
- LODDER, W.: *Gold-alunite deposits and zonal wall-rock alteration near Rodalquilar, SE Spain*. H. Veerman & Zonen-Wageningen (Holanda), 93 pp. (1966).
- LOOMIS, T. P.: *Tertiary mantle diapirism, orogeny and plate tectonics east of the Strait of Gibraltar*. Amer. Jour. Sc., 275, pp. 1-30 (1975).
- LÓPEZ RUIZ, J., y RODRÍGUEZ BADIOLA, E.: *La región volcánica neógena del Sureste de España*. Est. Geol., 36, pp. 5-63 (1980).
- MARTÍN, J. M., y TORRES-RUIZ, J.: *Algunas consideraciones sobre la convergencia de medios de depósito de las mineralizaciones de hierro y plomo-zinc-fluorita de origen sedimentario encajadas en rocas triásicas de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujarride del sector central de la Cordillera Bética*. Bol. Geol. Min., t. XCIII-IV, pp. 314-329 (1982).
- MARTÍN VIVALDI, J. L.; SIERRA, J., y LEAL, G.: *Some aspects of the mineralization and wall-rock alteration in the Rodalquilar gold-field, SE Spain*. Soc. Mining Geol. Japan, Spec. Issue 2, pp. 145-152 (1971).
- OEN, I. S.; FERNÁNDEZ, J. C., y MANTECA, J. I.: *The lead-zinc and associated ores of La Unión, Sierra de Cartagena, Spain*. Econ. Geol., vol. 70, pp. 1259-1278 (1975).
- OVEJERO, G.; JACQUIN, J. P., y SERVAJEAN, G.: *Les minéralisations et leur contexte géologique dans la Sierra de Cartagena*. Bull. Soc. Geol. France, t. XVIII (7), núm. 3, pp. 619-634 (1976).
- PÁEZ CARRIÓN, A., y SÁNCHEZ SORIA, P.: *Vulcanología del Cabo de Gata entre San José y Vela Blanca*. Est. Geol., vol. XXI, p. 223-246 (1965).
- PAVILLON, M. J.: *Les minéralisations plombo-zincíferas de Carthagène (Cordillères Bétiques, Espagne) Un exemple d'héritages successifs en métallogenie*. Min. Deposita, 4, pp. 368-385 (1969).
- PERCONIG, E.: *Los depósitos sedimentarios de Rodalquilar*. Informe interno. E. N. Adaro. Inédito (1969).
- PINEDA, A.; GINER, J.; GOY, J. L., y ZAZO, C.: *Mapa Geológico de España a escala 1/50.000, 2.ª serie (MAGNA). Hojas números 1.046 (Carboneras), 1.060 (Pozo de los Frailes) y 1.059 (El Cabo de Gata)*. Inst. Geol. y Min. de España (1981).
- PUGA, E.: *Hypothèses sur la genèse des magmatismes calcoalcalins, intraorogénique et postorogénique alpins dans les Cordillères Bétiques*. Bull. Soc. Geol. France (7), t. XXII, núm. 2, pp. 243-250 (1980).
- REYNOLDS, D. L.: *Fluidization as a geological process and its bearing on the problem of intrusive granites*. Amer. Jour. Science, 252, pp. 577-614 (1954).
- RUBIO, E.: *Sobre la existencia de platino nativo en ciertos filones del Cabo de Gata. Referencia en Mapa Metalogénico Nacional a Escala 1/200.000, Hoja 84-85 (Almería-Garrucha)* (1924).
- SAAVEDRA, J. L.: *Microfacies de los sedimentos intercalados en las formaciones volcánicas del Cabo de Gata (Almería)*. Not. y Com. IGME, núm. 86, pp. 41-74 (1966).
- SÁNCHEZ CELA, V.: *Estudio petrológico de las sucesiones volcánicas del sector central de la formación del Cabo de Gata (Almería)*. Est. Geol., 24, pp. 1-38 (1968).
- SIERRA, J.: *La microsonda de Castaing en el estudio de los criaderos de Agracha (Sahara Español) y Rodalquilar (Almería)*. II Jornadas Nacionales Minerometalúrgicas, Sevilla (1964).
- SIERRA, J., y LEAL, G.: *El distrito aurífero de Rodalquilar, Cabo de Gata. Geología, metalogenia, geoquímica e investigación minera*. Informe interno. E. N. Adaro, Madrid (1968).
- SIERRA, J.; LEAL, G., y PÉREZ MANZUCO: *Prospección geoquímica del yacimiento aurífero de Rodalquilar (Almería)*. III Jornadas Nacionales e Internacional Minerometalúrgicas, Gijón (1967).
- SIERRA, J.; LEAL, G.; PIERROT, R.; LAURENT, Y.; PROTAS, J., y DUSANSOY: *La Rodalquilarite, chlorotellurite de fer: nouvelle espèce minérale*. Bull. Soc. Geol. Française Min. Crist., 91, pp. 28-33 (1968).
- SILLITOE, R. H.: *Metallic mineralization affiliated to sub-aerial volcanism: a review. In Volcanic processes in ore genesis*. London, Inst. Mining Metallurgy, pp. 99-114 (1976).
- VAN BEMMELEN, R. W.: *Driving forces in Mediterranean orogeny*. Geol. en Mijnbouw 51/5, pp. 548-573 (1972).

Recibido: Junio 1984.

Interpretación de los datos del limnigrama de un pozo en el acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz (Vizcaya) (*)

Por J. CRUZ-SANJULIAN (**), A. ERASO (**), y T. MORALES (**)

R E S U M E N

Se ha aplicado el método de Rorabaugh a los datos del limnigrama de un pozo construido en el acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz; la difusividad hidráulica así calculada es coherente con los valores de la permeabilidad, espesor saturado y porosidad eficaz obtenidos previamente, pero un poco inferior a la establecida a partir de la transmisividad obtenida en ensayos de bombeo. Se ha puesto de manifiesto, igualmente, un retardo inferior a 24 horas entre la precipitación y la recarga.

R E S U M E

On a appliqué la méthode de Rorabaugh aux données du limnigramme d'un puit construit dans la nappe des sables quaternaires de Górliz; la diffusivité hydraulique ainsi calculée est cohérente avec les valeurs de la perméabilité, épaisseur saturée et porosité efficace obtenus préalablement mais un peu plus basse que celle que l'on pourrait établir a partir de la transmisivité obtenue en pompages d'essai. On a mis en évidence, d'autre part, un retard de moins de 24 heures entre la précipitation et la recharge.

1. INTRODUCCION

En el sector de Górliz, localidad situada unos 16 Km. al norte de Bilbao, una superficie superior al kilómetro cuadrado está ocupada por acumulaciones arenosas cuaternarias en las que, a partir de diversos criterios, se han distinguido (MORALES, 1983) tres formaciones: arenas de playa antigua redepositadas por el viento sobre la red fluvial preexistente, dunas eólicas y arenas de playa actual (fig. 1).

Ligados a tales arenas existe un acuífero libre, del que se abastece el Sanatorio Marítimo de Górliz y también contribuye a satisfacer la demanda

(*) Esta nota forma parte del Estudio Hidrogeológico de Vizcaya, realizado en este Departamento para la Diputación Foral del Señorío, con la mediación de la Fundación Euskoiker. Los autores agradecen a dichas Instituciones su colaboración y la autorización para publicar los presentes datos. Asimismo, agradecen al Ayuntamiento de Górliz las facilidades encontradas en la realización de los trabajos.

(**) Departamento de Geomorfología y Geotectónica; Facultad de Ciencias de Bilbao (Lejona); Universidad del País Vasco. Apartado 644. Bilbao.

punta que presenta el Municipio en verano. Dicha explotación sólo totaliza 0,4 Hm³/año, cifra sensiblemente inferior a los recursos estimados (MORALES, op. cit.).

En un trabajo anterior (MORALES, CASTAÑOS, CRUZ-SANJULIÁN y RAMÓN LLUCH, in litt.) se facilitó diversa información sobre la geometría y la dinámica del acuífero; así, por ejemplo, se estableció que el máximo espesor de arenas en el centro de la cuenca es del orden de 35 m., mientras que el espesor medio saturado puede estimarse en torno a 10-15 m., con valores máximos próximos a 25 m.; el sustrato impermeable está constituido por los materiales del Cretácico Superior, sobre los que están modelados también los relieves de los bordes; de este modo, la recarga incluye, además de la precipitación sobre las arenas, la escorrentía superficial procedente de dichos relieves; la descarga, aparte la explotación mencionada anteriormente, se realiza directamente al mar y, eventualmente, por una pequeña red de arroyos estacionales y por el manantial de Urberu.

Se ha determinado para este acuífero una trans-

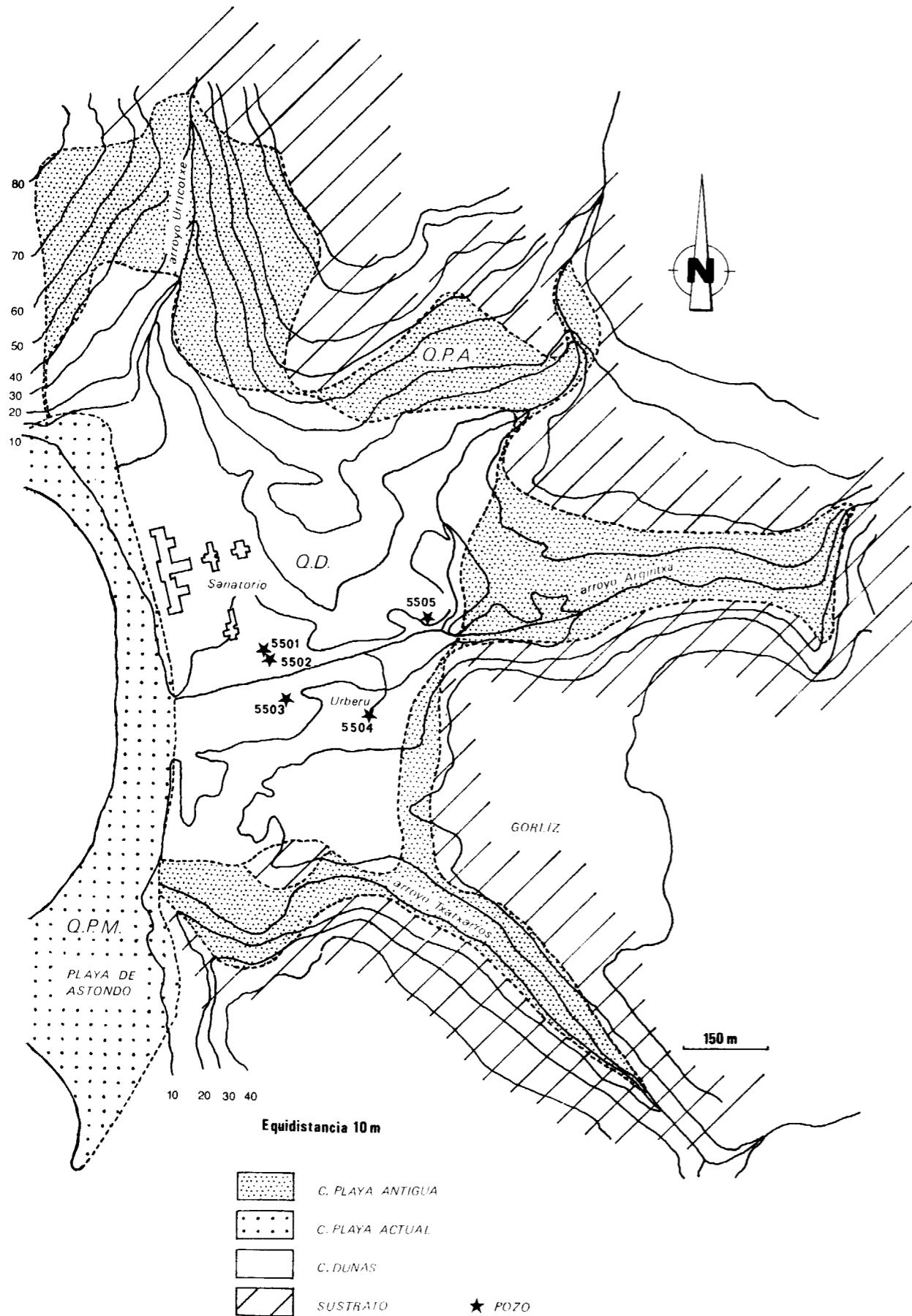


Figura 1.—Esquema geológico del sector de Górliz y situación de los pozos existentes.

misividad del orden de 200 a 300 m²/día, correspondiente a una permeabilidad de un valor próximo a la decena de m/día, y una porosidad eficaz de 0,1, si bien este último valor debe ser contemplado con reservas, habida cuenta el método utilizado en su determinación (CRUZ-SANJULIÁN, ERASO y MORALES, in litt.).

Con objeto de conocer las fluctuaciones naturales de los niveles piezométricos, aparte de los oportunos controles periódicos, se instaló un limnigrafo en uno de los cinco pozos existentes (número 5.503, fig. 1); los datos registrados corresponden al período de marzo-mayo de 1983, fecha esta última en que el aparato hubo de retirarse debido a los daños sufridos por el mismo.

2. INFORMACION OBTENIDA DEL LIMNIGRAMA

En la figura 2 se reproduce la evolución del nivel piezométrico observado en el pozo, así como la distribución de las precipitaciones correspondientes al mismo período en la estación de Sondica.

Resalta, en primer lugar, la rápida respuesta del acuífero a la precipitación, incluso a las de pequeña magnitud; se observa que el desfase entre la precipitación y el máximo ascenso es del orden de un día, lo que significa que la recarga se produce antes de transcurridas 24 horas del comienzo de la precipitación; ello es coherente, por otra parte, con la elevada permeabilidad y la proximidad a la superficie del nivel piezométrico (de 2 a 3 metros en el pozo 5.503 en el período considerado). Por otra parte, no se detecta, como era de esperar, influencia alguna de las mareas en el nivel piezométrico (ver fig. 2).

Con vistas a la estimación de las características dimensionales del acuífero a partir de las fluctuaciones del nivel piezométrico, se ha aplicado el método de RORABAUGH (1960). Este autor analiza el agotamiento, partiendo de un nivel freático horizontal, en un acuífero uniforme, isótropo y homogéneo, con límites paralelos y verticales, rela-

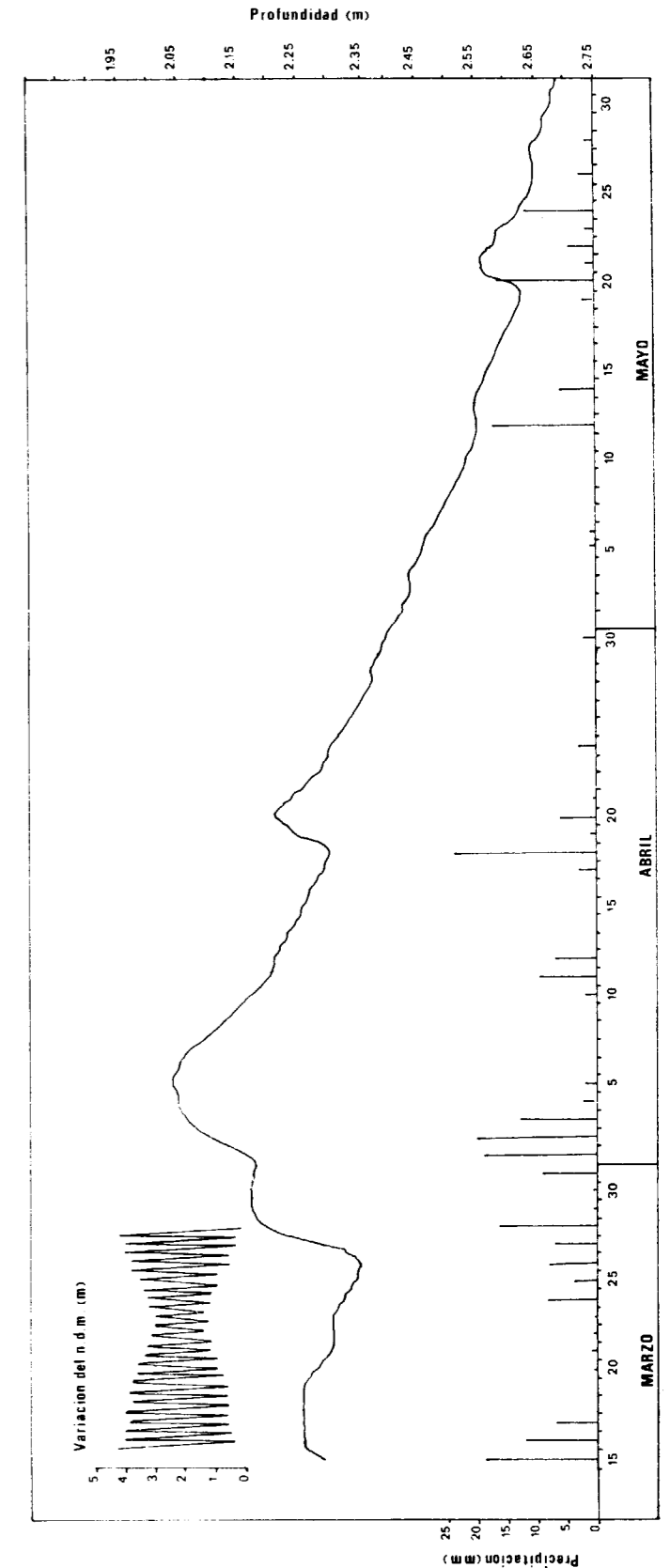


Figura 2.—Limnigrama del pozo 5503 en el período marzo-mayo de 1983, precipitación diaria en Sondica en el mismo período y oscilación de mareas en dos semanas del mes de marzo

tivamente potente en comparación con la magnitud de las fluctuaciones del nivel, suficientemente ancho respecto al espesor, con sustrato impermeable y conectado con una superficie de agua libre; en estas condiciones, RORABAUGH (op. cit.) establece que la difusividad hidráulica (T/S), puede expresarse:

$$T/S = \frac{0.933 a^2}{t_2 - t_1} \lg \left(\frac{h_1}{h_2} \right)$$

siendo,

T y S=transmisividad y coeficiente de almacenamiento (en este caso porosidad eficaz) del acuífero.

a=mitad de la anchura del acuífero en la porción estudiada.

h₁ y h₂=alturas del nivel piezométrico, sobre la superficie de agua libre de referencia, en los momentos de agotamiento t₁ y t₂, contabilizados a partir de una recarga que lleva el nivel piezométrico a la máxima h₀ en el instante t=0.

En el caso del pozo 5.503 del acuífero de Górliz, se ha aplicado dicha metodología al agotamiento que tuvo lugar entre el 21 de abril y el 15 de mayo de 1983, sólo alterado por precipitaciones de

pequeña cuantía y que de hecho sólo provocan efectos muy limitados en el hidrograma (fig. 2).

Construida la oportuna gráfica (fig. 3), se obtiene un valor de difusividad hidráulica (T/S) de 974 m²/día, utilizando una distancia a=250 m.

Este valor resulta aparentemente bajo si se compara con la transmisividad y la porosidad eficaz calculadas a partir de ensayos de bombeo (200-300 m²/día y 0.1, respectivamente). Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el indicado valor de la porosidad eficaz debe ser considerado con reservas, al haberse obtenido a partir del método de PAPADOPOULOS y COOPER (1967) para ensayos de bombeo en pozos de gran diámetro. Igualmente, las condiciones exigidas por el método de RORABAUGH (op. cit.) sólo se cumplen en este caso de un modo aproximado, muy en particular en lo que se refiere a la disposición de las superficies de agua libre (aquí representadas por los arroyos Txantxarros y Argintxa) y a la geometría del sistema. Ello no obstante, el orden de magnitud de la difusividad es coherente con los valores de permeabilidad (10-15 metros/día), espesor saturado (10-15 metros) y coeficiente de almacenamiento (0.1), obtenidos por otros métodos (CRUZ-SANJULIÁN, ERASO y MORALES, in litt.).

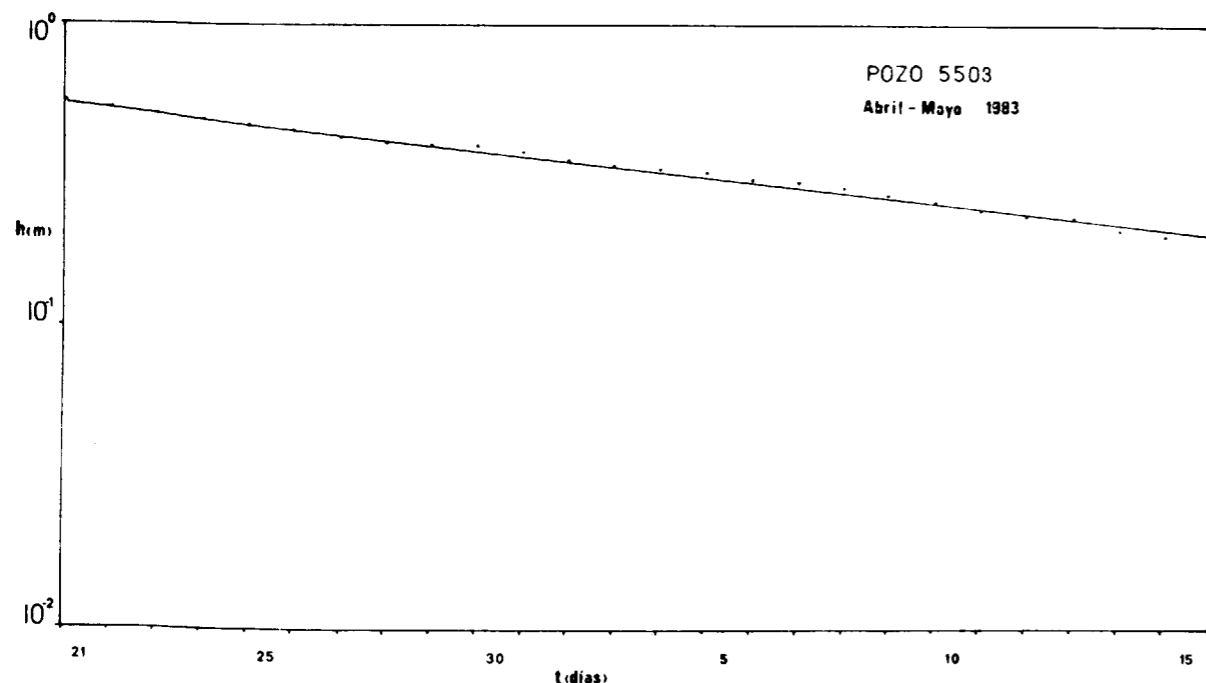


Figura 3.—Log. h versus t, en el pozo 5503 (21 de abril a 15 de mayo de 1983).

3. CONCLUSIONES

La respuesta del acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz a la precipitación es muy rápida, como cabía esperar de la elevada permeabilidad del material y de la proximidad a la superficie del nivel freático: la recarga se detecta antes de transcurridas 24 horas del comienzo de la precipitación.

La aplicación del método de RORABAUGH al sector de acuífero comprendido entre los arroyos Txantxarros y Argintxa, en el que se encuentra el pozo 5.503, permite estimar, a partir del limnigrama del citado pozo, una difusividad hidráulica de 974 m²/día, valor que resulta algo bajo comparado con el obtenido a partir de la transmisividad (200-300 m²/día) y la porosidad eficaz (0.1), calculadas en ensayos de bombeo, pero coherente en el orden de magnitud con las determinaciones

de la permeabilidad y espesor saturado obtenidos por diversos métodos.

BIBLIOGRAFIA

CRUZ-SANJULIÁN, J.; ERASO, A., y MORALES, T.: *Características dimensionales del acuífero ligado a las formaciones arenosas cuaternarias de Górliz* (in litt.).
 MORALES, T.: *Estudio hidrogeológico de los materiales cuaternarios de Górliz*. Tesis de Licenciatura, inédita, Univ. del País Vasco, 129 pp. dact. (1983).
 MORALES, T.; CASTAÑOS, F.; CRUZ-SANJULIÁN, J., y RAMÓN-LLUCH, R.: *Investigación geofísica del acuífero cuaternario de Górliz (Vizcaya)*. I Congreso Español de Geología, Segovia, abril 1984, tomo IV, pp. 249-260.
 PAPADOPOULOS, I. S., y COOPER, H. H. Jr.: *Drawdown in a well of large diameter*. Water Res. Res., vol. 3, pp. 241-244 (1967).
 RORABAUGH, M. I.: *Use of water levels in estimating aquifer constants in a finite aquifer*. U.G.G.I., A.I.H.S., Helsinki, pp. 314-323 (1969).

Recibido: Septiembre de 1984.

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Quimismo mineral del afloramiento de rocas anfibolíticas de El Arenal (Provincia de Avila)

Por A. APARICIO YAGÜE (*) y V. SANTOS SERRANO (*)

RESUMEN

Se estudia un nuevo afloramiento de anfibolitas en el Sistema Central Español (Sector Gredos), que se manifiesta como continuación del macizo metamórfico de Arenas de San Pedro (Avila). Aparece incluido en las rocas graníticas de la zona, originándose un proceso de contaminación en la roca caja que modifica su composición desde adamellita-granodiorita a rocas dioríticas. Este proceso se analiza desde un punto de vista químico y mineralógico en las rocas afectadas.

ABSTRACT

In the Spanish Sistema Central (Gredos) a new outcrop of amphibolitic rocks is described which is continued by the «Arenas de San Pedro metamorphic massif».

These rocks are included in granitic ones generating a contamination process. The early composition (adamellitic-granodioritic) of plutonic rocks is modified to dioritic composition by the process which is studied from a chemical-mineralogical point of view on the plutonic and metamorphic rocks.

INTRODUCCION

En el sector central de Gredos, entre los macizos metamórficos de Arenas de San Pedro (MARTÍN ESCORZA, 1971) y de Cebreros-La Cañada, se encuentran numerosos enclaves de rocas metamórficas. En la Sierra del Valle, APARICIO et al. (1977), cartografiaron y describen algunos de estos enclaves de mayor volumen, en su mayor parte pelíticos y cuarcíticos, y más escasos de anfibolitas y rocas de silicatos cálcicos, con unas dimensiones máximas de 400 metros, siendo muy frecuente los de escasos centímetros. De esta forma eliminaban la extensa mancha metamórfica que ocupaba la zona de cumbres de la Sierra del Valle en todos los mapas geológicos del sector.

Sin embargo, más hacia el oeste, en la zona de cumbres y ladera sur del Macizo de Gredos, los autores de este trabajo han podido cartografiar los cada vez más numerosos enclaves de rocas esquistosas y anfibolíticas, aunque en general de dimensiones que no superan los cinco m. En las

inmediaciones de el pueblo de El Arenal (fig. 1), entre los 900 y 1.200 m. de altitud, se localiza un extenso enclave de rocas anfibolíticas, incluido en rocas graníticas, y con un grado de transformación muy variable, cuya descripción constituye el objeto de este trabajo.

El afloramiento de rocas anfibolíticas es la prolongación del extremo norte del macizo de rocas metamórficas de Arenas de San Pedro, descrito por MARTÍN ESCORZA (1971) y más tarde por ODRIOZOLA et al. (1981), y está constituido por un núcleo principal de 2x0,5 Km., si bien la zona de pequeños enclaves, dentro del granito, cubre una extensión algo mayor.

La roca caja está constituida por rocas graníticas de grano medio a grueso y textura porfídica con fenocristales de feldespato de 5-8 cm. como tamaño medio, en ocasiones con una fuerte orientación de tipo tectónico-fluidal en los fenocristales y una esquistosidad determinada por los minerales micáceos. Las rocas anfibolíticas también presentan una esquistosidad, aunque en zonas próximas al contacto con rocas graníticas

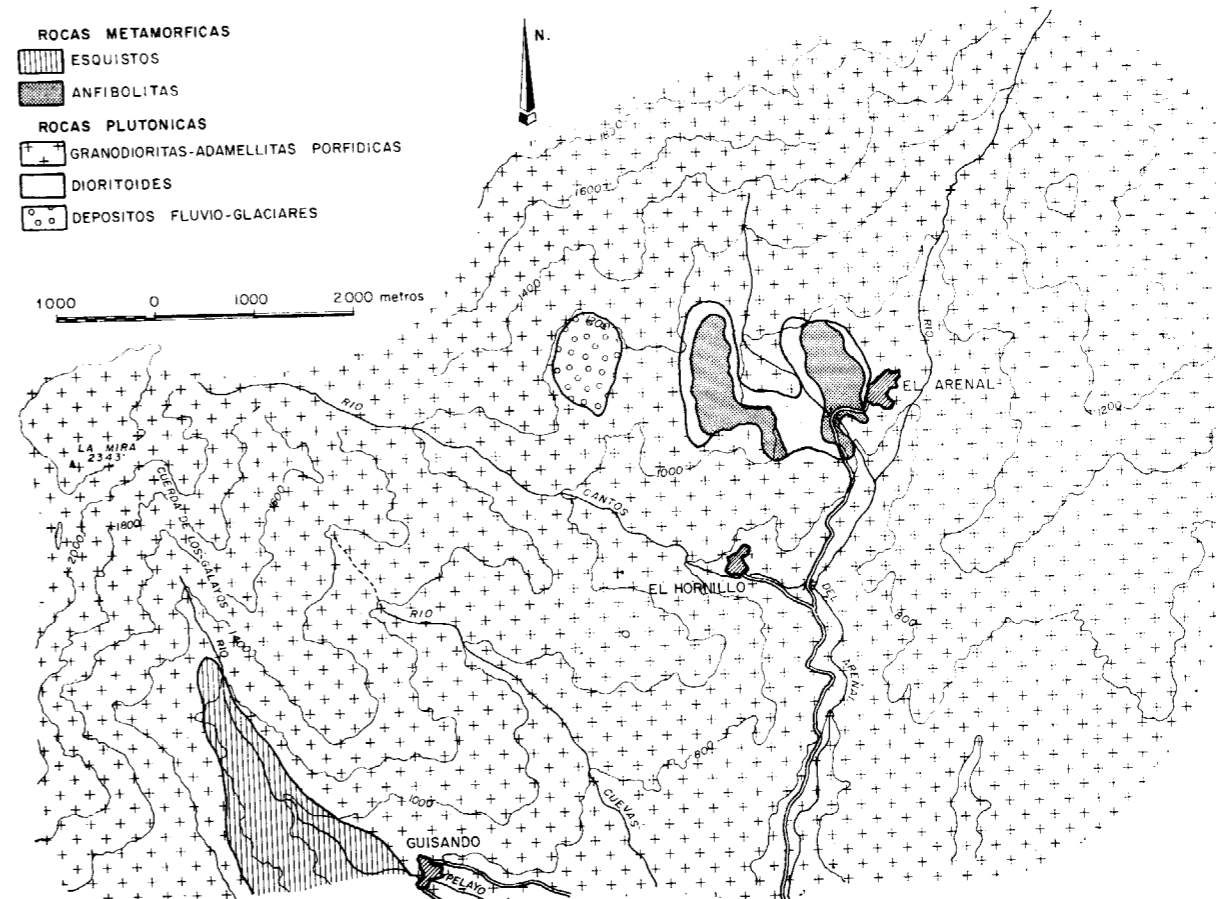


Figura 1.—Esquema geológico del afloramiento de anfibolitas de El Arenal (Avila).

puede llegar a perderse totalmente. Aunque «in situ» no se han encontrado rocas de silicatos cálcicos, fragmentos de este tipo de rocas, junto a otros de cuarcitas y esquistos, es frecuente encontrarlos en los canchales de ascendencia morrénica que limitan los afloramientos hacia el norte.

PETROLOGIA Y MINERALOGIA

Las rocas plutónicas que bordean el afloramiento metamórfico corresponden a las granodioritas-adamellitas regionales, características de la serie plutónica calcoalcalina del Sistema Central (APARICIO et al., 1975). En las zonas próximas al contacto, la roca se enriquece en biotita y muy cerca ya del contacto cristalizan junto a biotita, hornblenda y clinopiroxeno, con una fuerte disminución del contenido en feldespato potásico y cuarzo,

de forma que la granodiorita transita a cuarzo-diorita; por el contrario, hacia el este las facies plutónicas se hacen más ácidas con tipos graníticos (s.s.).

La composición mineral de estas rocas queda reflejada en la tabla 1, en donde se aprecia dentro de ellas una fuerte variación en los contenidos en máficos (biotita, hornblenda y clinopiroxeno) y cuarzo-feldespatos.

En las rocas metamórficas predominan las anfibolitas con contenido mayoritario en anfíbol, aunque está acompañado de plagioclasa, biotita-flogopita e ilmenita (tabla 1); en algunas facies de anfibolitas disminuye el contenido en anfíbol y presentan otros máficos como olivino, orto y clinopiroxeno. En otros casos contienen clorita y anfíbol como minerales principales al 50 por 100, aunque se encuentran rocas con predominio indistinto de un mineral sobre otro acompañados a

(*) Instituto de Geología. CSIC. Madrid.

TABLA 1

Composición química y modal de las rocas metamórficas y plutónicas estudiadas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SiO ₂	51.00	48.10	49.24	55.35	59.99	59.80	58.68	65.87	60.79	65.86	68.03	70.24	65.86
Al ₂ O ₃	8.50	8.26	12.40	18.41	17.18	18.39	17.70	16.83	17.30	15.35	15.95	15.03	16.68
Fe ₂ O ₃	2.17	3.00	1.47	0.41	0.68	0.70	0.28	0.12	0.08	-	-	0.06	0.51
FeO	9.68	7.93	8.10	5.58	5.55	4.52	4.62	3.09	5.32	4.36	3.41	2.50	3.01
MnO	0.19	0.14	0.15	0.14	0.12	0.08	0.12	0.07	0.09	0.09	0.07	0.06	0.08
MgO	20.10	22.92	14.27	4.37	3.13	2.36	2.85	1.46	2.85	1.96	1.44	0.99	1.06
CaO	4.95	2.71	5.10	7.01	5.31	3.92	5.83	2.93	5.36	3.35	2.92	2.88	3.36
Na ₂ O	0.68	0.35	3.74	3.28	3.15	3.68	3.82	3.38	3.31	3.91	3.22	3.62	3.84
K ₂ O	0.91	0.26	1.40	2.33	1.87	2.85	2.40	3.83	2.26	2.69	2.95	2.97	3.46
TiO ₂	0.41	0.83	0.76	0.82	1.05	1.10	0.85	0.57	1.09	0.74	0.65	0.58	0.70
P ₂ O ₅	0.12	0.09	0.13	0.26	0.23	0.36	1.01	0.43	0.22	0.57	0.32	0.22	0.17
H ₂ O	1.05	4.50	1.75	1.45	6.84	1.70	1.16	0.92	0.84	0.67	0.85	0.66	0.84
TOTAL	99.76	99.97	99.41	100.05	99.87	99.96	99.83	99.84	100.09	99.87	100.05	100.08	99.91
Q	-	-	-	3.3	14.82	14.10	10.26	22.5	13.98	21.36	28.38	29.52	20.64
Or	-	-	-	13.9	10.56	16.68	13.90	22.24	13.34	15.56	17.23	17.23	20.01
Ab	-	-	-	27.7	26.20	30.91	31.96	28.29	27.77	33.01	26.72	30.39	31.96
An	-	-	-	28.6	26.13	16.95	23.07	11.95	25.57	13.06	12.78	12.78	15.84
Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	-	-	-	-	0.51	3.06	0.4	2.8	-	1.22	2.85	1.22	0.91
Di	-	-	-	3.55	-	-	-	-	0.22	-	-	-	-
Hy	-	-	-	17.95	16.49	11.97	14.22	8.3	15.03	11.76	8.88	6.14	6.66
Ol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mt	-	-	-	0.69	0.92	0.92	0.40	0.2	0.11	-	-	0.08	0.69
Ilm	-	-	-	1.52	1.97	1.97	1.52	1.06	1.97	1.36	1.21	1.06	1.35
Ap	-	-	-	0.62	0.62	0.93	2.19	0.93	0.31	1.24	0.62	0.47	0.31
I.D.	-	-	-	44.9	51.58	61.69	56.12	73.03	55.09	69.93	72.33	77.14	72.61
A	-	-	-	5.61	5.02	6.53	6.22	7.21	5.57	6.6	6.17	6.59	7.3
F	-	-	-	6.99	6.23	5.22	4.91	3.21	5.40	4.36	3.41	2.56	3.52
H	-	-	-	4.37	3.13	2.36	2.85	1.46	2.85	1.96	1.44	0.99	1.06
Q	-	-	27.52	11.57	18.70	22.90	25.20	28.27	28.40	32.21	33.16	36.96	47.53
Fk	-	-	-	-	-	0.85	2.11	29.88	2.03	2.55	6.27	10.34	13.49
Pl	15.95	-	-	55.27	46.83	56.43	50.79	25.99	56.54	39.93	38.60	37.55	8.55
Bi	9.55	-	0.89	11.85	22.40	19.56	19.12	14.90	22.64	24.92	20.81	14.19	7.16
Anf	32.81	53.15	70.23	20.82	11.30	-	2.49	-	7.52	-	-	-	-
Mo	1.71	-	-	-	-	-	-	0.73	0.06	0.18	0.54	0.59	18.02
Cpx	-	-	-	-	0.25	-	-	-	4.33	-	-	-	-
Opx	31.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Op	0.66	-	1.33	0.37	-	-	-	0.06	-	-	0.04	-	-
Ap	-	-	-	0.09	-	0.24	0.12	0.13	0.13	0.18	0.54	0.35	-
Esf	-	-	-	-	0.50	-	0.12	-	0.94	-	-	-	-
Clcr	-	46.84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oli	17.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cord	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23

1: Anfibolita.- 2: Anfibolita.- 3: Anfibolita.- 4: Diorita.- 5: Cuarzodiorita.- 6: Cuarzodiorita.- 7: Cuarzodiorita
C: Adamellita.- 9: Cuarzodiorita.- 10: Cuarzodiorita.- 11: Granodiorita.- 12: Granodiorita.- 13: Cuarzograno

veces por algunas laminillas de moscovita-sericita y flogopita.

Las rocas de silicatos cálcicos, encontradas sueltas, contienen cuarzo, clinopiroxenos y epidota, y como accesorios, escapolita, anfíbol cálcico, feldespato potásico, grossularia, esfena y opacos. Sobre la misma muestra, bandas de esta composición puedan alternar con otras de esquistos con cuarzo, moscovita, epidota, clorita, moscovita y opacos.

QUIMISMO DE ROCAS Y MINERALES

En la tabla 1 se indican las composiciones químicas de las rocas plutónicas y metamórficas. Dentro de las primeras está representada una serie que coincide con la calcoalcalina establecida por APARICIO et al. (1975) para el Sistema Central, con variaciones en álcalis y ferromagnesianos que se pueden considerar normales. En el diagrama AFM (fig. 2) se observa la ausencia de los términos más ácidos.

Las rocas metamórficas presentan contenidos en SiO₂ y Al₂O₃ bajo y algo mayores en MgO y FeO respecto a las rocas plutónicas.

Tanto de las rocas plutónicas como de las meta-

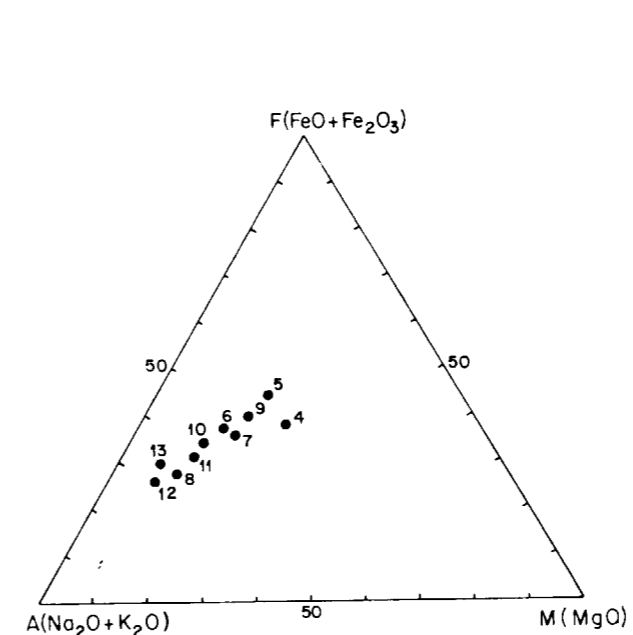


Figura 2.—Diagrama AFM para las rocas plutónicas del sector estudiado.

mórficas se han analizado una serie de minerales representativos de cada tipo en orden a establecer correlaciones en las transformaciones y contaminaciones sufridas por las mismas (tabla 2). Fundamentalmente se han analizado feldespatos, anfíboles, piroxenos y micas. La abundancia de análisis de minerales, ya publicados en otros sectores del Sistema Central, tanto en rocas plutónicas como metamórficas (LÓPEZ RUIZ et al., 1978, 1980; APARICIO et al., 1979, 1980; APARICIO y GARCÍA CACHO, 1982, 1983), facilita el estudio de las relaciones roca-mineral.

BIOTITA

En las rocas plutónicas las biotitas son relativamente ricas en Fe, con escasas diferencias entre los términos ácidos y básicos; únicamente se aprecia un mayor contenido en Al₂O₃ para las rocas ácidas.

En las relaciones triangulares Al-K-(Fe+Mg+Mn+Ti) y Mg-(Al+Ti)-(Fe+Mn) (figs. 3 y 4) se proyectan sobre campos coincidentes con las biotitas de rocas metamórficas pelíticas y plutónicas del Sistema Central (LÓPEZ RUIZ et al., 1978; APARICIO et al., 1980).

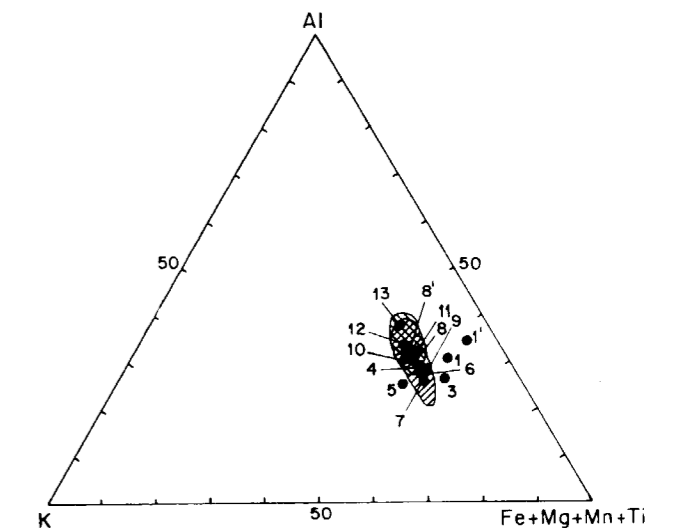


Figura 3.—Diagrama triangular Al-K-(Fe+Mg+Mn+Ti) en biotitas de anfibolitas y rocas plutónicas. El área rayada corresponde al campo de proyección de biotitas de rocas metamórficas pelíticas del Sistema Central (según LÓPEZ RUIZ et al., 1978) y al de biotitas de rocas plutónicas (según APARICIO et al., 1980).

TABLA 2

Análisis químicos de los principales minerales constituyentes de las rocas estudiadas

Table with columns for Biotitas (1-13) and rows for chemical compounds (SiO2, Al2O3, FeO, MgO, Na2O, K2O, MnO, TiO2, H2O) and elements (Si, Al, Fe, Mg, Na, K, Mn, Ti, OH).

Fórmula de Biotitas en base a 24 Ox.

Table with columns for Flogopita, Moscovitas, Olivino, and Cloritas (1-3) and rows for chemical compounds (SiO2, Al2O3, FeO, MgO, Na2O, K2O, MnO, TiO2, H2O).

Table with columns for Flogopita, Moscovitas, Olivino, and Cloritas (1-3) and rows for elements (Si, Al, Fe, Mg, Na, K, Mn, Ti, OH).

Fórmula de Flogopita y Moscovitas en base a 24 Ox.

Fórmula de Olivino en base a 4 Ox.

Fórmula de Cloritas en base a 36 Ox.

TABLA 2 (Continuación)

Large table with columns for Anfibol (1-9), Clinopiroxeno (5, 9), and Ortopiroxeno (1, 1') and rows for chemical compounds (SiO2, Al2O3, FeO, MgO, CaO, Na2O, K2O, MnO, TiO2, H2O) and elements (Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Mn, Ti, OH).

Fórmula de Anfibol en base a 24 Ox

Fórmula de Clinopiroxeno y Ortopiroxeno en base a 6 Ox

Table with columns for Feldespato Potásico (5-13) and Opacos (1-7) and rows for chemical compounds (SiO2, Al2O3, FeO, MgO, CaO, Na2O, K2O).

Table with columns for Feldespato Potásico (5-13) and Opacos (1-7) and rows for elements (Si, Al, Ca, Na, K, Or, Ab, An).

Fórmula de Feldespato Potásico en base a 32 Ox.

	Plagioclasa																			
	1	1'	1''	1'''	3	4	5	6	7	8	9	9'	10	11	12	12'	13	13'		
SiO ₂	50.56	57.95	48.53	33.30	30.84	25.91	8.98	6.49	0.11	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17
Al ₂ O ₃	31.80	27.90	33.30	30.84	25.91	8.98	6.49	0.11	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17	
CaO	11.70	6.59	14.42	12.71	7.51	6.73	6.49	0.11	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17	
Na ₂ O	6.32	7.74	3.17	5.51	6.73	6.49	0.11	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17		
K ₂ O	-	-	-	-	-	0.11	0.11	0.25	0.34	0.17	0.21	0.25	0.25	0.20	0.12	0.30	0.24	0.18		
TOTAL	100.48	100.18	99.42	99.94	100.33	99.58	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17			
Si	9.200	10.314	8.901	8.201	10.6560	10.0241	10.2823	10.5763	10.2937	10.6623	10.2712	10.4261	10.7744	10.7811	10.4478	10.4652	10.3030	11.9724		
Al	6.840	5.881	7.235	6.670	5.4087	6.0492	5.5946	5.3746	5.5059	5.2512	5.7036	5.4213	5.2729	5.1794	5.6084	5.4225	4.3425	4.0347		
Ca	2.276	1.256	2.833	2.486	1.4241	1.7351	1.6889	1.4079	1.8674	1.5868	1.7514	1.7919	1.3260	1.2846	1.2699	1.3657	1.0944	0.1132		
Na	2.225	2.671	1.124	1.950	2.3090	2.2668	2.6592	2.7353	2.5023	2.3885	2.2616	2.3986	2.3858	2.7300	2.8245	3.0608	3.5164	3.7993		
K	-	-	-	-	-	0.0253	0.0577	0.0275	0.0784	0.0285	0.0480	0.0580	0.0453	0.0456	0.0272	0.0585	0.0598	0.0404		
Or	-	-	-	-	-	0.63	1.35	0.67	2.81	0.99	1.21	1.58	1.25	1.16	0.67	1.77	1.22	1.08		
Ab	53.43	65.42	26.80	42.48	60.43	54.83	58.92	64.22	54.78	58.02	54.21	66.78	62.10	65.91	67.23	74.56	74.24	95.88		
An	58.04	32.69	71.53	57.51	39.56	44.52	39.72	35.09	43.40	40.98	44.57	31.63	34.05	32.92	32.08	35.32	24.53	3.02		

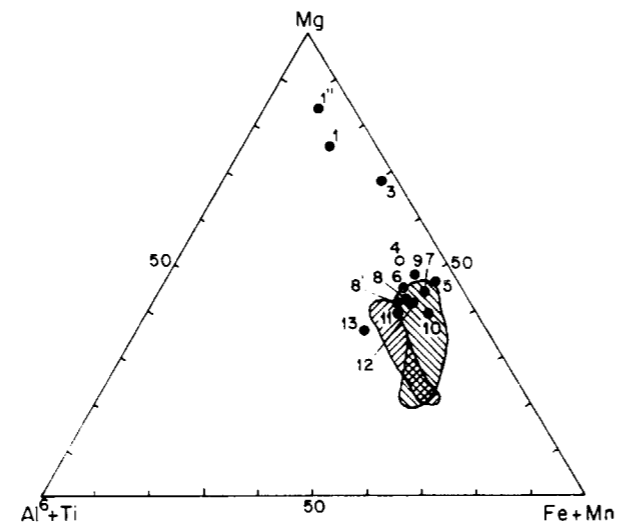


Figura 4.—Diagrama triangular Mg-(Al⁶+Ti)-(Fe+Mn) en biotitas de anfibolitas y rocas plutónicas. Las áreas rayadas tienen el mismo significado que en la figura 3.

En las rocas metamórficas anfibolíticas, por el contrario, presentan un mayor contenido en Mg y menor Fe y K en comparación con las biotitas de rocas plutónicas y metamórficas (pelíticas). En alguna anfibolita (muestra núm. 1) coexisten dos tipos micáceos, una biotita rica en Mg y otra de composición flogopítica con mayor abundancia de Mg y escaso K. En el campo de proyección de las figuras 3 y 4 se apartan del campo de las rocas plutónicas.

MOSCOVITA

Solamente se han podido analizar en las rocas plutónicas. Aparecen en proporción minoritaria, tanto en las rocas plutónicas como en las metamórficas, a excepción de los granitos, donde aumenta su proporción notablemente. Para las rocas plutónicas su composición es similar a las establecidas para el área plutónica y metamórfica del Sistema Central (APARICIO et al., 1979, 1980; LÓPEZ RUIZ et al., 1980) (figs. 5 y 6).

ANFIBOLES

En el grupo de rocas plutónicas la composición es bastante homogénea (tipo hornbléndico), con

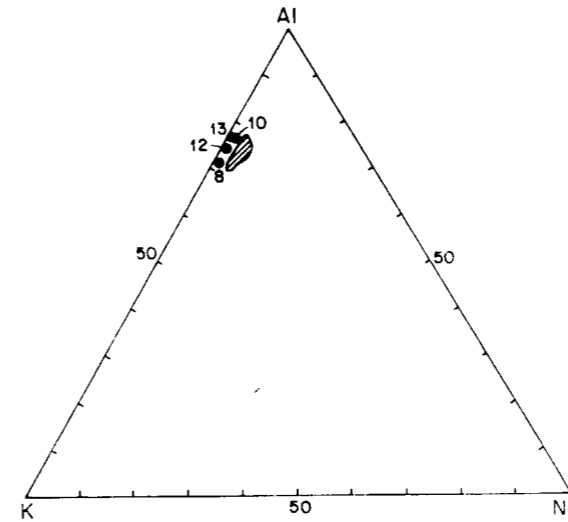


Figura 5.—Diagrama triangular Al-K-Na en moscovita de las rocas plutónicas de la zona estudiada. El área rayada corresponde a moscovitas de rocas metamórficas pelíticas y plutónicas del Sistema Central (según LÓPEZ RUIZ et al., 1980, y APARICIO et al., 1979 y 1980).

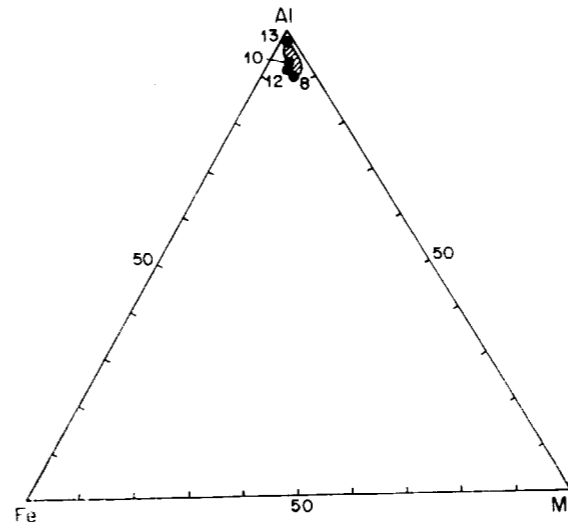


Figura 6.—Diagrama triangular Al-Fe-Mg en moscovita de las rocas plutónicas del área estudiada. El área rayada tiene el mismo significado que en la figura 5.

escasas variaciones en Fe-Mg (fig. 7). Mayor variabilidad se observa en los anfíboles de rocas metamórficas. En ellas la composición varía entre hornblendas edeníticas, hornblendas pargasíticas y pargasitas. En una muestra (núm. 3) co-

existen dos variedades de anfíbol, una pargasita rica en Fe y una actinolita. En la muestra número 1, los dos análisis realizados sobre anfíbol corresponden al mismo tipo hornbléndico, aunque uno de ellos es de tendencia magnésica y otro edenítico. En términos comparativos, el campo de proyección de estos anfíboles, tanto los plutónicos como metamórficos, coinciden con el determinado por APARICIO y GARCÍA CACHO (1983) en las rocas carbonatadas y de silicatos cálcicos del Sistema Central (figs. 8 y 9).

PIROXENOS

En las rocas plutónicas se han encontrado clinopiroxenos sólo en dos muestras de características cuarzo-dioríticas, y su composición está bastante próxima (salita y augita, tabla 2). En sólo una muestra (núm. 1), dentro de las rocas metamórficas, se ha encontrado ortopiroxeno con una variedad rica en Mg (Hyperstena). Los clinopiroxenos aquí analizados entran dentro del rango composicional determinado por APARICIO y GARCÍA GACHO (1983) para rocas metamórficas carbonatadas del Sistema Central.

FELDESPATOS

Se determinaron composiciones del par plagioclasa-Feldespato potásico en las rocas plutónicas, donde están presentes los dos minerales, y plagioclasa sólo en las anfibolitas (tabla 2).

En las rocas plutónicas de tipo granodiorítico-cuarzodiorítico la composición de la plagioclasa varía entre An₃₂ - An₄₄ (andesina), mientras en la roca granítica es oligoclasa.

En las anfibolitas la plagioclasa es de tipo andesina. En la muestra número 1 se encuentran dos tipos de plagioclasa, una andesínica (aspecto anubarrado) y otra de tipo labradorita-bytownita.

En el feldespato potásico no se observan diferencias notables de composición entre las diferentes rocas plutónicas.

OTROS MINERALES

Con carácter muy minoritario y restringido, en cuanto a su distribución en los diferentes tipos

	Plagioclasa																													
	1	1'	1"	1"	3	4	5	6	7	8	9	9'	10	11	12	12'	13	13'												
SiO ₂	50.56	57.95	48.53	33.30	30.84	25.91	8.98	6.49	3.17	5.51	6.73	-	-	99.42	99.94	100.33	99.58	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17		
Al ₂ O ₃	31.80	27.90	33.30	14.42	12.71	7.51	8.98	6.49	3.17	5.51	6.73	-	-	99.42	99.94	100.33	99.58	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17		
CaO	11.70	6.59	14.42	12.71	7.51	8.98	6.49	3.17	5.51	6.73	-	-	99.42	99.94	100.33	99.58	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17			
Na ₂ O	6.32	7.74	3.17	5.51	6.73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
K ₂ O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TOTAL	100.48	100.18	99.42	99.94	100.33	99.58	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17	99.54	99.44	99.85	100.42	100.10	100.80	99.83	100.52	100.38	99.69	99.17		
Si	9.200	10.314	8.901	8.201	10.6560	10.0241	10.2823	10.5763	10.2937	10.6623	10.2712	10.4261	10.7744	10.7811	10.4478	10.4652	10.3030	11.9724	10.7744	10.7811	10.4478	10.4652	10.3030	11.9724	10.7744	10.7811	10.4478	10.4652	10.3030	11.9724
Al	6.840	5.881	7.235	6.670	5.4087	6.0492	5.5946	5.3746	5.5059	5.2512	5.7036	5.4213	5.2729	5.1794	5.6084	5.4225	4.3425	4.0347	5.2729	5.1794	5.6084	5.4225	4.3425	4.0347	5.2729	5.1794	5.6084	5.4225	4.3425	4.0347
Ca	2.276	1.256	2.833	2.486	1.4241	1.7351	1.6889	1.4079	1.8674	1.5868	1.7514	1.7919	1.3260	1.2846	1.2699	1.3657	1.0944	0.1132	1.3260	1.2846	1.2699	1.3657	1.0944	0.1132	1.3260	1.2846	1.2699	1.3657	1.0944	0.1132
Na	2.225	2.671	1.124	1.950	2.3090	2.2668	2.6592	2.7353	2.5023	2.3885	2.2616	2.3986	2.3858	2.7300	2.8245	3.0608	3.5164	3.7993	2.3858	2.7300	2.8245	3.0608	3.5164	3.7993	2.3858	2.7300	2.8245	3.0608	3.5164	3.7993
K	-	-	-	-	-	0.0253	0.0577	0.0275	0.0784	0.0285	0.0480	0.0580	0.0453	0.0456	0.0272	0.0585	0.0598	0.0404	0.0453	0.0456	0.0272	0.0585	0.0598	0.0404	0.0453	0.0456	0.0272	0.0585	0.0598	0.0404
Or	-	-	-	-	-	0.63	1.35	0.67	2.81	0.99	1.21	1.58	1.25	1.16	0.67	1.77	1.22	1.08	1.25	1.16	0.67	1.77	1.22	1.08	1.25	1.16	0.67	1.77	1.22	1.08
Ab	53.43	65.42	26.80	42.48	60.43	54.83	58.92	64.22	54.78	58.02	54.21	66.78	62.10	65.91	67.23	74.56	74.24	95.88	62.10	65.91	67.23	74.56	74.24	95.88	62.10	65.91	67.23	74.56	74.24	95.88
An	58.04	32.69	71.53	57.51	39.56	44.52	39.72	35.09	43.40	40.98	44.57	31.63	34.05	32.92	32.08	35.32	24.53	3.02	34.05	32.92	32.08	35.32	24.53	3.02	34.05	32.92	32.08	35.32	24.53	3.02

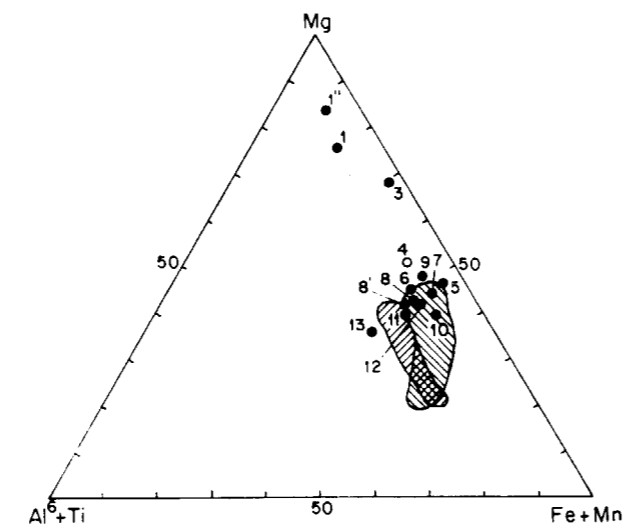


Figura 4.—Diagrama triangular Mg-(Al⁶+Ti)-(Fe+Mn) en biotitas de anfibolitas y rocas plutónicas. Las áreas rayadas tienen el mismo significado que en la figura 3.

En las rocas metamórficas anfibolíticas, por el contrario, presentan un mayor contenido en Mg y menor Fe y K en comparación con las biotitas de rocas plutónicas y metamórficas (pelíticas). En alguna anfibolita (muestra núm. 1) coexisten dos tipos micáceos, una biotita rica en Mg y otra de composición flogopítica con mayor abundancia de Mg y escaso K. En el campo de proyección de las figuras 3 y 4 se apartan del campo de las rocas plutónicas.

MOSCOVITA

Solamente se han podido analizar en las rocas plutónicas. Aparecen en proporción minoritaria, tanto en las rocas plutónicas como en las metamórficas, a excepción de los granitos, donde aumenta su proporción notablemente. Para las rocas plutónicas su composición es similar a las establecidas para el área plutónica y metamórfica del Sistema Central (APARICIO et al., 1979, 1980; LÓPEZ RUIZ et al., 1980) (figs. 5 y 6).

ANFIBOLES

En el grupo de rocas plutónicas la composición es bastante homogénea (tipo hornblédico), con

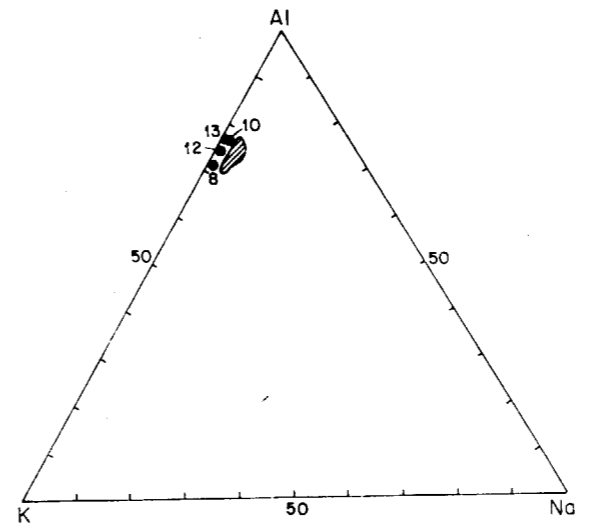


Figura 5.—Diagrama triangular Al-K-Na en moscovita de las rocas plutónicas de la zona estudiada. El área rayada corresponde a moscovitas de rocas metamórficas pelíticas y plutónicas del Sistema Central (según LÓPEZ RUIZ et al., 1980, y APARICIO et al., 1979 y 1980).

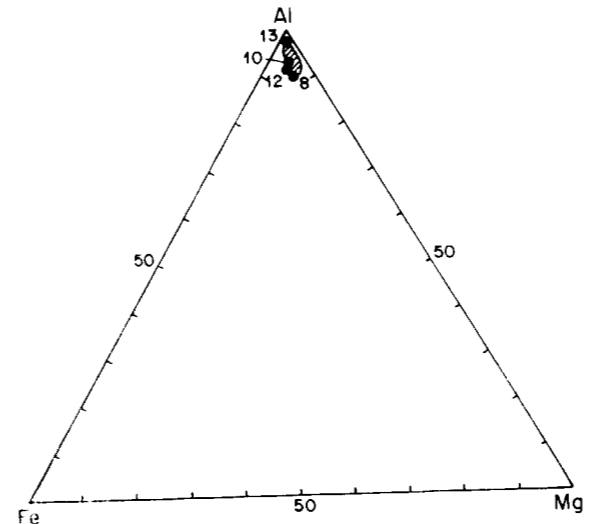


Figura 6.—Diagrama triangular Al-Fe-Mg en moscovita de las rocas plutónicas del área estudiada. El área rayada tiene el mismo significado que en la figura 5.

escasas variaciones en Fe-Mg (fig. 7). Mayor variabilidad se observa en los anfíboles de rocas metamórficas. En ellas la composición varía entre hornblendas edeníticas, hornblendas pargasíticas y pargasitas. En una muestra (núm. 3) co-

existen dos variedades de anfíbol, una pargasita rica en Fe y una actinolita. En la muestra número 1, los dos análisis realizados sobre anfíbol corresponden al mismo tipo hornblédico, aunque uno de ellos es de tendencia magnésica y otro edenítico. En términos comparativos, el campo de proyección de estos anfíboles, tanto los plutónicos como metamórficos, coinciden con el determinado por APARICIO y GARCÍA CACHO (1983) en las rocas carbonatadas y de silicatos cálcicos del Sistema Central (figs. 8 y 9).

PIROXENOS

En las rocas plutónicas se han encontrado clinopiroxenos sólo en dos muestras de características cuarzo-dioríticas, y su composición está bastante próxima (salita y augita, tabla 2). En sólo una muestra (núm. 1), dentro de las rocas metamórficas, se ha encontrado ortopiroxeno con una variedad rica en Mg (Hyperstena). Los clinopiroxenos aquí analizados entran dentro del rango composicional determinado por APARICIO y GARCÍA CACHO (1983) para rocas metamórficas carbonatadas del Sistema Central.

FELDESPATOS

Se determinaron composiciones del par plagioclasa-Feldespato potásico en las rocas plutónicas, donde están presentes los dos minerales, y plagioclasa sólo en las anfibolitas (tabla 2).

En las rocas plutónicas de tipo granodiorítico-cuarzodiorítico la composición de la plagioclasa varía entre An₃₂ - An₄₄ (andesina), mientras en la roca granítica es oligoclasa.

En las anfibolitas la plagioclasa es de tipo andesina. En la muestra número 1 se encuentran dos tipos de plagioclasa, una andesínica (aspecto anubarrado) y otra de tipo labradorita-bytownita.

En el feldespato potásico no se observan diferencias notables de composición entre las diferentes rocas plutónicas.

OTROS MINERALES

Con carácter muy minoritario y restringido, en cuanto a su distribución en los diferentes tipos

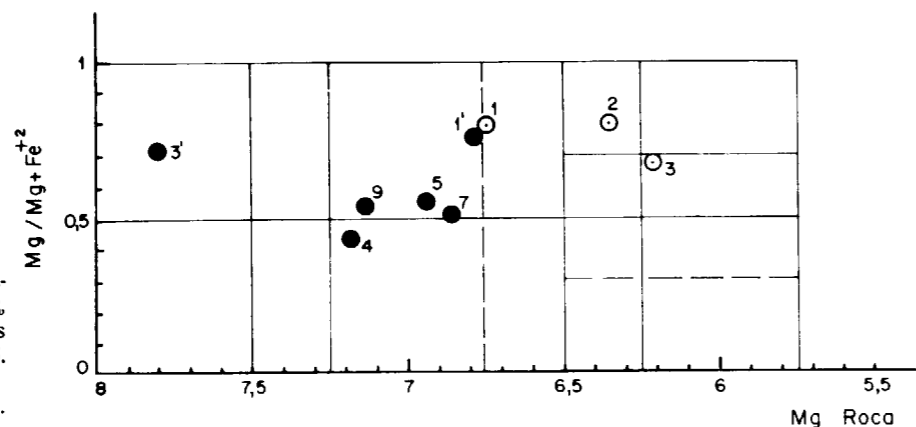


Figura 7.—Diagrama de clasificación de anfíboles (según LEAKE, 1978), para los anfíboles de las rocas estudiadas con $TiO_2 < 0.5$.
 ○ Anfíboles con $Na+K \geq 0.5$.
 ● = Anfíboles con $Na+K < 0.5$.

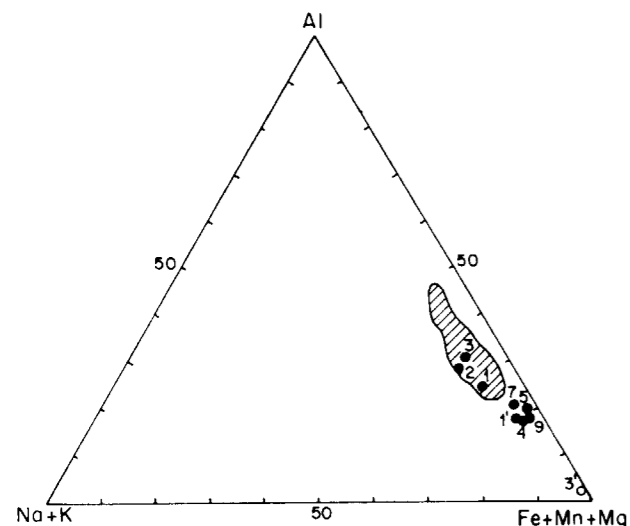


Figura 8.—Diagrama triangular Al-(Na+K)-(Fe+Mg+Mn) para los anfíboles de las rocas estudiadas. El área rayada corresponde a anfíboles de anfíbolitas y rocas de silicatos cálcicos del Sistema Central (según APARICIO y GARCÍA CACHO, 1983).

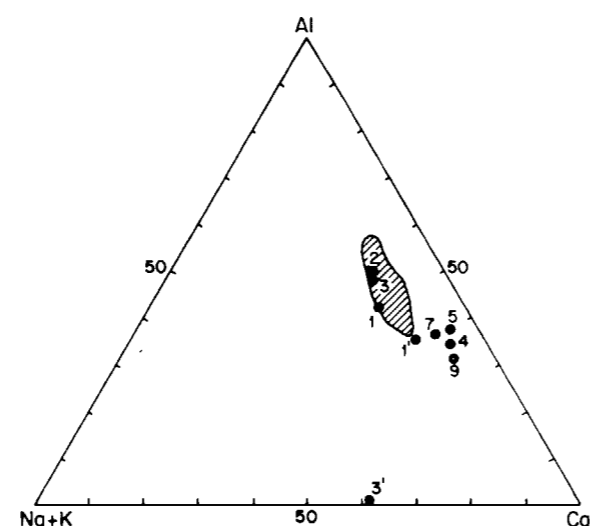


Figura 9.—Diagrama triangular Al-(Na+K)-Ca para los anfíboles de las rocas estudiadas. El área rayada corresponde a anfíboles de anfíbolitas y rocas de silicatos cálcicos del Sistema Central (según APARICIO y GARCÍA CACHO, 1983).

rocosos plutónicos y metamórficos, se encuentran algunos minerales de gran interés para marcar la evolución de estas rocas. En algunas anfíbolitas, y junto al anfíbol, se encuentra también como mineral mayoritario clorita. En un análisis de este mineral (tabla 1, muestras núm. 2) resalta el elevado contenido en Mg de la misma.

En la muestra número 1 de anfíbolita se encuentran también cristales de olivino en el que el Mg es el componente principal (tabla 2).

Prácticamente en todas las muestras coexisten

minerales opacos; en todos los casos corresponden a ilmenita, salvo en la anfíbolita (muestra número 1), que contiene magnetita.

DISCUSION

En el conjunto de las rocas plutónicas la presencia de biotita es compartida bien por anfíbol o por moscovita. Las relaciones Mg/Mg+Fe entre biotita-anfíbol y moscovita-biotita indica que no existe variación en relación con el ID de la

roca (fig. 10). Por otro lado, la variación en MgO de biotita con respecto al ID, muestra un decrecimiento al aumentar este último. De todo ello parece deducirse que la cristalización del anfíbol es independiente de la evolución y composición de su roca-caja. La relación MgO anfíbol/MgO roca y MgO biotita/MgO roca (fig. 11) corroboran esta apreciación; así, el MgO de biotita se encuentra en relación directa con MgO de roca, mientras que en el anfíbol presenta un comportamiento poco definido con respecto al mismo elemento en la roca.

El análisis conjunto de las características de campo y de la geoquímica del enclave de rocas anfíbolíticas y de las rocas plutónicas intrusivas sobre él, nos indican la existencia de un fuerte proceso de contaminación crustal producido por la asimilación de rocas metamórficas por rocas granodioríticas. El resultado de ello es una basificación creciente de la roca plutónica, con un crecimiento del contenido en máficos a partir del contacto con la roca anfíbolítica y que se traduce en la cristalización de minerales como anfíbol en forma masiva y piroxenos en menor volumen, ya que el paso clinopiroxeno-anfíbol es relativamente rápido y apreciado a nivel de lámina delgada.

Alrededor del macizo anfíbolítico se encuentra, ya en el dominio de las rocas plutónicas, una aureola de rocas dioríticas y cuarzo-dioríticas que al alejarse del contacto se van normalizando en su composición hasta llegar a la roca regional admellita-granodiorita. Este margen de transición de unos tipos a otros es variable, dada la propia movilidad de la roca plutónica, desde metros a centenares de metros.

Sobre la roca-caja anfíbolítica se producen efectos típicos de metamorfismo térmico como desaparición de la esquistosidad en zona de borde con adquisición de texturas granoblásticas. Desde un punto de vista mineralógico las transformaciones que ha experimentado la roca-caja anfíbolítica son más difíciles de precisar, puesto que existen diferencias en anfíboles y biotitas (presentan una composición más rica en MgO), mientras los clinopiroxenos se encuentran en el mismo orden de composición, aunque dada la escasez de las muestras que lo contienen no es posible establecer mayores conclusiones.

Las temperaturas obtenidas del par plagioclasa-feldespatos potásico (STORMER, 1975; WITHNEY y STORMER, 1977) son relativamente bajas para las rocas de composición granodiorita-cuarzo diorita, con frecuentes anomalías (tabla 3) e inversiones;

TABLA 3

Temperaturas obtenidas a partir de geotermómetros para las rocas plutónicas (par feldespato potásico-plagioclasa) y metamórficas (par hornblenda-plagioclasa)

	Rocas plutónicas						
	5	6	7	8	11	12	13
2Kb	480	—	390	—	460	420	490
5Kb	510	440	420	500	510	460	520

	Rocas metamórficas	
	1	3
T	510	505
P fluidos Kb	8	2Kb

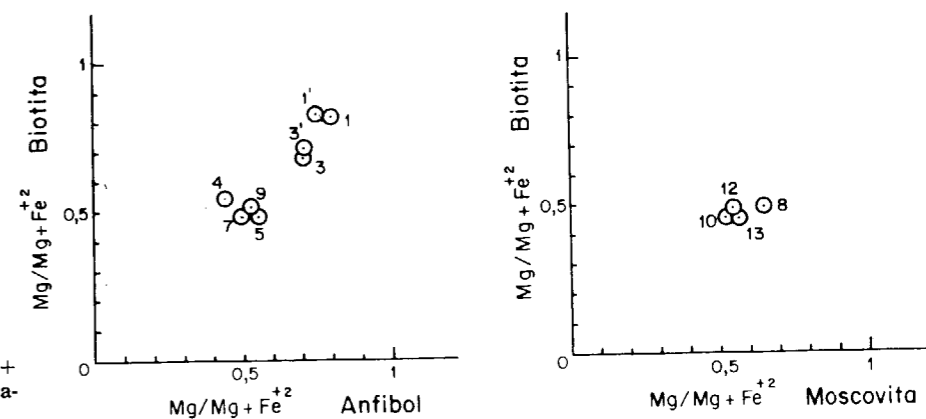


Figura 10.—Relaciones Mg/Mg+Fe de biotita-anfíbol y biotita-moscovita en las rocas estudiadas.

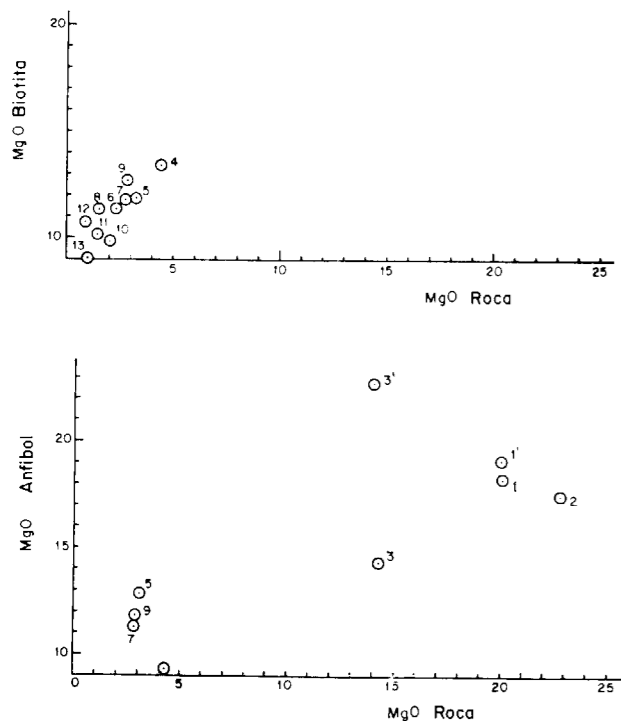


Figura 11.—Relaciones MgO (biotita)/MgO (Roca) y MgO (anfíbol)/MgO (Roca) en las rocas estudiadas.

así, la temperatura máxima se obtiene para un cuarzo-granito con 520°, mientras las rocas cuarzo-dioríticas dan temperaturas tan bajas como 420° a $P=5$ Kb. Las temperaturas son algo más bajas todavía si se considera una $P=2$ Kb. Si tenemos en cuenta los valores indicados por APARICIO et al. (1975) para la temperatura y presión de formación de estos granitos ($T=670-730$ y $P\approx 2$ Kb.), nos encontramos con valores bastantes más bajos de los normales para estas rocas.

En las rocas anfibolíticas las temperaturas obtenidas por el par plagioclasa-anfíbol (PLYUSNINA, 1982) para las muestras 1 y 3 dan valores comprendidos entre 505 y 510° con presiones de fluidos muy variables entre 2-8 Kb. Estas temperaturas son coincidentes con las condiciones del metamorfismo mesozonal, que afecta al enclave metamórfico de Arenas de San Pedro (MARTÍN ESCORZA, 1971; ODRIOZOLA et al., 1980).

Las temperaturas relativamente bajas de las rocas plutónicas, concordantes a su vez con los obtenidos en las rocas metamórficas, induce a pensar en una homogenización de las mismas

como resultado de la asimilación y contaminación de la roca plutónica que se traduce en el aumento de basicidad de las mismas (composiciones dioríticas y cuarzo dioríticas).

Esto explicaría que la temperatura de formación de algunos minerales ferromagnesianos (anfíbol y piroxeno) en la roca plutónica fuese más baja que la de intrusión de la propia roca y que esta penetración y asimilación de la roca caja metamórfica coincidiese temporalmente con el proceso metamórfico y deformativo Hercínico, como indican APARICIO et al. (1977), APARICIO y GARCÍA CACHO (1982), para el Sistema Central.

AGRADECIMIENTOS

A J. L. Casaseca y T. Ruiz (mecanografía), J. Arroyo (delineación), J. de la Puente (análisis microsonda) y M. Vallejo (análisis roca).

BIBLIOGRAFIA

- APARICIO, A.; BARRERA, J. L.; CARABALLO, J. M.; PEINADO, M., y TINAO, J. M.: *Los materiales graníticos del Sistema Central Español*. Mem. Inst. Geol. Min., 88, 145 pp. (1975).
- APARICIO, A.; BARRERA, J. L., y SANTOS, V.: *Los granitos hercínicos sincinemáticos de la Sierra del Valle (Sector oriental de Gredos, Sistema Central Español) y sus relaciones con las series graníticas «postectónicas»*. Est. Geol., 33, 575-580 (1977).
- APARICIO, A.; GARCÍA CACHO, L., y LÓPEZ RUIZ, J.: *Influencia del grado de metamorfismo y de la migmatización en la composición química de las moscovitas del área metamórfica de la Sierra de Guadarrama, Sistema Central Español*. Ann. Soc. Geol. Belgique, 102, 457-463 (1979).
- APARICIO, A.; BELLIDO, F.; GARCÍA CACHO, L., y LÓPEZ RUIZ, J.: *Evolución de las biotitas y moscovitas de las rocas graníticas de las Sierras de Guadarrama y Gredos (Sistema Central), durante los procesos de diferenciación magmática*. Est. Geol., 36, 307-317 (1980).
- APARICIO YAGÜE, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Geotermómetros y geobarómetros en el área metamórfica del Sistema Central Español*. Bol. Geol. Min., 93, 426-435 (1982).
- APARICIO YAGÜE, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Relaciones entre el quimismo mineral y la intensidad del metamorfismo experimentada por los niveles preordovícicos de la Sierra de Guadarrama (Sistema Central Español)*. Bol. Geol. Min., 94, 354-368 (1983).
- LEAKE, B. E.: *Nomenclature of amphiboles*. Canadian Min., 16, 501-520 (1978).

LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Chemical variations in biotites during prograde metamorphism, Sierra de Guadarrama, Sistema Central Spain*. Chemical Geology, 21, 113-129 (1978).

LÓPEZ RUIZ, J.; APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: *Chemical variations of muscovites from the Sierra de Guadarrama metamorphic area, Sistema Central, Spain*. Geol. Rundschau, 69, 94-106 (1980).

MARTÍN ESCORZA, C.: *Estudio mesotectónico en los materiales metamórficos de los alrededores de Arenas de San Pedro (provincia de Avila-Toledo)*. Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat., 69, 303-327 (1971).

ODRIOZOLA, J. M.; PEÓN, A.; UGIDOS, J. M.; PEDRAZA, J., y FERNÁNDEZ, P.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Arenas de San Pedro (578)*, 32 pp. (1981).

PLYUSNINA, L. P.: *Geothermometry and Geobarometry of Plagioclase-Hornblende bearing Assemblages*. Contr. Min. Petrol., 80, 140-146 (1982).

STORMER, J. C.: *A practical two-feldspar geothermometer*. Am. Min., 60, 667-674 (1975).

WHITHEY, J. A., y STORMER, J.: *The distribution of Na Al Si₃O₈ between coexisting microcline and plagioclase and its affect on geothermometric calculations*. Amer. Min., 62, 687-691 (1977).

Recibido: Abril 1984.

INFORMACION

Mineros destacados del Siglo XIX

Francisco de Luján y Miguel-Romero (1798-1867)

Por J. M. LOPEZ DE AZCONA

1. ANTECEDENTES FAMILIARES

Nace Francisco en Madrid (14 de julio de 1798) y fue bautizado en la Parroquia de San Andrés, de donde desaparecieron sus antecedentes por motivo del incendio de dicha parroquia.

Fue su padre Manuel Mateo de Luján y Ruiz, natural de Castuera (1770). Cursó la carrera de Derecho en la Universidad de Salamanca. Opositó a la plaza de Canónigo Doctoral de la Catedral de Plasencia, a la que renunció, por no ser esa su vocación. Pasó a Madrid (1798), donde ejerció la abogacía. Fue Relator del Consejo de Castilla, de la Sala de Indias y de Mil Quinientos. Luchó como voluntario del ejército (1808) contra los franceses. Fue diputado a Cortes (1810) generales extraordinarias por Badajoz y primer secretario de las Cortes Constituyentes, falleciendo en Cádiz.

Descendía Luján de los nobles aragoneses, que habían fundado su solar en la aldea de Luján, de donde tomaron el apellido, perteneciente al Ayuntamiento de Muro de Roda, hoy lo es de La Fueva, del Partido Judicial de Boltaña, provincia de Huesca.

En algunos documentos de la Comisión del Mapa Geológico, Real Academia de Ciencias, etc., figura el apellido como LUXAN. En sus autógrafos, siempre es Luján. Su hermano, Pedro Luxán (1796-1856), utilizó la X en lugar de la J.

Su madre fue María del Carmen Miguel-Romero y Gil de Zúñiga, natural de Villanueva de la Serena (Badajoz). La familia tenía la casa solar en Quintana de la Serena, con privilegio de nobleza concedido en Mérida por R. C. (18 de agosto de 1473) del Rey (1454-1474) Enrique IV (1425-1474), y confirmado por R. C. de los Reyes Católicos (14 de marzo de 1486), otorgada en Medina del Campo. María del Carmen promovió en Castura (13 de febrero de 1826) expediente de nobleza.

2. ESTUDIOS

Después del estudio de las primeras enseñanzas en plan familiar, con el complemento de los centros existentes en Madrid en aquella época, se incorpora como cadete a los catorce años (12 de diciembre de 1812) en la Academia Colegio de Artillería, a la sazón en Mallorca, por la invasión francesa. Por «ser sugeto de talento, tener aplicación al estudio, al servicio y de juiciosa conducta», lo propuso Joaquín Ruiz de Porras, Brigadier Jefe de Escuela del 5.º departamento del Real Cuerpo de Artillería, para subbrigadier de la compañía de Caballeros Cadetes, empleo para el que se le nombró (24 de febrero de 1815). Alcanzó el empleo de Brigadier de la Compañía de Caballeros Cadetes del Colegio de Segovia (10 de enero de 1816). El de Subteniente del Cuerpo (1 de enero de 1817) y por último el de Teniente de Infantería (1 de diciembre de 1817), finalizando sus estudios militares.

Destinado como militar en Sevilla, dada su afición a la química y física, e informado que donde mejor se profesaban era en el Real Colegio de Farmacia de San Antonio, asistió con puntualidad a sus lecciones públicas, durante un curso (1 de octubre de 1818 a 30 de junio de 1819), así como a los actos literarios y «estudios» sublimes que tuvieron lugar durante todo el curso, habiendo manifestado en los exámenes generales aplicación y aprovechamiento.

Cesante como consecuencia de su impurificación (19 de marzo de 1827) y dada su afición a la metalurgia, se inscribe como alumno de la Fundación de Cañones de Sevilla (31 de diciembre de 1827), completando su formación como fundidor.

Siendo alumno de la fundición de Sevilla, se le manda (17 de septiembre de 1830) pase a Madrid para cursar los estudios de minas, siendo incorporado a la promoción de 1830, la que contó con más alumnos (79), con

el número general de orden 137, y una gratificación de 200 reales al mes, con la advertencia de encontrarse en Madrid cuando comiencen las clases. Las asignaturas profesadas en Madrid eran la de Donato García (1782-1855), Director del Real Gabinete de Historia Natural, profesor de mineralogía, a cuyas clases asistió (12 de noviembre de 1830 a 20 de mayo de 1831) y la de química de José Juan Duro y Garcés (1796-1855), profesada en los locales de la Dirección General de Minas, donde estaban montados los laboratorios químicos en la calle Lobo, 21, cuyo curso siguió con puntualidad y aprovechamiento (11 de octubre de 1832 a 11 de mayo de 1833), al igual que el de mineralogía.

Luján había acudido a las enseñanzas patrocinadas por la Dirección General de Minas, por el prestigio alcanzado, gracias a las orientaciones de Fausto de Elhuyar y de Súbice (1755-1833), así como a las reuniones científicas celebradas en la calle del Florín, 2, bajo su orientación. Tuvo oportunidad de cambiar impresiones en diversas ocasiones, concluyendo le sería de gran utilidad ultimar la carrera de Minas en el extranjero, pero dado su desconocimiento de alemán, le aconsejó Fausto la terminase en la Real Escuela de Minas de París, y efectuase un recorrido por las fábricas más importantes de Europa. Logra (16 de septiembre de 1833) se le conceda por R. O. una licencia, para ampliar sus conocimientos de Geognosia y Metalurgia durante dos años, el primero como alumno en París y el segundo recorriendo las fábricas y fundiciones de Francia, Bélgica e Inglaterra. Fue autorizado (12 de diciembre de 1834) por la Real Escuela para matricularse durante el curso (1834-1835). El Ingeniero Jefe de la Real Escuela de Minas de París le expidió certificado, como inspector de estudios de la misma, donde consta que desde 5 de diciembre de 1833 al 15 de abril de 1835 siguió en ella los cursos de explotación, mineralogía, geología, mineralurgia, docimasía y las prácticas de laboratorio de química, con gran celo y exactitud, y que por su buena conducta ha merecido constantemente el elogio de sus jefes. Terminados los estudios, hizo el recorrido previsto de visita a fábricas, fundiciones y minas de Francia, Bélgica e Inglaterra, cuya memoria fue objeto de su primera publicación (1837).

3. ACTIVIDADES MILITARES

Inicia su servicio militar con el ingreso (15 de diciembre de 1812) en el Colegio de Artillería, ubicado accidentalmente en Mallorca. Ascende en (24 de febrero de 1815) a sub-brigadier de la compañía de caballeros cadetes; (10 de enero de 1816) a brigadier de la compañía de caballereros cadetes del Colegio de Segovia, y en (1 de enero de 1817) a subteniente del cuerpo.

Le conceden (27 de diciembre de 1817) el grado de teniente de infantería, y nuevamente se insiste (28 de agosto de 1819) en el empleo de teniente de infantería, por los estudios realizados brillantemente en el Real Colegio de Farmacia de San Antonio de Sevilla.

Por R. Despacho de S. M. (22 de septiembre de 1822) es ascendido a teniente del cuerpo de artillería, debiendo continuar en comisión en la Academia como profesor

ayudante. A petición propia, le designa el Rey (12 de octubre de 1822) Ayudante del 3.º regimiento de artillería, disuelto posteriormente como consecuencia de la rendición de Cádiz, dándole (18 de octubre de 1823) licencia ilimitada para Castuera (Badajoz), no pudiendo pasar por Sevilla, según disposición expresa de Augusto Federico Luis Viesse de Marmont, Duque de Ragusa (1774-1852), hasta que hubiese salido el Rey, llegando (13 de diciembre de 1823).

Es aprobada (19 de marzo de 1827) la Real Orden de su impurificación en 1.ª y 2.ª instancia, quitándole todo haber, fuero u obvención, disponiendo que por el Alcalde de Casturea se le recojan los despachos y diplomas obtenidos durante su carrera; por incompatibilidad de los principios liberales que sustentó toda su vida con el régimen político que a la sazón imperaba en España.

Con este regimiento asistió a la defensa de la isla gaditana, sitiada por los franceses, tomando parte brillante en la salida que hizo la guarnición (16 de junio de 1823).

Destacan en Luján su gran actividad y simpatía hacia el Cuerpo de Artillería. Era necesario salir de la inacción; enterado de la vacante de una plaza de alumno fundidor de artillería de bronce, en la fábrica de Sevilla, la solicita y se la adjudican (23 de diciembre de 1827).

En virtud del decreto de amnistía (22 de marzo de 1833) y por su artículo 14 aclaratorio de la amnistía mencionada, se dispone (1 de noviembre de 1833) su vuelta al servicio, en clase de activo, con destino al arma de artillería, disponiendo «se tenga por no habida su impurificación». Consecuencia de esta disposición es el nombramiento (17 de enero de 1834), por la Reina Gobernadora, de teniente de artillería con antigüedad (1 de octubre de 1823) y otro de la misma fecha de capitán supernumerario con antigüedad de 9 de mayo de 1832.

El Ministro de la Guerra, Conde de Almodóvar (20 de marzo de 1837), le da las gracias por la parte que ha tomado, en el buen desempeño de la comisión que le llevó al ejército del Norte, y comunica lo muy gratas que son a la Reina Gobernadora los servicios prestados con tanta constancia y celo al trono de su augusta hija.

El Comandante general de Artillería del ejército del Norte, desde su cuartel de Hernani (21 de mayo de 1837) le da las gracias, sintiendo no tener facultad para proponerlo para el premio al que se había hecho acreedor, en su nombre y en el de todos los jefes y oficiales del ejército en cuestión; le felicita por su brillante actuación contra las puertas de Irún (17 de mayo de 1837).

Es promovido (2 de octubre de 1837) al grado de comandante de infantería.

Dispone el Director General de Artillería (9 de marzo de 1839) se encargue interinamente de la instrucción de los caballeros cadetes, de la clase de química, y dispone el General Subinspector (10 de marzo de 1839) se presente cuanto antes al Director de estudios, se haga cargo de todos los efectos de dicha clase, e instrucción de los alumnos de ella, que se halla paralizada.

Es destinado (6 de abril de 1839) como capitán de artillería de la guardia real exterior. Le conceden (19 de diciembre de 1839) el grado de teniente coronel de infantería. Lo nombran (13 de noviembre de 1840) oficial 6.º segundo del Ministerio de la Guerra. Le conceden (20 de enero de 1841) el grado de coronel de infantería, por su memoria sobre el viaje científico por Europa. Le reconocen (3 de julio de 1841) el grado de teniente coronel de infantería, con antigüedad de 2 de octubre de 1837.

Por R. O. (29 de agosto de 1843) pasa a fijar su residencia en el Arahál (Sevilla), dependiente de la capitanía general del 3.º distrito. Es promovido en (17 de marzo de 1848) a brigadier de infantería, y en (30 de junio de 1863) a mariscal de campo, categoría ostentada cuando falleció.

Fue en todo momento un entusiasta del arma de artillería, y en premio a sus largos y distinguidos servicios, por gracia especial, se le concedió (febrero de 1850) el uso del «uniforme grade de artillería».

4. ACTIVIDADES GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA

Desde sus estudios en el Colegio de Artillería de Mallorca, se le despertó su afición a la química, geognosia y metalurgia, temas preferentes en su formación científica.

Ingresado como alumno (31 de diciembre de 1827) de la Fundación de Cañones de Sevilla. Junto con su hermano, también alumno, Pedro de Luxán, que llegó a Director de la fundición de bronce de Sevilla y corresponsal de la Real Academia de Ciencias E. F. y N., entregaron (8 de julio de 1830) al Director de la Fundación, Gonzalo Martín Cueto, una memoria y los planos convenientes sobre un nuevo horno para fundir bronce y otro para aprovechar cobres, con los cuales se podría mejorar el rendimiento y calidad, con relación al producto logrado, en los instalados en Sevilla. Esta memoria fue estudiada detenidamente por el Director de la Fundación, quien elevó al Director General del Cuerpo (31 de julio de 1830) un escrito, donde elogiaba la actividad de los hermanos y decía era recomendable la aplicación que los dos hermanos Luján habían manifestado, para el adelantamiento de tan importante ramo de su facultad. La Junta Superior Facultativa de Artillería (28 de agosto de 1830) aprueba el proyecto de los hermanos Luján y dispone se introduzcan los perfeccionamientos propuestos para fundir bronce y cañones y afinar cobre. Ordena se construyan dichos hornos, hagan las operaciones de la fundición y se examinen los productos que dieran, comparándolos con los que se obtienen por los medios ordinarios. Siendo primer alumno de la Fundación de Sevilla por R. O. (14 de diciembre de 1830) se le nombró Ayudante 3.º de dicha fundición. Y también por R. O. (4 de abril de 1832) se le nombra Ayudante 2.º. Cesaron sus actividades en la Fundación (6 de abril de 1839) y con tal motivo el Coronel Director de la Fundación de Sevilla le expresa el pesar por apartarse de aquel establecimiento, manifestando que mientras Luján fue Fundidor Mayor «se ha conocido una gran mejoría y economía».

Destinado en Madrid (3 de noviembre de 1840) en el Ministerio de la Guerra, decide explicar unas lecciones de geología, con orientación más moderna que la seguida por su antiguo profesor Donato García, y profesa un curso de 19 lecciones, en la «Sociedad de Instrucción Pública», con un auditorio seleccionado, siendo frecuentes los comentarios sobre su formación moderna en esta ciencia, adquirida durante su estancia en París.

Apartado de las actividades políticas, unas forzosas y otras por renuncia, como consecuencia del cambio de 1843, decide escribir en Sevilla una obra de mineralogía destinada a los cadetes de la Escuela de Artillería de Segovia, finalizada en mayo de 1845.

El ingeniero alemán HELLERD elevó al gobierno un proyecto de explotación de los terrenos auríferos de Puerto Rico, y el Ministro de la Gobernación, Luis José Sartorius, Conde de San Luis (1817-1871) nombra (3 de junio de 1849) una comisión, en la que figura Luján, para el estudio de la viabilidad de dicho proyecto.

El nombramiento (R. D. de 26 de noviembre de 1849) de segundo Presidente de la Comisión de la Carta Geológica, con la gratificación anual de 20.000 reales, es de carácter político, pero lo incluimos en este capítulo por deberse a su condición de Ingeniero de Minas, especializado en geología, con el fin de que activase dicha comisión, dado que durante el mandato (1849-1849) de su primer presidente, Fermín de Arteta y Sesma (18 de agosto de 1796), éste no logró organizarla por falta de consignación y ayuda del ministerio, razón de su dimisión.

Su nombramiento de Presidente coincidió con una difícil situación de la Hacienda, un déficit considerable, a pesar de los intentos de nivelar gastos con ingresos, necesidad de una política de saneamiento económico. Estos antecedentes le deciden a renunciar (5 de diciembre de 1849) a la gratificación de Presidente, que fue aceptada y agradecida (5 de diciembre de 1849), y así tener más fuerza moral para lograr consignación para la Comisión recién creada. Sus gestiones cerca de Isabel II y del Ministro de Hacienda, finalizaron con la inclusión en el presupuesto de 1850, publicado en la «Gaceta» (24 de febrero de 1850), de un crédito propio de 32.900 reales para personal y de 118.000 reales para material, de los que sólo se libraron 71.000 reales, gastando únicamente 63.000 reales entre ambas partidas.

Inmediatamente dispone de local para la Comisión en Florín, 2, formando manzana con las calles del Sordo, Turco y Carrera de San Jerónimo. Su primera dificultad para la carta geológica es la carencia de cartas geográficas adecuadas. Organiza una Sección Geográfico-Meteorológica con José Subercasa y Jiménez (18...-1885), Ingeniero Primero del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos, iniciando sus actividades (mayo de 1850). En 1851 efectúa la triangulación de la provincia de Madrid y una campaña detenida de altimetrías en la misma. Finaliza en 1852 el mapa provincial de Madrid, indispensable para que Casiano del Prado y Valle (1797-1866) representase su carta temática. Sostenía Luján, de acuerdo con Prado, en la Memoria de 1852, en la necesidad de la formación de buenos mapas topográficos y escribía: «Emprender la formación del mapa geológico de una región cualquiera, no contando con la base de un buen mapa geográfico,

es exponerse a cometer graves errores y obtener, por último resultado, una obra informe. España, con respecto a este particular, se halla como hace un siglo otras naciones de Europa, en lo cual debió influir principalmente las circunstancias de su territorio». Esta exposición condujo (R. D. de 12 de enero de 1852) a la creación de la Dirección General de la Carta Geográfica de España, en el Ministerio de Fomento, origen remoto del actual Instituto Geográfico Nacional.

La Sección de Geología y Paleontología, inició sus actividades (enero de 1850), bajo la dirección de Prado, en los altos de San Isidro del Campo, dedicando los meses de verano a las zonas de León y Galicia. Trabaja activamente durante 1851 en la provincia de Madrid. En 1852, con la base de Coello, deja preparado Prado el primer bosquejo geológico de la provincia de Madrid.

La Sección de Botánica estuvo encargada a Vicente Cutanda (1804-1866), catedrático de botánica de la universidad. Su actividad fue nula durante la dirección de Luján, según el jefe de la sección, por dedicar todo su tiempo a la cátedra, razón por la que llegó Luján a la conclusión de ser opuesto «a la posible simultaneidad de la cátedra y la vocalía de la Comisión».

Fue jefe de la Sección de Zoología Mariano de la Paz Graelles (1809-1898), miembro activísimo y entusiasta de la Comisión, con labor simultánea a la de profesor, con campañas principalmente en otoño e invierno, habiendo descubierto en la campaña de mayo de 1852 el macho de la «*Saturnia isabellae*».

En los medios oficiales, encontró Luján muchas dificultades para los trabajos de campo. En aquella época las posesiones del Real Patrimonio cubrían una parte considerable de la provincia de Madrid. Por las buenas relaciones con la reina y ministros le dieron toda clase de facilidades para entrar en los recintos y estudiarlos, pero sólo fueron administrativas, pues al finalizar su presidencia, refiriéndose al Real Patrimonio, elevó un escrito donde consignaba: «Nada absolutamente ha podido vencer esta resistencia, tan injustificada como incomprensible, en un asunto de interés público general».

Con motivo de su carrera política, cesó su presidencia en el invierno 1852-1853, dando paso al tercer presidente de la Comisión, Guillermo Schulz y Schweizer (1800-1876).

Dada su especialización minera, fue propuesto (10 de octubre de 1856) para encargarse de una cátedra en el Ateneo científico y Literario de Madrid.

Por su defensa, desde que fue Presidente de la Carta Geológica, de la necesidad de una buena cartografía básica, fue designado (21 de abril de 1861) Director de operaciones geodésicas, con 20.000 reales de gratificación.

La Comisión de Estadística de la que fue Vocal (4 de noviembre de 1856) le encomentó (1858), como especialista en temas geológicos, una reseña geológica de España, publicada en el anuario editado en 1859.

En la memoria de su viaje científico a Asturias, realizado durante el invierno (1860-1861), expone detenidamente una serie de temas mineros y metalúrgicos.

Miembro fundador de la R. A. de Ciencias E. F. y N., desde primer momento estuvo incorporado a la Sección de Naturales, por su condición de geólogo, designándolo Vicepresidente (12 de junio de 1866) de la Academia, cargo desempeñado en la fecha de su óbito.

5. ACTIVIDADES POLITICAS

Como buen español, participó valientemente (julio de 1823) en la defensa de la isla gaditana sitiada por los franceses, pasando a Castuera con licencia ilimitada, pidiendo su rehabilitación (1826 y 1827), sin lograrla, por incompatibilidad de sus actividades liberales con la política del poder en aquella época, circunstancia aprovechada para completar su formación en minería y metalurgia.

Antes del fallecimiento de Fernando VII (29 de septiembre de 1833) fue sancionado el decreto de amnistía, anulando la aplicación de la impurificación de Luján, quien pronto como liberal toma partido por Isabel de Borbón, de tres años (1830-1904), frente a los tradicionales del bando de Carlos María Isidro de Borbón (1788-1855).

Su primer puesto de carácter político fue la presentación y su elección (1837) como diputado a cortes constituyentes por la provincia de Badajoz, a la que posteriormente representó en varias legislaturas, dándose a conocer como orador de palabra fácil y defensor ardiente de los principios del partido político en que militaba. Para actuar con más libertad, pidió a las cortes (10 de agosto de 1837) quedar rebajado de servicio, a la orden del Director de Artillería. Este año (marzo de 1837), por iniciativa de Baldomero Espartero (1793-1879), actuó de enlace con el ejército del norte y posteriormente tuvo la brillante actuación en Irún.

La situación política (septiembre de 1840), favorable a los merecimientos de Luján, le favoreció (13 de noviembre de 1840) con el nombramiento de oficial del Ministerio de la Guerra y (22 de noviembre de 1840) Secretario de S. M. con ejercicio de decreto, relevándole del pago de media anata.

En momento brillante de su historia política, se suceden comisiones y nombramientos. El ministro de la gobernación (23 de junio de 1841) le nombra, en unión, de Joaquín María de Ferrer y Antonio Hampanera de Cos, para conferenciar con la empresa del Canal de Castilla, con el fin de arbitrar un atransación conveniente y equitativa, sobre las cuestiones y diferencias que se habían suscitado, hasta llevar a término las obras contratadas, con la mayor ventaja posible para el Estado y los intereses de los pueblos, salvando los de dicha empresa, de acuerdo con la ley (junio de 1841). Fue designado (31 de octubre de 1841) oficial 3.º en comisión del Ministerio de Estado, reservándole el derecho de volver al Cuerpo de Artillería cuando le conviniese.

El tutor de S. M. y A. R. Martín de los Heros (1783-1859), en atención a las recomendables circunstancias y variedad de conocimientos, honradez y señalados servicios prestados al Estado, le encomendó (22 de julio de 1842) la misión de dirigir la enseñanza científica de las

personas reales, con la gratificación anual de 20.000 reales (30 de enero de 1843). Recibida la comunicación, redacta escrito de renuncia (4 de febrero de 1843), manifestando que su mayor satisfacción en el desempeño del cargo que se había puesto a su cuidado consistía en haberlo merecido y desempeñado con acierto, y que si al terminarlo fuera tal su fortuna que mereciese de S. M. y A. tan sólo estas palabras: «Estamos satisfechos del celo y esmero con que ha procurado cumplir con su obligación» y del señor tutor: «Has cumplido bien», sería para mí la mayor recompensa.

Queda integrado (2 de octubre de 1842) en la comisión encargada de redactar el proyecto de ley de imprenta, por orden del Regente del Reino. Le designa (2 de diciembre de 1842) el Ministro de Estado individuo de la comisión que debe estudiar las reclamaciones de los individuos de la Legión auxiliar británica, sobre el señalamiento y abono de la compensación estipulada en el artículo 3 del convenio (18 de mayo de 1840).

El cambio político (1843), fue la causa de su separación del Ministerio de Estado y de su renuncia del cargo de Maestro instructor de S. M. y A., siendo admitida en los términos más satisfactorios. Breve fue su separación de la actividad política, por su designación (19 de diciembre de 1847) como vocal y secretario de la comisión que debía estudiar y proponer un proyecto de ley de ascensos militares, para su presentación en las cortes, en la legislatura próxima. A sus circunstancias políticas se debe su nombramiento (26 de noviembre de 1849) de Presidente de la Comisión encargada de formar la Carta Geológica, actividad relatada en el capítulo 4.º. Ocupado en actividades civiles, lo consideran como indispensable para llevar a efecto la redacción de un proyecto de ley de ascensos en la carrera militar y demás de que trata el oportuno R. D. (1 de noviembre de 1850), siendo incorporado (1 de julio de 1851) a la junta redactora.

La preponderancia de Luján durante el bienio progresista (1854-1856), se destaca continuamente en los medios oficiales, llegando a ser designado (30 de julio de 1854) Ministro de Fomento. Dependiente de este ministerio todas las actividades técnicas, incorpora al activo jefe de la sección de geografía y meteorología de la Comisión de la Carta Geológica, el Ingeniero de Caminos Subercasa, como oficial del Ministerio de Fomento. Desde el reglamento del Cuerpo de Ingenieros de Minas (R. D. de 9 de marzo de 1853), los ascensos a inspector general y a inspector de distrito eran por elección, con el perjuicio consiguiente para ingenieros afamados, considerado por Luján como una injusticia, preparando personalmente un R. D. (22 de noviembre de 1854), anulando el artículo 7.º de la primera disposición mencionada.

La necesidad de combustible para el progreso industrial, le movió a iniciar el estudio sistemático de las más importantes cuencas carboníferas conocidas, plan aprobado por la superioridad y ultimado por Schulz y después apoyado, como Ministro de Fomento, fueron éstas: San Juan de las Abadesas, integrado el equipo por Aurelio Maestre e Ibáñez (1812-1872), Santiago Rodríguez y Juan Nicolau, iniciando los trabajos (23 de marzo de 1854); Espiel y Bélmez, por Ramón Pellico y Paniagua (1809-1876) y Andrés Pérez y Moreno, comenzando los

trabajos (26 de abril de 1854), y las de Sabero y Orbo, por Casiano del Prado y Valle y Lucas de Aldana, empujando sus trabajos (mayo de 1854).

Profundo conocedor de los problemas mineros, constituyó una comisión (R. D. de 10 de agosto de 1854), para preparar un proyecto de Ley de Minas, que se había de someter a las Cortes (3 de noviembre de 1854). Consideraba la vigente y su reglamento más defectuoso que la ley, debían reemplazarse por otros menos restrictivos y más adecuados a la naturaleza de nuestros criaderos metalíferos, a los adelantos del siglo, llegando a promulgarse con múltiples enmiendas.

Firmado en Avilés (15 de febrero de 1855) por Adolfo de Soignie, se publicó en Oviedo (1855) un comentario sobre este proyecto de ley. Dice se concede lo máximo compatible con el interés público «a esa numerosa falange, desposeída muchas veces de los bienes de fortuna, infatigable escudriñadora del suelo que pisamos».

Conocedor de la campaña de prensa sobre los buscones de minas y minerales y de las sociedades especuladoras por ellos promovidas, presentó a las cortes (8 de septiembre de 1854), un proyecto de ley de sociedades mineras, considerablemente reducida en su ambición, por las enmiendas políticas presentadas en las cortes, inspirada en sus deseos de frenar los negocios bursátiles, que tan caro habían pagado los mineros de buena fe. Fue discutida por el senado (8 de septiembre de 1854).

Reducida la plantilla del personal de la Escuela de Ingenieros de Minas, escasos locales y consignación mezquina, fueron las causas de establecer reglamentariamente la convocatoria bienal, totalmente en desacuerdo con los criterios amplios de Guillermo Schulz y Schweitzer (1800-1876), pero sin autoridad como director de la escuela para obligar a los profesores presten la atención necesaria simultánea a cuatro promociones en lugar de a dos. El Claustro se mostró partidario (1855) de que sólo en casos excepcionales se convoque ingreso en todos los años, deseo no alcanzado, pues a partir de 1853 todos los años hubo convocatoria para el ingreso en la Escuela, de acuerdo con la idea de Luján (R. O. de 1 de noviembre de 1854), análoga a la de Schulz. Su opinión era de formar el mayor número posible de ingenieros de minas, para satisfacer las necesidades de las industrias extractivas y de beneficio.

Por no haber logrado se tuviesen en cuenta sus planes de industrialización, presentó la dimisión (6 de junio de 1855) del cargo de Ministro de Fomento.

Dado su prestigio profesional, fue designado (23 de agosto de 1855) vocal de la junta consultiva de ultramar, con destino a la sección de Fomento de la misma.

Creada la Escuela preparatoria (R. D. de 6 de noviembre de 1848), dependiente de la Dirección General de Instrucción Pública, donde debían cursar los dos primeros años los futuros alumnos de las escuelas de minas, caminos y arquitectura, fue suprimida (R. D. de 31 de agosto de 1855) como consecuencia de la propuesta presentada a la Reina por el Ministro de Fomento Manuel Alonso Martínez (1828-1891). Luján había sido designado nuevamente Ministro de Fomento (25 de enero de 1856),

cartera de la que dimitiría a los seis meses (14 de julio de 1856). Compenetrado con Schulz, tuvo tiempo de estudiar la imposibilidad de organizar rápidamente academias preparatorias para ingreso en la Escuela de Minas y, por ello, la conveniencia de elevar los cursos de escolaridad de cuatro a cinco. El preámbulo del R. D. (4 de julio de 1856), donde se aprobaba este plan, es una maravilla propia de dos hombres de ciencia entusiastas de las ciencias de la tierra.

Al segundo cese como Ministro de Fomento siguieron una serie de nombramientos: Vocal de la Comisión de Estadística (4 de noviembre de 1856); Consejero propietario del Banco de España (10 de marzo de 1857); Jurado de la Exposición Agrícola (17 de septiembre de 1857); Consejero de Estado (14 de julio de 1858) al que renunció (9 de enero de 1859); Vocal de la junta creada por R. O. (8 de diciembre de 1858) para la edificación de un templo monumental en esta Corte (7 de enero de 1859); Vocal de la Junta presidida por el Rey, que debe proponer los medios para llevar a efecto la exposición de 1863 (22 de febrero de 1859); Presidente de la Comisión Permanente de Pesas y Medidas (12 de diciembre de 1860); Comisario Regio del Observatorio Astronómico (7 de marzo de 1861); Vocal de la comisión informante sobre la protección que puede darse a Narciso Monturiol (1819-1885) por su «ictineo», que había visitado en la Dársena y Rada de Alicante; Vocal de la comisión para preparar la participación de España en la exposición de Londres de 1862 (7 de noviembre de 1861) y jurado de dicha exposición (22 de marzo de 1862); Vocal de la comisión que en representación de la Junta de Estadística ha de pasar a Londres para tomar parte en las deliberaciones del Consejo Internacional de Beneficencia, fijadas en aquella capital para el 4 de junio de 1862 (1 de abril de 1862); Presidente de la comisión de estudios de la Exposición de Londres (6 de abril de 1862).

Por tercera vez lo nombran Ministro de Fomento (6 de enero de 1863), cesando en el mismo año. Los campamentos de geología de la Escuela de Minas se habían celebrado por última vez en Hiendelaencina, habiéndose interrumpido por carencia de fondos. Durante este mandato de Luján se lograron fondos para reanudarlos en la misma localidad (1863) y en Cartagena (1864).

Es designado Consejero de Estado y Presidente de su sección de Gobernación y Fomento (3 de marzo de 1863), a los que renunció (9 de enero de 1864). Confirmación del cargo de vocal de la Junta de Estadística (15 de julio de 1865); vocal del Plan General de Ferrocarriles (13 de septiembre de 1865); nuevamente es designado Consejero de Estado, pero ahora como Presidente del Consejo (26 de septiembre de 1865), renunciando (14 de julio de 1866); miembro de la comisión regía para promover el concurso de España a la exposición universal de París de 1867 (28 de octubre de 1865).

El principal promotor del Real Instituto Industrial de Madrid fue Luján, consiguiendo con su creación cubrir una importante laguna de nuestra administración. En un momento de introducción de economías presupuestarias, el Ministro de Fomento, Manuel de Orovio, lo considera «no rentable» y propone su supresión. Enterado Luján de este propósito, emplea todos sus medios para evitarlo,

pero en aquel plan nacional de economías triunfó la tesis del Ministro de Fomento, quedando suprimido (30 de junio de 1867) el centro científico.

Durante su activa vida política desempeñó otra serie de cargos, como: senador, consejero de Instrucción Pública, etc.

Vivió Luján una época de influencia de la política en nombramientos y ceses, en lugar del valer personal de los promovidos o destituidos, lo que le produjo un profundo desánimo en sus últimos años. Como muestra producimos una nota, aparecida en «El Minero» (junio de 1857), poco después de su segunda dimisión como Ministro de Fomento: «Fulminaríamos nuestros cargos contra la organización anómala de la Sección de Agricultura, Industria y Comercio (negociado de Minas) del Ministerio de Fomento, de donde hemos visto desaparecer los hombres especiales, para lanzar un borrón más sobre nuestro sistema de gobierno, sobre nuestros principios de administración industrial». En esta nota, podemos encontrar una de las razones, para sus sucesivas dimisiones, al poco tiempo de varias de sus designaciones.

6. DISTINCIONES

Muchas fueron las distinciones otorgadas a Luján, agrupables en condecoraciones militares, civiles y entidades honradas con su inclusión en el rol de sus miembros.

6.1. Condecoraciones militares

Por haber cumplido los veinticinco años de servicios militares, le fue concedida (28 de septiembre de 1836) la cruz sencilla de la Real y Militar Orden de San Hermenegildo, posteriormente (18 de marzo de 1856) la placa de la misma orden, y por decreto (4 de enero de 1864) la gran cruz.

Con ocasión de la toma y asalto de Irún por las fuerzas constitucionales (17 de mayo de 1837), se prestó a reemplazar voluntariamente al teniente de artillería Domingo Vengoa, cuando fue herido, quien mandaba las piezas que obraron contra la puerta de Irún, rompiéndola a poco y facilitando de este modo el paso a la división de Lacy Evans y con ello la posesión consiguiente y de una manera ininterrumpida de este punto. Por este hecho le fue concedida, a propuesta del general Lacy Evans (16 de noviembre de 1837), la cruz de primera clase de la Real y Militar Orden de San Fernando, por estos mismos hechos, probados en juicio contradictorio, se le confirió (23 de julio de 1842) la cruz de caballero de segunda clase de la Nacional y Militar Orden de San Fernando. En este expediente se observa la anomalía de que por un hecho de armas, se le concediesen dos recompensas de la misma orden. También se le concedió la medalla de la batalla de Irún.

6.2. Condecoraciones civiles

Destacan entre éstas: Caballero de la Estrella Polar de Suecia (21 de julio de 1842), Gran cruz de la Orden de Cristo de Portugal (30 de mayo de 1855), Medalla de

miembro del jurado de la exposición internacional de Londres (19 de febrero de 1863), Medalla de 1.ª clase de la exposición agrícola (4 de marzo de 1858).

6.3. Incorporación a entidades

Varias entidades estuvieron interesadas en contar entre sus miembros a Luján, para honra de las mismas, entre ellas hemos encontrado las designaciones siguientes: Miembro de la Sociedad Geológica de París (12 de enero de 1834). Individuo de la Real Sociedad Económica de Amigos del País, de Madrid (16 de abril de 1836). Fue activo participante en las reuniones convocadas por Fausto de Elhuyar en su despacho de Florín, 2, para estudiar temas científicos y preparar los estatutos (7 de febrero de 1834) de la Academia de Ciencias Naturales, a la que fue incorporado como miembro de número (30 de junio de 1836), y por esta razón pasó a ser miembro de número fundador (3 de marzo de 1847) de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en la que se había transformado la anterior (R. D. de 25 de febrero de 1847), llegando a ser Vicepresidente (12 de junio de 1866), habiendo ocupado la medalla núm. 17. En estas dos Academias fue activo colaborador. Socio del Instituto Industrial de España (22 de diciembre de 1840). Individuo de la Academia Alemana-Española de Madrid (25 de enero de 1841). Socio honorario de la Económica Constantinense de Amigos del País (11 de enero de 1842). Miembro de la Sociedad Real de Anticuarios del Norte (Copenhague) (3 de abril de 1844). Miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias de Lisboa (14 de mayo de 1855). Socio de mérito de la Sociedad de Amigos del País, de Granada (7 de abril de 1859). Socio correspondiente de la Sociedad Económica de Amigos del País, de Badajoz (4 de diciembre de 1860). Socio correspondiente de la Sociedad Económica de Oviedo (11 de septiembre de 1861). Miembro correspondiente del Instituto Egipcio (28 de agosto de 1863).

7. PUBLICACIONES

Cuando inicia su actividad como publicista tenía un prestigio científico reconocido, e incluso ya era académico. La primera obra corresponde a la descripción de los diversos sitios visitados y prácticas realizadas en fábricas, minas y fundiciones de Francia, Bélgica e Inglaterra, con motivo de la licencia (R. O. de 10 de septiembre de 1833), para completar en París sus conocimientos de geognosia y metalurgia. La obra consta de dos tomos y se titulan: Tomo I: «Itinerario de un viaje facultativo verificado en el continente y descripción de las fundiciones de Duay, Strasburgo, Tolosa, La Haya, Carlshue, Lieja y Sayner-Hute, 338 págs., Madrid, 1837. El II: «Itinerario de un viaje facultativo verificado en Inglaterra y descripción del trabajo metalúrgico del hierro, cobre, estaño y plomo, desde su extracción de las minas hasta su empleo en las artes: como también de la fundición de cañones de Woolvich, fabricación de pólvora, etc., etc.», 212 págs., Madrid, 1837, acompaña una carta geológica de Inglaterra.

«Sobre la fundición de metales», Madrid, 1841. Esta obra le sirvió de mérito ante la Regencia provisional

para que le concediesen (2 de enero de 1841) el grado de Coronel de Infantería.

Las 19 lecciones expuestas en la «Sociedad de Instrucción Pública» de Madrid, son el objeto de su publicación «Lecciones de Geología», Madrid, 1841, 378 págs. En aquella época fue considerada como una buena explicación, clara y metódica, de la geología a la altura de los últimos adelantos.

Por la carencia de un buen texto de mineralogía, decide escribir: «Tratado elemental de mineralogía destinado a la enseñanza de esta ciencia en la Escuela de Artillería de Segovia»; fue editada en Sevilla en dos tomos, de 159 y 252 págs., en 1845. Terminó la obra en Sevilla (mayo de 1845). En la sesión celebrada (5 de agosto de 1844) en el Colegio de Segovia, se acordó aconsejarla como texto para la enseñanza de la clase de Ciencias Naturales, teniendo posteriormente (28 de abril de 1847) resolución favorable, aunque durante los dos años de demora fue utilizada con tal fin.

Como Director de la Comisión de la Carta Geológica, tuvo que realizar unos trabajos de campo, publicados en las Memorias de la Real Academia de Ciencias E. F. y N. con el título «Estudios y observaciones relativas a terrenos que comprenden parte de la provincia de Badajoz y de las de Sevilla, Toledo y Ciudad Real, y notas geológicas de estos terrenos», finalizados en Madrid (17 de noviembre de 1850), están insertas en el tomo I, páginas 3 a 34 (1850), y tomo II, págs. 1 a 41 (1851). Acompaña al trabajo su correspondiente mapa y cortes geológicos.

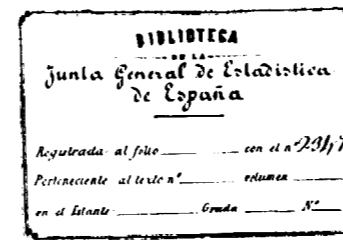
Consideraba necesario dar a conocer las actividades de la «Comisión encargada de formar el Mapa Geológico» y planeó la publicación de una «Memoria» anual, donde se recopilasen los trabajos verificados durante el respectivo año. La primera corresponde al año 1850, fue finalizada en un mes (4 de febrero de 1851) y publicada en 1852 con 52 páginas. En ella se destacan los trabajos realizados por Prado en la provincia de Madrid, donde comenzó por la correspondiente triangulación, por no disponer de base topográfica adecuada. La segunda es la de 1851, finalizada (4 de marzo de 1852) y editada en 1852, con 132 páginas. La tercera corresponde al año 1852, finalizada (11 de junio de 1853), publicada en 1853 con 88 páginas, donde se incluye el «Mapa geológico en bosquejo de la provincia de Madrid» por Prado, fechado en 1853.

En el Anuario de la Comisión de Estadística del Reino, correspondiente al año 1858, editado en 1859 con 176 páginas, se publica una «Reseña geográfica, geológica y agrícola de España», siendo los autores de cada una de las partes Francisco Coello de Portugal y Quesada (1822-1898), Luján y Agustín Pascual. La parte de Luján comprende las páginas 77 a 90.

Otro viaje profesional es tema de una interesante memoria; se trata de la titulada «Viaje científico a Asturias y descripción de las fábricas de Trubia, de fusiles de Oviedo, de zinc de Arnao y de hierro de Vega de Langreo», ultimado en Madrid (7 de enero de 1861) y aparecida en el tomo V de las Memorias de la R. A. de C. F. F. y N. (1861), comprende las páginas 105 a 192.

La última publicación es la memoria editada por R. O. (26 de abril de 1862), que había preparado como presidente de la comisión encargada del estudio de la exposición internacional de Londres de 1862, aparecida en Madrid en 1863, con 340 páginas, obra considerada de sumo interés por los datos aportados.

Publicaciones de otros autores se apoyan en datos de Luján; podemos citar como ejemplo la memoria de la dirección del ferrocarril de Langreo en Asturias, presentada en Madrid (29 de diciembre de 1861), donde cita el «Viaje Científico por Asturias», de Philippe Edouard Poulletier de Verneuil (1805-1873) y la «Carte géologique de l'Espagne et du Portugal, d'après leurs propres observations faites de 1849 á 1862; celles de... F. de Luján (París, 1864). A la segunda edición de 1869 le acompaña una memoria de 30 páginas.



Único autógrafo conservado en el Instituto Geológico y Minero.

Fue prudente en sus publicaciones, y todas en su época se consideraron como de actualidad y valiosas.

8. BIBLIOGRAFIA

Hemos encontrado varios datos de Luján en los diversos documentos de archivos consultados. Como obras básicas se pueden citar la del Estado Mayor del Ejército Español, para el aspecto militar, y la Bibliografía Mineral para el aspecto minero. Las obras nuestras citadas contienen datos actualizando los consignados anteriormente.

Esperábamos encontrar entre los discursos de ingreso de la Real Academia de Ciencias E. F. y N. su apología por el sucesor en la medalla núm. 17. Se da la circunstancia que falleció sin tomar posesión, y el de éste sólo biografía al último y a Luján únicamente lo menciona como primer titular de la medalla.

ANÓNIMO: *Libro del Estado Mayor del Ejército Español. Sección Brigadieres.* Madrid, núm. 19, 1852.

MAFFEI y RAMOS, Eugenio, y RÚA FIGUEROA, Ramón: *Apuntes para una Bibliografía Mineral Hispano-Americana.* Madrid, 1872, dos tomos con 696 págs.

LÓPEZ DE AZCONA, Juan Manuel, y MESSEGUER Y PARDO, José: *Contribución a la historia de la geología y minería españolas.* Madrid, 1964, 160 págs.

LÓPEZ DE AZCONA, Juan Manuel: *La enseñanza de la minería en el mundo hispánico.* Madrid, 1979, 200 págs.

Memoria sobre la organización, desarrollo y trabajos realizados en el XXX Campamento para Prácticas de Geología «Benasque 1984»

Por L. M. RIOS; L. H. ALONSO; J. M. GALERA y F. BODEGA

1. INTRODUCCION

Patrocinado por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid, el XXX Campamento tuvo lugar, con base en Benasque (Huesca), desde el 5 al 23 de julio de 1984.

Intervinieron como codirectores Fernando Bodega Barahona y Luis M.º Ríos Aragüés, pertenecientes al equipo de la Cátedra de Geología de dicha Escuela. Luis Hilario Alonso Mijares, Ingeniero de Minas, y José Miguel Galera Fernández, alumno de 6.º curso de la Escuela, colaboraron en calidad de instructores.

Como el año pasado, fueron doce los alumnos participantes, de los que seis pertenecían a la Escuela de Minas de Madrid y dos a las Escuelas de Ingeniería Técnica de Bélmez y de Almadén.

Rafael Ruiz Gilera, geólogo de Hispanoil, coincidió con nosotros en algunas salidas al campo. Le agradecemos su compañía y sus observaciones sobre la sedimentología de la cuenca de Graus.

Actuó eficazmente como secretario Julián Vega Esteban y como conductor el ya veterano Antonio Lara, del Instituto Geológico y Minero de España, organismo al que agradecemos vivamente, en la persona de su director, don José Enrique Azcárate, la cesión de un Land-Rover.

2. DESARROLLO DEL CAMPAMENTO

El objetivo de este año era el reconocimiento del Paleozoico entre el río Esera y el río Noguera Ribagorzana, al sur del Macizo de La Maladeta, área bastante compleja desde el punto de vista tectónico. Dicha labor fue compaginada con recorridos más fáciles por terrenos de la serie alpina situados más al sur. Para la elección de itinerarios y cartografía en campo y en gabinete hemos dispuesto de tres juegos de fotogramas aéreos.

Los participantes fueron recibidos el día 5 de julio en el Hotel Aneto, cuya dirección puso amablemente a nuestra disposición una sala para charlas, comentarios y trabajo de gabinete.

El día 6 fue la primera salida de aclimatación, recorriendo la serie del Siluriano y Devoniano al N de Cerler. El día siguiente fue ya de entrenamiento más duro, ascendiendo por el barranco de Urmella, para conocer otra serie del Devoniano algo diferente a la anterior (serie tipo Baliera).

El día 7 se dedicó a la organización de equipos, reparto y revisión de material de acampada, y charla introductoria a la zona de trabajo.

En los días 9 y 10 se realizó la primera salida, con

acampada cerca del puerto de Castanesa y recorridos al S y N de dicho puerto, todos los participantes juntos.

En la salida de los días 12 y 13 acampamos en las Bordas de Castanesa y los diferentes equipos se repartieron los itinerarios con la intención de cubrir el circo de Castanesa.

En el día 14 tuvo lugar una extensa charla sobre la geología del Pirineo y, como en los otros días de descanso, se dedicó un tiempo a comentarios e intercambio de los diferentes datos de observación de los equipos, consulta de bibliografía, etc.

El día 15 se visitó, en Erill-Castell y en otros puntos sobre «las cabezas zambullentes» de Los Nogueras, la serie Estefaniense a Bunt, y el día 16, en dos equipos, se trabajó en el estudio de las relaciones de esta serie con el Devoniano al oeste del Pico Gallinero.

Los días 18 y 19 nos desplazamos a la zona del río Llauset, a cuya orilla acampamos.

El día 21 recorrimos el corte del río Esera, deteniéndonos en algunos puntos interesantes del Cretáceo y, desde el punto de vista sedimentario, en el Eoceno.

El día 22 nos desplazamos a Pineta y circo de La Larri, yendo por Ainsa y volviendo por el collado de Sahún, teniendo así la oportunidad de contemplar las relaciones entre las unidades tectónicas del Manto de Gavarnie.

El día 23 tuvo lugar la cena de clausura, dispersándose los participantes al día siguiente.

3. RESULTADOS

Se ha avanzado en la cartografía del área que nos propusimos como objetivo, si bien esta labor no se puede considerar como terminada. Las observaciones y análisis estructural realizados en ciertas partes de la Unidad de Baliera concuerdan bien con la cartografía de P. H. W. Mey (1967, 1968).

Al N de esta unidad haría falta terminar de precisar la cartografía del sistema de fallas y escamas, que constituyen un importante accidente de cabalgamiento de edad alpina, que en la zona del río Llauset y en algunos afloramientos del circo de Castanesa cobijan una serie, a veces reducida, constituida por margas y calizas grises con escapolitas, que puede muy bien ser atribuida de acuerdo con Mey al Triásico (probablemente Muschelkalk, aunque la serie roja del Bunt está ausente). Aunque las escapolitas no son exclusivas del metamorfismo de los materiales del ciclo alpino (J. M. Charlet, 1977), en los afloramientos a los que nos referimos, el metamorfismo pirenaico habría actuado sobre estos materiales, quizá a favor de ciertas condiciones de presión y temperatura ligadas a dicho accidente de cabalgamiento. En el afloramiento del río Llauset (memoria del XXIII Campamento) tenemos que precisar que la «aplita» cartografiada por Mey, encajante en la parte inferior de las capas con escapolita, corresponde efectivamente a una gabrodiorita, pero en realidad encaja en pizarras del Devoniano con andalucitas de metamorfismo de contacto. En esta zona del río Llauset y en el circo de Castanesa hay otros afloramientos de aspecto carnolesco amarillento (pero con elementos de cuarcita) que se encuentran pellizcados entre las escamas de Paleozoico. Seguimos creyendo que no son del Trías, sino escamas tectonizadas y alteradas de la formación Basibé (memoria del XXIII Campamento). Así, al E del pico Castanesa, a media distancia de las Bordas de Castanesa, hay una corrida de la formación Basibé en la cual puede observarse el paso gradual a esta facies de «pseudocarniola».

En cuanto a las manchas cartografiadas por Mey como Cambro-ordoviciano, en el límite entre las áreas de serie tipo Baliera y tipo Sierra Negra, puede tratarse muy bien de un equivalente (con más detritismo) del conjunto de las formaciones Aneto y Gelada. Ello por su similitud de facies y por encontrarse, en algunos cortes que hemos realizado, en continuidad aparentemente con la formación Basibé. Haría falta comparar dicha serie con la del Cambro-ordoviciano representado más hacia el E en el área de Bohi y Tahull.

Noticias

LA GENERALIDAD DE CATALUÑA FIRMA UN ACUERDO CON EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

El Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalidad de Cataluña ha firmado un convenio de colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME). El convenio tiene como finalidad el desarrollo de las actividades geológicas y mineras relacionadas con el estudio y aprovechamiento de los recursos del suelo y del subsuelo.

Según la Generalidad, este acuerdo puede unificar esfuerzos, evitar la duplicidad de actuación y coordinar los trabajos que puedan hacerse en Cataluña sobre esta materia.

El acuerdo permitirá a la Generalidad estar presente en la planificación y seguimiento de las actuaciones del IGME que afecten a Cataluña, así como proponer las líneas de actuación en lo referente a la infraestructura geológica y a la investigación de recursos.

Para posibilitar y facilitar las relaciones entre ambos organismos, se constituirá una comisión mixta que se reunirá, como mínimo, una vez cada seis meses. Esta comisión será la encargada de informar de los programas y proyectos en curso y de establecer un programa anual de actuaciones conjuntas. Por cada punto del programa se establecerá un acuerdo específico que concretará la aportación financiera de cada uno de los organismos.

SE PRESENTO EL PLAN NACIONAL PARA LA PREVENCION DE INUNDACIONES

Es uno de los grandes sintestros más frecuentes en España

El día 26 de noviembre y en sesión extraordinaria y pública de la Comisión Nacional de Protección Civil, celebrada en el Ministerio del Interior, fue presentado el informe y estudio realizado por dicha Comisión técnica para la prevención de inundaciones. El acto estuvo presidido por los titulares de Interior, señor Barrionuevo; por el de Obras Públicas, Julián Campo, y por el de Administración Territorial, Tomás de la Quadra. Asimismo, entre otros altos cargos estuvieron presentes los subsecretarios de Agricultura y Defensa.

La sesión se inició al filo de la una menos cuarto con unas palabras del ministro Barrionuevo, que señaló que «estos trabajos de protección civil habían consistido en una coordinación de esfuerzos y que era necesario destacar el trabajo actual, que ha sido realizado en

equipo y cooperación estrecha con Obras Públicas, el Instituto Geológico y Minero, ICONA, IRYDA y Administración Territorial para paliar los efectos de las inundaciones.

El plan se concibió a raíz de sucesos de esta naturaleza ocurridos en Valencia, Cataluña y posteriormente en el País Vasco, que supusieron numerosas pérdidas humanas y económicas. El ministro Barrionuevo se refirió también al plan de emergencia de sequía denominado «Plan Agua Roja», y al tema de los incendios forestales.

Por su parte, el titular de Obras Públicas señaló que en España, por sus características, había un evidente riesgo con consecuencias catastróficas que se deriva del agua en función de las inundaciones y, como contrapunto, el de la sequía, y que cualquier esfuerzo en este sentido merecía la pena. Puntualizó que las pérdidas económicas para el país derivadas de las inundaciones en Cataluña y Valencia habían supuesto un volumen de cien mil millones de pesetas.

También hablaron sobre el tema el ministro de Administración Territorial y el director general de Protección Civil. El primero de ellos realizó una reflexión de tipo cultural, en la que puso de relieve la alta significación que en este sentido representaba el estudio actual por cuanto era un hacer frente a las dificultades con las que se podía encontrar el hombre, y en el mismo sentido glosaría el señor Figueruelo.

La necesidad de elaborar un plan en este servicio nació en marzo del pasado año, creándose en ese mismo mes una Comisión Técnica de Inundaciones formada por los Ministerios de Defensa, Interior, Obras Públicas y Urbanismo, Industria y Energía, Agricultura, Pesca y Alimentación, Transportes, Turismo y Comunicaciones, Sanidad y Consumo y Administración Territorial.

La Comisión Técnica desglosó el cometido en cuatro grupos de trabajo, cuyos objetivos, entre otros, eran los siguientes: recopilación, clasificación y elaboración de la información de todo tipo sobre las catástrofes históricas más significativas ocasionadas por inundaciones; estudio de actuaciones y medidas preventivas a medio y largo plazo; estudio de las normas vigentes que regulan la materia, así como disposiciones sobre condicionamientos y limitaciones para construcciones de obras públicas y elaboración de un plan base de protección contra inundaciones, riadas y roturas de presas y embalses.

La recopilación, clasificación y elaboración le fue encomendada al MOPU, mismo organismo que se encargó de la elaboración del estudio de actuaciones.

En el informe presentado se recoge que si bien las avenidas son las causas más frecuentes de las inundaciones en nuestro país, existen también otras que es pre-

ciso considerar. Estas son: temporales ciclónicas, acciones del mar, obstrucciones de los cauces, efectos de presas y embalses e insuficiencias del drenaje. Y en cuanto a los daños se han diferenciado los siguientes tipos: pérdidas de vidas humanas, daños físicos a edificios y obras, pérdidas de bienes y servicios, costes de la lucha contra la inundación y datos intangibles.

En cuanto a los procedimientos de actuación que existen para prevenir los riesgos se han clasificado en dos grandes grupos: Procedimientos preventivos y Actuaciones de emergencia.

Entre las actividades de gestión se ha puesto en marcha el denominado programa SAIH (Sistema Automático de Información Hidrológica), que se ha implantado en toda la Península, habiéndose instalado ya en las cuencas del Júcar y del Segura, a las que seguirán las del Sur, Ebro y Pirineo oriental. El programa consiste en esencia en la instalación de una red de sensores pluviométricos, estaciones de aforo y embalses distribuidos por toda la cuenca que transmiten los datos necesarios en tiempo real al centro de procesos de los mismos, de manera que una vez sabida la información se pueden tomar con rapidez decisiones oportunas.

Las actividades encomendadas al Ministerio de Administración Territorial se han recogido en un trabajo de conjunto que se extiende a 105 disposiciones de distinto rango, y que arranca de la ley de Aguas de 13 de junio de 1879, y se cierra con la orden del actual Departamento de Administración Territorial de 17 de noviembre de 1983.

En cuanto a las actividades encomendadas al Ministerio del Interior ha consistido en la redacción de lo que constituye un anexo del Plan Alfa o Plan Básico de Emergencia de Protección Civil. Especial interés tiene una guía ante inundaciones que contiene una serie de normas para la actuación de los Ayuntamientos y unos consejos de autoprotección.

POSIBILIDAD DE DETECTAR GAS METANO EN TOMELLOSO

El Instituto Geológico y Minero de España ha realizado un estudio sobre la posible detección de gas metano en el subsuelo del término municipal de Tomelloso. El estudio proseguirá en breve para comprobar si, efectivamente, reviste importancia. No se conocía esta posibilidad en estas tierras tan apretadas de viñedos y otros cultivos, por lo que existe la natural expectación, pero hasta que el Instituto complete sus análisis no se podrán conocer sus posibilidades.

DISMINUYE EL CONSUMO DE PETROLEO Y AUMENTA EL DE ENERGIA NUCLEAR

El consumo interior bruto de energía primaria durante el año móvil agosto 83/julio 84 ascendió a 73,8 millones de TEP (toneladas equivalentes de petróleo), con un aumento del 1,18 por 100 del año anterior. El consu-

mo por fuentes de energía continúa su tendencia al descenso de la participación del petróleo y el aumento de la participación de la electricidad primaria. En el año móvil, el consumo de petróleo supuso el 54,4 por 100 del total de energía primaria consumida, 4,1 puntos porcentuales menos que en el año anterior, mientras que la energía nuclear aumentaba su participación en 2,8 puntos, y la hidráulica, en 1,2 puntos.

La participación de la producción interior en el consumo total de energía primaria ha sido en este mismo período del 39,3 por 100, con una mejora de 2,7 puntos respecto del año móvil anterior.

MENOR PRODUCCION ESPAÑOLA DE PETROLEO

La producción de petróleo de los yacimientos españoles alcanzó en octubre pasado 172.600 toneladas, cantidad que comparada con igual mes de 1983 representa una reducción del orden del 26,39 por 100. En lo que va de año se llevan extraídas 1.985.781 toneladas, cifra también inferior a la de los diez primeros meses de 1983 (2.445.876 toneladas).

El yacimiento «Casablanca» es el que más petróleo ha producido, con un total de 1.402.605 toneladas en enero-octubre y baja del 22,68 por 100 sobre la producción del año anterior, según informa Enerpress.

ERT INVERTIRA 2.000 MILLONES DE PESETAS EN LAS MINAS DE POTASA CATALANAS

Los yacimientos mineros de potasas de Cataluña recibirán una inversión de 2.000 millones de pesetas, para la modernización y ampliación de servicios, por parte de Unión de Explosivos Río Tinto (ERT). La explotación de sales potásicas se centra en las minas de Cardona, Súrria, Sallent y Balsareny, que producen el 80 por 100 de este mineral en España, con una extracción de 5.800.000 toneladas brutas. El 56 por 100 de la producción va a la exportación y la producción anual española representa unos 12.000 millones de pesetas.

Dada la importancia de los yacimientos potásicos catalanes, el Instituto Nacional de Industria (INI) ha adquirido la mayor parte de las acciones de la mina de Súrria, a la vez que sigue muy de cerca la posible compra de acciones en las minas de Sallent y Cardona, sociedades ambas de la empresa Unión de Explosivos Río Tinto. Las negociaciones sobre este tema se están llevando a cabo desde principios de verano y tienen la finalidad de que el INI controle totalmente la producción del mineral de potasa en España.

Por otro lado, se está estableciendo un plan director de potasas por parte de la Dirección General de Minas del Ministerio de Industria, para coordinar la producción de potasas en unas minas de alto nivel tecnológico y con una productividad de 500 toneladas por hombre y año, al mismo nivel que en Europa.

DISMINUYE EL NIVEL DE LAS CAPAS FREATICAS EL AGUA: RIESGO DE CRISIS EN LOS NOVENTA

Los recursos acuáticos del planeta suelen estar infra-explotados y mal utilizados, y eso podría dar lugar, para los años noventa, a una crisis comparable a la de la energía, según un centro norteamericano de investigación.

Según un estudio publicado por el Instituto Worldwacht, del que es autora Sandra Postel, si prosiguen las tendencias actuales, la calidad del agua de los lagos y los ríos se deteriorará, por causas, sobre todo, de la contaminación, y disminuirá el nivel de las capas subterráneas, lo que puede provocar una escasez de agua de importantes consecuencias económicas.

La disminución del nivel de las capas freáticas en algunas regiones y el de los lagos y mares interiores, así como la rápida escorrentía de los ríos tras la estación de las lluvias, atestiguan que el uso de los recursos acuáticos es excesivo.

«Es poco probable que un acontecimiento histórico desencadene un movimiento que abogue por revisar el modo como se emplea el agua, cosa que sí ha sucedido en el aspecto energético tras la crisis del petróleo», indica el informe. En muchas regiones del mundo, la disminución del caudal de agua limitará, en los próximos decenios, la actividad económica y la producción alimenticia.

La extracción excesiva de agua de las capas subterráneas ha hecho disminuir el nivel de las mismas. Se trata de reservas con poca capacidad de renovarse. El fenómeno se ha observado sobre todo en algunas regiones de Estados Unidos, en el norte de China, en India y en algunos estados de Méjico.

En China, en las regiones de Pekín y Tianjin, dos importantes polos industriales, el nivel de la capa freática baja entre uno y cuatro metros por año. En el Estado indio de Tamil Nadu, la extracción de las reservas subterráneas para el riego ha hecho bajar el nivel de las capas acuíferas de 25 a 30 metros en diez años.

En la URSS, el mar de Aral tiene cada vez menos agua y ha disminuido la actividad pesquera; en el mar Caspio se encuentra igualmente amenazado el esturión, cuyas huevas proporcionan el caviar.

Según el Instituto Worldwacht, todavía puede remediarse el derroche de agua y su creciente contaminación, sobre todo, reinyectando agua en las capas acuíferas en vías de desecamiento y mejorando los sistemas existentes de irrigación.

Se calcula que si la eficacia de las redes de riego mejorara un 10 por 100, se economizaría agua suficiente para subvenir a las necesidades domésticas de todos los habitantes de la Tierra.

DETECCION DE MINERALES CON LASER

Científicos canadienses han desarrollado un nuevo sistema para identificar depósitos de minerales por medio de la proyección de un destello láser sobre el suelo desde un helicóptero o un avión en vuelo rasante. Este proce-

dimiento podría suponer importantes ahorros de tiempo y dinero, particularmente para exploraciones desarrolladas en zonas montañosas o inaccesibles.

Los destellos de láser cubren una superficie de 400 centímetros cuadrados cada uno, y están espaciados aproximadamente un metro uno de otro. El efecto, registrado con un telescopio desde el helicóptero, permite la localización de depósitos de tungsteno, estaño, oro, cinc, uranio y molibdeno.

El sistema, llamado Luminescent Mineral Exploration (Luminex), se fundamenta en la fotoluminiscencia de ciertos minerales, una propiedad que les hace reaccionar a una fuente de luz (como la del láser). La industria del uranio ya ha utilizado este proceso.

El láser es un destello intenso de luz ultravioleta proyectada contra el suelo a un ritmo de 30 pulsaciones por segundo. Las observaciones realizadas con el telescopio son registradas en una cinta magnética que puede ser procesada por un microordenador.

El sistema tiene el inconveniente de que sólo puede utilizarse cuando los minerales se encuentren en la superficie, ya que es incapaz de atravesar el suelo o la vegetación. Pero, según han señalado sus inventores, un 25 por 100 de la superficie terráquea puede ser explorada de este modo. Además es muy adecuado para zonas montañosas, donde la exploración a pie necesitaría mucho tiempo y dinero.

ALA-DELTA EN PROSPECCIONES GEOLOGICAS

Los especialistas de la agrupación soviética Aerogeología han propuesto utilizar un ala-delta con motor en las prospecciones geológicas. Esta «moto aérea» permitirá a los geólogos observar los parajes desde dos kilómetros, o menos, de altura. Con esta ala-delta se pueden hacer levantamientos aéreos en gran escala y llevar a cabo observaciones a poca altura y en lugares inaccesibles para helicópteros.

GEOTERMIA: PROYECTO PILOTO EN LA RFA

Bruchsal, en las cercanías de Karlsruhe (RFA), puede convertirse en la meca de la tecnología europea avanzada en la utilización de la energía geotérmica. Se han realizado perforaciones hasta una fuente de agua salada a 114° C, a 1.900 metros de profundidad. Con la ayuda financiera de las Comunidades Europeas y del Ministerio Federal Alemán de Investigación y Tecnología se trata ahora de aprovechar esta energía para obtener electricidad. Se emplea para ello un nuevo tipo de turbinas, que opera según el ciclo de Rankine.

La central geotérmica planeada en Bruchsal está diseñada para una potencia de sólo 500.000 vatios; sin embargo, la tecnología empleada la convierte en un proyecto pionero de importancia europea. Aprovecha las reservas subterráneas que cobija el foso tectónico del Rin superior, que se la mayor zona cerrada europea con altas tempe-

raturas subterráneas y gran actividad geotérmica. En esta zona, el aumento de temperatura por cada kilómetro de profundidad es de 70° C, es decir, más del doble del aumento normal en las otras zonas del continente.

Se empleará una turbina propulsada con isobutano, un compuesto químico relacionado con el conocido butano.

SOCIEDAD ESPANOLA DE PALEONTOLOGIA

El pasado 19 de octubre se reunieron en las dependencias del Museo Nacional de Ciencias Naturales y del Instituto de Geología del C.S.I.C. casi 40 paleontólogos procedentes de varias Universidades y otros centros de investigación, repartidos por todo el ámbito nacional, que acordaron la puesta en marcha de la Sociedad Española de Paleontología.

Los objetivos generales de dicha Sociedad se centran en la coordinación y fomento de los estudios paleontológicos en España, el intercambio científico entre sus miembros, la elaboración de publicaciones, la organización de reuniones científicas nacionales e internacionales, instar y trabajar para la conservación del patrimonio paleontológico, etc. La Sociedad se contempla con amplias miras, de manera que toda persona interesada científicamente por la Paleontología puede pedir su ingreso.

Actualmente, existe una Comisión Gestora que, entre otras tareas, redactará unos Estatutos para ser presentados en la Asamblea General Constituyente que está prevista para el Otoño de 1985. Sus componentes son los doctores: Maite Alberdi (Instituto de Geología, Madrid), Antonio Goy (Universidad Complutense), Luis Granados (Empresa Nacional ADARO, Madrid), Marcos A. Lamolda (Universidad del País Vasco), José Santafé (Instituto de Paleontología «Miguel Crusafont Pairo», Sabadell), Leandro Sequeiros (Universidad de Sevilla, en Huelva), Jaime Truysols (Universidad de Oviedo).

Para más información escribir al doctor Marcos A. Lamolda; Facultad de Ciencias, Universidad del País Vasco; Apartado 644; 48080 Bilbao.

I CURSO SOBRE METODOS DE PERFORACION DE SONDEOS

Introducción

El conocimiento de las distintas técnicas de perforación, así como la correcta selección del método a elegir para cada caso, son temas de una extraordinaria importancia económica en el resultado final de cualquier programa de perforación.

La falta de una adecuada formación técnica en este campo es motivo frecuente de auténticos fracasos y, en gran número de casos, de innecesarios incrementos de costes.

En el ámbito concreto de la perforación de sondeos para captación de agua subterránea, con unas inversiones a nivel nacional del orden de 15.000 millones de pesetas/año, se puede estimar que aproximadamente un 30 por 100 son estériles, por falta de una dirección técnica cualificada.

El deseo de contribuir a paliar la escasez en nuestro país de programas de formación específica sobre estas técnicas, ha sido la motivación que ha originado este I Curso sobre métodos de perforación de sondeos.

Objetivos

Proporcionar los conocimientos y técnicas actuales a todos aquellos profesionales que desarrollan su labor en este ámbito, para lograr una realización y gestión óptimas del sondeo y a la vez facilitar un intercambio de experiencias, que sin duda han de potenciar la cualificación técnica de los asistentes.

Participantes

El curso se dirige a todos aquellos profesionales y postgraduados relacionados con la perforación, bien directamente (compañías con equipos propios), bien indirectamente (compañías que contratan el servicio).

Metodología

Se impartirán siete conferencias, seguidas de sus correspondientes coloquios, comenzándose con la introducción al mercado de la perforación en España, se dará un recorrido por cada método y se finalizará con la exposición de cómo se debe realizar el proyecto de un sondeo.

Lugar y fechas

El curso se desarrollará desde el lunes día 25, al jueves día 28 de marzo de 1985, en los locales de la Fundación «Gómez Pardo», Alenza, 1, Madrid, con el siguiente horario:

Tardes: 16,00 a 20,00 horas.

Temario

- Mercado español de la perforación de sondeos.
- Métodos más usuales de perforación.
- Problemas que se pueden plantear en cada método y sus soluciones.
- Litologías apropiadas para cada método.
- Perforación a percusión.
- Perforación a rotación con circulación directa.
- Perforación a rotación con circulación inversa.
- Perforación a rotopercusión.
- Perforación con testigo continuo.
- Proyecto de un sondeo.

Profesorado

Don Jesús Candil Gonzalo, Ingeniero de Minas, del Plan Nacional de Abastecimiento con aguas subterráneas a Núcleos Urbanos, del Instituto Geológico y Minero de España. Director del Curso.

Don José Francisco González Fernández, Ingeniero de Minas, Jefe del Servicio de Aguas Subterráneas del Instituto Geológico y Minero de España.

Don Pedro Layna Sanz, Ingeniero Técnico de Minas, del Plan Nacional de Abastecimiento con aguas subterráneas a Núcleos Urbanos, del Instituto Geológico y Minero de España.

Don José Luis Velilla Crespo, Ingeniero de Minas, Director Técnico de la Compañía General de Sondeos.

Don Manuel Albacete Carreira, Ingeniero Agrónomo, Director Técnico de Vegarada.

Don Manuel Somalo Alique, Dr. Ingeniero de Minas, Delegado Zona Centro de Persond.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA REGIONAL

841214. **I Congreso Español de Geología. Tomo I.** Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, 809 pp., esp., bibl. IGME.
* Reunión, Estratigrafía, Sedimentología, Geología marina, Paleontología, Geomorfología, Cuaternario, Geología medio ambiente, España.

841281. **I Congreso Español de Geología. Tomo II.** Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, 969 pp., esp., bibl. IGME.
* Reunión, Petrología, Mineralogía, Geoquímica, Recurso natural, España.

ESTRATIGRAFIA

841197. **O Dogger de Santiago do Cacem.** MANUPPELLA, G.

Comum. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 1, pp. 47-61, ref. 11, por., res. fran., bibl. IGME.

* Jurásico Medio, Dogger, Corte geológico, Sondeo, Escala, Correlación, Bioestratigrafía, Fauna, Flora, Portugal, Bajo Alentejo.

841200. **Le Cretacé de l'Algarbe: Essai de Synthèse.** REY, J.

Comum. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 1, pp. 87-101, 15 ref., fran., res. por., bibl. IGME.

* Cretácico, Corte geológico, Litofacies, Fauna, Bioestratigrafía, Correlación, Megaciclo sedimentario, Discontinuidad, Laguna estratigráfica, Portugal.

841215. **El Triásico del Anticlinal de Sigüenza, Guadalupe.** ALONSO BLANCO, J. J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 1-12, 18 ref., esp., bibl. IGME.

* Trias, Estructura sedimentaria, Estructura biogénica,

Estratificación masiva, Ripples-mark, Análisis polínico, Sedimentación fluvial, Sedimentación intertidal, Medio fluvial, Medio intertidal, Anticlinal, Provincia Guadalajara, Macizo Ibérico.

841219. **Influencias de las formaciones urgonianas en la sedimentación supraurgoniana en el sector oriental de la C. Cantábrica.** OLIVE DAVO, A.; AGUILAR TOMAS, M. J.; RAMIREZ DEL POZO, J., y RAMIREZ MERINO, J. J.

I Congreso Nacional de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 53-65, 27 ref., esp., bibl. IGME.

* Barremiense, Aptiense, Urganiano, Arrecife barrera, Medio continental, Medio deltaico, Medio sublitoral, Medio talud marino, Sedimentación continental, Sedimentación deltaica, Sedimentación talud marino, Sedimentación litoral, Litofacies, Estructura corriente turbidez, Isopaca.

841223. **Distribución y evolución sedimentaria de las facies detríticas triásicas de la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica.** TALLOS GONZALEZ, A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 97-108, 13 ref., esp., bibl. IGME.

* Trias, Buntsandstein, Megaciclo sedimentario, Transgresión, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Sedimentación marina, Medio marino, Corte geológico, Isopaca, Paleogeografía, Macizo Ibérico, Aragón.

841361. **Nuevos hallazgos de fósiles en las pizarras ordovícicas de la vertiente meridional de Somosierra (Sistema Central).** GUTIERREZ MARCO, J. C.; RABANO, I., y PRIETO, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 127-137, 29 ref., esp., bibl. IGME.

* Ordovícico, Pizarra, Corte geológico, Litofacies, Bioestratigrafía, Fauna, Yacimiento fósil, Asociación fósil, Provincia Madrid.

841366. **Existencia de una fracturación intensa en el área de Sopelan-Meñacoz (NE de Bilbao).** ELORZA, J.; ORUE-ETXEBARRIA, X., y LAMOLDA, M. A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 177-188, 25 ref., esp., bibl. IGME.

* Pliegue, Sinclinorio, Fracturación, Deformación, Cretácico superior, Paleoceno, Eoceno, Flysch, Síntesis bibliográfica, Fauna foraminífera, Provincia Vizcaya.

CUATERNARIO

841258. **Dinámica litoral y ambientes sedimentarios en el golfo de Almería desde el Tirreniense a la actualidad.** DABRIO, C. J.; GOY, J. L., y ZAZO, C.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 507-522, 8 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Terraza marina, Variación nivel, Playa, Cono aluvial, Tyrreniense, Holoceno, Paleogeografía, Provincia Almería, Mar Mediterráneo Oeste.

841260. **Domos graníticas de exhumación cuaternaria en la rampa de Cadalso de los Vidrios.** PEDRAZA GIL-SANZ, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 535-552, 31 ref., esp., bibl. IGME.

* Pedimento, Paleorrelieve, Monte-Isla, Domo, Alteración, Denudación, Neógeno, Cuaternario, Sierra de Gredos, Sierra de Guadarrama, Hercínico Centro, Provincia Madrid.

841261. **Precisiones cronológicas sobre las terrazas inferiores del río Ebro en Zaragoza.** RODRIGUEZ VIDAL, J., y VILCHEZ BARTOLOME, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 553-559, 9 ref., esp., bibl. IGME.

* Terraza, Erosión fluvial, Aluvión, Cronología, Yacimiento arqueológico, Río, Holoceno, Provincia Zaragoza, Río Ebro, Cuenca Ebro.

841262. **Evidencias de acción glacial en la parte alta de la cuenca del río Poqueira, Sierra Nevada.** SORIA MINGORANCE, J. M.; SORIA RODRIGUEZ, F. J., y JABALOY SANCHEZ, A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 561-571, 10 ref., esp., bibl. IGME.

* Morfología glacial, Datación, C-14, Glaciación, Cuaternario, Sierra Nevada, Zona Bética, Provincia Granada.

841275. **Clima y vegetación durante el Cuaternario reciente en el Macizo Central de Gredos, Avila.** RUIZ ZAPATA, B., y ACASO DELTELL, E.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 723-740, 9 ref., esp., bibl. IGME.

* Pleistoceno superior, Holoceno, Análisis polínico, Palinodiagrama, Flora, Medio glaciolacustre, Paleoclima, Provincia Avila, Sierra de Gredos, Hercínico Centro.

GEOLOGIA MARINA

841239. **Tipos geomorfológicos en plataformas continentales de los márgenes pasivos del Mediterráneo español.**

DIAZ, J. I.; ALONSO, B.; FARRAN, M.; GIRO, S.; MALDONADO, A., y VAZQUEZ, A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 313-325, 26 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación, Morfología erosión, Nivel sísmico, Perfil geofísico, Eustatismo, Batimetría, Plataforma continental, Terraza marina, Duna submarina, Barra, Mar Mediterráneo Oeste, España.

841241. **Cartografía y Sedimentología de la plataforma continental: Metodología y criterios.** GIRO, S.; ALONSO, B.; DIAZ, J. I.; FARRAN, M.; MALDONADO, A., y VAZQUEZ, A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 339-352, 27 ref., esp., bibl. IGME.

* Plataforma continental, Sedimentación, Cartografía, Metodología, Clasificación granulométrica, Fracción fina, Materia orgánica, Coeficiente correlación, Perfil sísmico, Sísmica reflexión, Tratamiento datos, Análisis componente principal, Mar Mediterráneo Oeste, España.

841242. **Sedimentología de las turbiditas de los sistemas deposicionales de la fosa de Valencia.** PALANQUES, A., y MALDONADO, A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 353-360, 13 ref., esp., bibl. IGME.

* Turbiditas, Bioturbación, Corriente turbidez, Estructura corriente turbidez, Estructura sedimentaria, Sedimentación margen continental, Medio margen continental, Eustatismo, Histograma, Mar Mediterráneo Oeste, Provincia Valencia.

841352. **I Congreso Español de Geología. Tomo III.** Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, 620 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Geología.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

841012. **Nuevas perspectivas de aplicación de la geología y la geofísica a la minería subterránea e ingeniería civil (calidad de roca).** COLLADO, A., y FOSTAGUERA, J.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 1, pp. 37-44, esp., bibl. IGME.

* Mecánica roca, Roca, Resistencia compresión, Módulo elasticidad, Fracturación, Propiedad geotécnica, Clasificación, Método sísmico, Onda sísmica, Velocidad.

841069. **Avance en el estudio de ondas de vibraciones de baja frecuencia producidas por voladuras.** RIOS, J., y GONZALEZ FERNANDEZ, E.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 3, pp. 195-206, esp., bibl. IGME.

* Explotación, Concesión minera, Propagación onda, Onda Rayleigh, Onda de Lowe, Vibración, Atenuación, Estudio caso, Puente Genil, Provincia Córdoba.

841074. **VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Vol. 4.**

Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), 403 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Mecánica rocas, Mecánica suelos.

841077. **Estructura geológica del yacimiento de lignito de Puentes de García Rodríguez (La Coruña) en relación con la estabilidad de los taludes de la mina.** CABAL, J. M.; BACELAR, J., y RODRIGO SALMERON, L. J.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 4, pp. 185-193, 2 ref., esp., bibl. IGME.

* Cielo abierto, Lignito, Terciario, Primario, Discordancia, Estabilidad talud, Drenaje terreno, Permeabilidad, Alimentación natural, Explotación, Proyecto, Provincia La Coruña.

841083. **Resultados de la investigación geotécnica realizada para establecer un nuevo método para el diseño del sostenimiento de galerías con cuadros metálicos.** ABAD, J.; CHACON, E.; HIDALGO, E.; CELADA, B., y GUTIERREZ PEINADOR, V.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 4, pp. 249-285, 14 ref., esp., bibl. IGME.

* Mina, Obra subterránea, Tecnología, Propiedad geotécnica, Datos, Tratamiento datos, Coeficiente correlación, HUNOSA, Asturias.

841084. **Aplicación de la mecánica de rocas en la planificación de la fortificación de galerías en la minería del carbón.** IRRESBERGER, M. H.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 4, pp. 287-303, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Mina, Carbón, Obra subterránea, Mecánica suelo, Presión terreno, Deformación, Análisis elemento finito, Modelo matemático.

841087. **Aplicación de nuevas técnicas de sostenimiento a galerías con grandes deformaciones.** CAMINO, M. J.; CELADA, B., y VALMASEDA, E.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 4, pp. 325-353, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Mina, Carbón, Obra subterránea, Presión terreno, Deformación, Resistencia compresión, Clasificación, Estudio crítico, Estudio caso, Investigación, El Bierzo, Provincia León.

841178. **VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Vol. 8.**

Barcelona, Asociación Nac. Ing. Minas (1984), vol. 8, 431 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Yacimentología, Protección medio ambiente, España.

841179. **Un modelo matemático para el estudio de la circulación de materias contaminantes en aguas poco profundas.** DUGNOL, B., y VALDES, J.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia (1984), vol. 8, pp. 33-40, ref. 16, esp., bibl. IGME.

* Polución, Ecosistema, Modelo dos dimensiones, Medio litoral, Línea costa, Interfase aire-mar, Ecuación matemática.

841181. **Contaminación salina en la cuenca del río Llobregat.** DIAZ GONZALEZ, Z.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 8, pp. 59-76, ref. 8, esp., bibl. IGME.

* Potasio, Mina, Río, Polución, Salinidad, Estudio impacto medio, Protección medio ambiente, Proyecto, Cuenca Llobregat, Provincia Barcelona.

841192. **Mecánica de rocas aplicada a la minería subterránea.** RAMIREZ OYANGUREN, P.; CUADRA (L. de la); LAIN, R., y GRIJALBO, E.

Madrid, IGME (1984), 362 pp., 73 ref., esp., bibl. IGME.

* Mina, Obra subterránea, Tecnología, Explotación, Metodología, Modelo, Roca, Propiedad geotécnica, Clasificación, Modelo matemático, Deformación, Instrumentación.

841266. **Definición y metodología de unidad de paisaje. Importancia de la geología ambiental en su descripción.** BOLUDA HERNANDEZ, R.; MOLINA DONATE, M. J., y SANCHEZ DIAZ, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 611-621, 38 ref., esp., bibl. IGME.

* Paisaje, Geología medio ambiente, Erosión suelo, Cartografía, Utilización terreno, Agricultura, Planificación regional.

841267. **El Karst yesífero en España. Condicionamientos geológicos y problemática territorial, ambiental y geotécnica.** DURAN VALSERO, J. J., y VAL MELUS, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 623-634, 24 ref., esp., bibl. IGME.

* Karst, Yeso, Evaporita, Morfodinámica, Polución, Acuífero, Planificación regional, Inventario, España.

841383. **La cámara cultiespectral y los barredores multispectrales: su aplicación a análisis del territorio.** TELLO, B., y TORCAL, R.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 375-385, 19 ref., esp., bibl. IGME.

* Teledetección multispectral, Método MEB, Planificación regional, Informe actividad, Inventario, España.

841394. **Emisión acústica y fracturación inducida durante el ensayo de flexo-tracción en el gneis de Avesta (Suecia).** SUAREZ DEL RIO, L. M., y NORIN, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 485-495, esp., bibl. IGME.

* Gneis, Propiedad geotécnica, Módulo elasticidad, Ensayo laboratorio, Fracturación, Propiedad acústica, Suecia.

841400. **Diseño de un banco de datos geológico-geotécnico.** CANDELA LLEDO, L.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 555-563, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Base datos, Manipulación datos, Investigación datos, Geotecnia, Toma datos, Almacenamiento datos.

PALEONTOLOGIA DE INVERTEBRADOS

841008. **Estudi dels Nummulites del grup de N. perforatus (Montfort) conques aquitana, catalana i balear.** SERRA-KIEL, J.

Treb. Inst. Cat. Hist. Nat. (1984), núm. 11, 244 pp., 350 ref., cat., res. ing., bibl. IGME.

* Monografía, Nummulitidae, Nummulites, Biometría, Taxinomia, Cronoestratigrafía, Biogeografía, Eoceno, Análisis canónico, Cuenca Aquitania, Cataluña, Baleares.

841117. **Facies y ammonoideos de edad Calloviense al sur de Zaragoza (Cordillera Ibérica).** SEQUEIROS, L.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 2, pp. 109-115, 17 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Calloviense, Bioestratigrafía, Fauna ammonite, Asociación fósil, Fósil característico, Litofacies, Paleogeografía, Perisphinctida, Lytoceratida, Provincia Zaragoza.

841254. **Presencia de Globorotalia (Planorotalitas) Palmerae (Cushman and Bermudez, 1937) en el golfo de Bizkaia y su posición taxonómica.** ORUE-ETXEBARRIA URKIZA, X., y APELLANIZ INGUNZ, E.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 461-472, 36 ref., esp., bibl. IGME.

* Globorotalia, Globigerinacea, Taxón planctónico, Fósil característico, Biogeografía, Eoceno inferior, Taxinomia, Golfo Gasconia, Provincia Vizcaya.

PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS

841000. **Roedores, mammalia, del Mioceno inferior de Can Martí, Vell, Vallés-Penedés, Cataluña, España.** AGUSTI, J.

Estud. geol. (Madrid) (1983), vol. 39, núm. 5-6, pp. 417-430, ref. 15, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Rodentia, Cricetidae, Sciuromorpha, Glimidae, Biometría, Mioceno inferior, Provincia Barcelona.

841002. **Consideraciones sobre el género Pistosaurus. El suborden Pistosauria, Reptilla, Sauropterygia.** SANZ, J. L.

Estud. geol. (Madrid) (1983), vol. 39, núm. 5-6, pp. 451-458, ref. 35, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sauropterygia, Revisión, Taxinomia, Nothosauria, Plesiosauria, Cráneo, Anatomía esqueleto, Biometría.

841203. **Novas Pistas de Dinossaurios no Cretácico Superior.** MADEIRA, J., y DIAS, R.

Comum. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 1, pp. 147-158, 13 ref., por., res. fran., bibl. IGME.

* Ichnites, Dinosauria, Ornithischia, Biometría, Caliza, Aptense, Portugal.

841246. **Mamíferos del Mioceno Medio de Tarazona de Aragón.** ASTIBIA, H.; MAZO, A. V.; MORALES, J.; SESE, C.; SORIA, D., y VALDES, G.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 383-390, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Insectívora, Sciuromorpha, Gliridae, Rodentia, Cricetidae, Lagomorpha, Carnívora, Perissodactyla, Artiodactyla, Bioestratigrafía, Mioceno medio, Provincia Zaragoza, Cuenca Ebro.

TECTONICA

841156. **Zonas oceánicas de fractura.** BONATTI, E., y CRANE, K.

Invest. cienc. (1984), núm. 94, pp. 20-32, esp., bibl. IGME.

* Tectónica placa, Deriva continental, Falla transformante, Expansión fondo oceánico, Corteza oceánica, Océano Atlántico.

841354. **Fase de deformación y ejemplos de superposición en la parte occidental de los Montes de Toledo.** GIL SERRANO, G.; MONTERERIN LOPEZ, V.; NOZAL MARTIN, F., y PEREZ-LORENTE, F.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 27-46, 22 ref., esp., bibl. IGME.

* Tectónica superpuesta, Orogenia precámbrica, Orogenia hercínica, Pliégue, Esquistosidad, Montes Toledo, Hercínico Centro, Provincia Ciudad Real, Provincia Toledo, Extremadura.

841359. **Sobre la evolución geodinámica del borde meridional de la placa Ibérica.** VEGAS, R., y MUNOZ, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 105-118, 34 ref., esp., bibl. IGME.

* Movimiento placa, Falla, Falla transformante, Zona cizallamiento, Subsistencia, Actualismo, Geometría placa, Magnetismo, Modelo, Orogenia alpina, Zona Bética.

841369. **Geometría del Pirineo Occidental y Arco Vasco.** EGUILUZ, L.; MARTINEZ TORRES, L. M.; RAMON, R., y LLANOS, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 207-217, 24 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Falla, Subducción, Colisión placa, Límite placa, Tectónica tangencial, Modelo, Pirineos españoles, Región Cantábrica.

841372. **La depresión del Guadalquivir, cuenca de antepaís durante el Neógeno: Génesis, evolución y relleno final.** PORTERO, J. M., y ALVARO LOPEZ, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 241-252, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Depresión, Subsistencia, Flexión, Sedimentación mar

profunda, Tectonogénesis, Olistostroma, Medio litoral, Aloctonía, Sedimentación poco profunda, Neógeno, Cuenca del Guadalquivir.

841374. **La importancia de las fallas N-20 en la creación del golfo de Vizcaya. Estudio de detalle del Arco Santander.** RIAZA, C.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 265-278, 15 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Falla, Orientación, Tectonogénesis, Golfo, Control tectónico, Cabalgamiento, Movimiento placa, Golfo de Gasconia, Provincias Vasca, Provincia Santander.

HIDROGEOLOGIA

841054. **Estimación geoestadística de variables hidrogeológicas.** CHICA-OLMO, M.; FERNANDEZ-RUBIO, R., y PULIDO-BOSCH, A.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 2, pp. 245-256, 5 ref., esp., res. fran., bibl. IGME.

* Geoestadística, Hidrogeología, Tratamiento datos, Cartografía automática, Precipitación atmosférica, Cuenca de Dalías, Provincia Almería.

841057. **Captación de aguas termales en Carballo, La Coruña.** FERNANDEZ-RUBIO, R.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 2, pp. 295-311, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Captación, Agua termal, Ensayo bombeo, Hidrograma, Hidroquímica, Temperatura, Informe químico, Surgencia, Carballo, Provincia La Coruña.

841059. **Investigación geotérmica en la Cuenca de Madrid.** SIGUENZA, J.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 2, pp. 331-344 esp., bibl. IGME.

* Geotermia, Primario, Cretácico, Oligoceno, Mioceno, Falla, Acuífero, Temperatura, Gradiente geotérmico, Flujo calorífico, Provincia Madrid.

841061. **Los recursos geotérmicos de baja temperatura. Una fuente complementaria de energía, técnicamente viable y económicamente competitiva con los combustibles tradicionales.** SANCHEZ GUZMAN, J.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 2, pp. 365-378, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Agua subterránea, Temperatura, Baja temperatura, Energía geotérmica, Precio, Investigación, Estudio crítico.

841167. **Realimentación artificial de los acuíferos subterráneos de los deltas de los ríos Llobregat y Besós.** MIRALLES, J. M., y CANTO, J.

Tecnología agua (1984), vol. 4, núm. 14, pp. 46-56, esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Alimentación artificial, Estudio caso, Delta, Cuenca Llobregat, Llanura aluvial, Infiltración, Metodología, Provincia Barcelona.

MINERALOGIA: SILICATOS

841134. **Influencias de elementos cromóforos en Elbaitas Zonadas.** GARCIA JIMENEZ, R., y LEGUEY, S.

Bol. Inst. Gemol. Esp. (1981), núm. 21, pp. 21-28, 6 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sorosilicato, Elbaita, Zonado cristal, Análisis mayores, Estructura cristalina, Microscopio electrónico, Propiedad óptica, Minas Gerais

841149. **Estudio mineralógico y gemológico de los olivinos de Yaiza (Lanzarote).** BOSCH, J. M.; FUENTE, C. DE LA., y ARBUNIES, M.

Gemología (Barc.) (1981), vol. 14, núm. 49-50, pp. 5-18, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Ortosilicato, Olivino, Difracción RX, Roca encajante, Basalto, Propiedad física, Propiedad óptica, Análisis cuantitativo, Gema, Canarias, Lanzarote.

841296. **Índice de cristalinidad y volumen de la celda unidad de algunos macizos diagenéticos presentes en la Cuenca vasco-cantábrica.** ARRIORTUA, M. I.; ELORZA, J. J., y AMIGO, J. M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 217-226, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Cuarzo, Grado cristalización, Celda elemental, Textura, Estructura sedimentaria, Estructura diagenética, Impureza, Región Cantábrica.

841300. **Evolución del par moscovita-paragonita en procesos sedimentarios. Aplicación a la cuenca Guadix-Baza (Cordillera Bética).** MARTIN RAMOS, J. D.; SEBASTIAN PARDA, E.; CABRERIZO, C., y RODRIGUEZ GALLEGU, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 255-265, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Filossilicato, Moscovita, Paragonita, Ensayo laboratorio, Ataque químico, Agua salada, Agua dulce, Análisis modal, Informe químico, Estudio caso, Provincia Granada, Zona Bética.

841302. **Caracterización mineralógica del asbesto de serpentina del antiguo yacimiento de Abia (Almería).** MARTIN RAMOS, J. D.; ROMERO, J.; ACOSTA, A.; RODRIGUEZ GALLEGU, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 283-294, 9 ref., esp., bibl. IGME.

* Filossilicato, Amianto, Antigonita, Serpentina, Serpentina, Alteración, Espectrometría I.R., Difracción RX, Datos, Análisis cuantitativo, Análisis térmico-diferencial, Composición mineralógica, Provincia Almería.

841308. **Estudio geoquímico y mineralógico de las facies arcóscas distales de la cuenca de Madrid.** LEGUEY, S.; ORDONEZ, S.; GARCIA DEL CURA, A., y MEDINA, J. A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 355-371, 10 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca madre suelo, Sedimento, Composición mineralógica, Arcosa, Filossilicato, Sepiolita, Gneis, Modelo, Análisis cuantitativo, Difracción RX, Sedimentación continental, Medio continental, Abanico fluvial, Provincia Madrid.

841356. **Estructura de los grandes cristales feldespáticos en los gneises de Hlendelaencina (E. Sistema Central).** MARTIN ESCORZA, C.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 61-73, 20 ref., esp., bibl. IGME.

* Neis ocelar, Megacristal, Tectosilicatos, Grupo feldespatos, Feldespato, Foliación, Lineación, Estructura cristalina, Provincia Guadalajara.

MINERALOGIA: NO SILICATOS

841120. **Estudio de inclusiones fluidas en el yacimiento de fluorita «Oseja» (León), en particular inclusiones del sistema H₂O-SH₂-CO₂-Azufre elemental. Datos microtermométricos y de microsonda Raman.** LOREDO, J.; GUILHAUMOU, N.; TOURAY, J. C., y GARCIA IGLESIAS, J.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 2, pp. 142-150, 17 ref., esp., res. fran., bibl. IGME.

* Fluoruro, Fluorita, Inclusión fluida, Vapor agua, Gas hidrógeno sulfuro, Gas carbónico, Espectrometría Raman, Microsonda electrónica, Método Laser, Metodología, Instrumentación.

841130. **Imitaciones del diamante.** SARMIENTO, L.

Bol. Inst. Gemol. Esp. (1980), núm. 20, pp. 11-35, 22 ref., esp., bibl. IGME.

* Elemento nativo, Diamante, Síntesis, Propiedad óptica, Propiedad física, Espectrometría, Fluorescencia, Material sintético, Rutilo, Ortosilicato, Circón.

PETROLOGIA DE ROCAS SEDIMENTARIAS

841011. **Influencia de la arcillosidad en la polarizabilidad de las rocas detríticas de las facies Madrid.** GARCIA LOBON, J. L.; MALDONADO, A., y LOPEZ LINARES, M.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 1, pp. 19-36, 6 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca detrítica, Arenisca, Arcosa, Arcilla, Neógeno, Cuaternario, Abanicos fluviales, Llanura inundación, Polarización provocada, Instrumentación, Resistividad eléctrica, Dato, Provincia Madrid.

841224. **Discontinuidades estratigráficas en materiales pelágicos: caracterización, génesis e interpretación.** VERA, J. A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 109-122, 44 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación pelágica, Medio pelágico, Discontinuidad, Clasificación, Discordancia, Variación nivel, Síntesis bibliográfica, Secundario, España.

841227. **Estudio de los procesos de dedolomitización en las dolomías asociadas a las mineralizaciones Pb-Zn de Reocín, Cantabria.** BUSTILLO REVUELTA, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 149-157, 13 ref., esp., bibl. IGME.

* Dolomía, Dedolomitización, Diagénesis, Textura, Yacimiento Pb-Zn, Hierro sustancia, Roca encajante, Aptiense, Provincia Santander.

841228. **Estructuras primarias y de deformación en rocas opalinas del Mioceno medio.** Toledo. BUSTILLO REVUELTA, M. A., y MARTIN ESCORZA, C.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 159-171, 26 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca sedimentaria, Silicificación, Génesis, Medio lacustre, Deformación, Litofacies, Fauna vertebrado, Mioceno, Provincia Toledo, Cuenca Tajo.

841231. **Modelo tectosedimentario del Bajo Guadalquivir.** MARTINEZ DEL OLMO, W.; GARCIA MALLO, J.; LERET VERDU, G.; SERRANO OÑATE, A., y SUAREZ ALBA, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 199-213, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Neógeno, Ciclo sedimentario, Discontinuidad, Escala estratigráfica, Graben, Estructura sedimentaria, Olistolito, Olistostroma, Flexura, Paleogeografía, Cuenca Guadalquivir, Provincia Cádiz.

841233. **Las construcciones arrecifales de corales y rudistas del Cretácico Inferior, de la Cordillera Ibérica Oriental.** SALAS ROIG, R.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 227-246, 23 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sedimentación arrecifal, Medio arrecifal, Cretácico inferior, Ciclo sedimentario, Unidad estratigráfica, Construcción arrecifal, Fauna rudista.

841235. **Abanicos aluviales en el borde oriental de la Cuenca del Júcar.** SANTOS GARCIA, J. A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 1, pp. 259-269, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Cono aluvial, Estructura sedimentaria, Corriente densidad, Modelo, Corte geológico, Provincia Albacete.

841297. **El Mioceno de la Depresión de Guadalix: Datos mineralógicos de algunas formaciones.** CABRERIZO VAZQUEZ, C.; SEBASTIAN PARDO, E., y RODRIGUEZ FERNANDEZ, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 227-236, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación masiva, Medio marino, Sedimentación lacustre, Medio lacustre, Mineralogía arcilla, Filosilicato, Illita, Paragonita, Kablinita, Clorita, Esmectita, Mioceno, Provincia Granada.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

841122. **Petrología de dos series graníticas peraluminadas de Valdeverdeja-Aldeanueva de Barbarroya (Toledo).** ANDONAEGUI, P., y BARRERA, J. L.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 2, pp. 165-183, 31 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Granito, Intrusión, Composición mineralógica, Análisis cuantitativo, Análisis menores, Informe químico, Génesis, Roca encajante, Roca metasedimentaria, Precámbrico, Provincia Toledo.

841195. **Low-Grade Regional metamorphism in the Iberian Pyrite Belt.** MUNHA, J.

Comum. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 1, pp. 3-35, ref. 110, ing., res. por., bibl. IGME.

* Roca metasedimentaria, Volcano sedimentario, Metamorfismo débil, Facies prehnita-pumpellita, Asociación mineral, Análisis cualitativo, Informe químico, Gradiente geotérmico, Primario, Provincia Huelva, Provincia Sevilla, Portugal.

841196. **Considerações sobre a Génesis dos Diferentes granitos da Região de Tourem-Montalegre-Gerés.** RIBEIRO, M. L.

Comum. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 1, pp. 37-45, ref. 17, por., res. ing., bibl. IGME.

* Granito, Génesis, Roca metasedimentaria, Fusión parcial, Anatexis, Diferenciación magmática, Análisis elemento traza, Biotita, Portugal, Tras-os-Montes.

841284. **Petrología de las granulitas de alta presión y de las eclogitas del tipo B del Macizo de Cabo Ortegal, Galicia, NW de España.** ARENAS, R., y PEINADO, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 27-48, 37 ref., esp., bibl. IGME.

* Leptinita, Granulita, Eclogita, Composición mineralógica, Anfíbolita, Granate, Piroxeno, Análisis químico, Norma petrográfica, Geotermometría, Condición presión-temperatura, Retro-metamorfismo, Metamorfismo catazonal, Metamorfismo mesozonal, Macizo galaico, Provincia La Coruña.

841286. **Clasificación química de las rocas volcánicas cenozoicas españolas. El diagrama total álcalis sílice: I.A.S. de la I.V.G.S.** BRANDLE, J. L.; ANCOHEA, E., y MUÑOZ, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 63-81, 24 ref., esp., bibl. IGME.

* Clasificación, Nomenclatura, Roca volcánica, Composición alcalina, Composición silícea, Cenozoico, España.

841287. **Dique de Fonolita granatífera en el complejo basal de Fuerteventura, Islas Canarias.** COELLO ARMENTA, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 83-96, 12 ref., esp., bibl. IGME.

* Dique, Fonolita, Textura, Composición mineralógica, Granate, Análisis mayores, Fuerteventura, Canarias.

841288. **Aspectos petrológicos y estructurales de las rocas filonianas en el complejo esquistos grauwáquico del área Zarza la Mayor-Garrovillas (provincia de Cáceres).** CORRETGE, L. G.; BASCONES, L.; MARTIN HERREIRO, D., y PEREZ DEL VILLAR, L.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 97-108, 13 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca ígnea, Filón, Dique, Cuarzo, Dolerita, Diorita, Apilita, Esquistosidad, Cronología, Provincia Cáceres.

841289. **El Macizo peraluminado de Cabeza Mediana (Sierra de Guadarrama).** FUSTER, J. M., y HUERTAS, M. J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 109-129, 13 ref., esp., bibl. IGME.

* Granito, Adamellita, Composición mineralógica, Roca encajante, Granodiorita, Composición calcoalcalina, Dique, Pórfido granítico, Análisis modal, Análisis químico, Informe químico, Cristalización, Condición presión-temperatura, Provincia Madrid, Sierra de Guadarrama.

841290. **El crisoberilo de las pegmatitas graníticas de la Sierra Albarrana. Condiciones genéticas y evolución.** GONZALEZ DEL TANAGO, J.; MARTINEZ, M., y PEINADO, M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 131-145, 22 ref., esp., bibl. IGME.

* Pegmatita, Antiforma, Paragénesis, Asociación mineral, Oxido, Crisoberilo, Hábito, Estructura cristalina, Análisis cuantitativo, Génesis, Condición presión-temperatura, Provincia Córdoba, Zona Bética.

841294. **Los pórfidos rojos sieníticos de Avila (Sistema Central Español).** URBANELL, A. G.; VILLASECA, C., y NUEZ, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 193-203, 17 ref., esp., bibl. IGME.

* Dique, Roca ígnea, Pórfido sienítico, Emplazamiento, Fractura, Composición alcalina, Composición mineralógica, Análisis cuantitativo, Informe químico, Provincia Avila.

841393. **Efecto Kaiser en rocas sometidas a tensiones térmicas.**

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 477-483, 14 ref., esp., bibl. IGME.

* Granito, Ensayo laboratorio, Propiedad elástica, Microseísmo, Acción calor, Propiedad acústica.

YACIMIENTOS: GENERALIDADES

841009. **VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Vol. 1.**

Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), 451 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Prospección minera, Método geofísico, Evaluación yacimiento, Carbón lignito, Petróleo, Uranio sustancia, España.

841016. **Las inclusiones fluidas en la investigación minera.** LOREDO PEREZ, J., y GARCIA IGLESIAS, J.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 1, pp. 79-88, 24 ref., esp., bibl. IGME.

* Inclusión fluida, Prospección minera, Homogenización, Presión de fluidos, Cobre sustancia, Uranio sustancia, Aureola geoquímica, Paleosalinidad, Alteración hidrotermal.

841036. **VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Vol. 2.**

Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), 393 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Yacimentología, Energía geotérmica, España.

YACIMIENTOS: METALES

841029. **Investigación de Uranio en los materiales del Complejo Esquistos-Grauwáquico (C.E.G.) en el área Garrovillas-Cedavín, Cáceres. Actividades y resultados.** PEREZ DEL VILLAR, L., y RODA QUEROL, J.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 1, pp. 285-310, 25 ref., esp., bibl. IGME.

* Prospección minera, Uranio sustancia, Nivel radiométrico, Nivel eléctrico, Resistividad eléctrica, Índice mineral, Control tectónico, Control litológico, Micaesquisto, Grauwacka, Provincia Cáceres.

841030. **Caracteres geológicos, prospección y evaluación de las episenitas uraníferas de Sobradillo, Salamanca.** ARNAIZ, J.; ARRIBAS, A., y GARCIA LUIS, A.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia.

Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 1, pp. 311-326, ref. 9, esp., bibl. IGME.

* Uranio sustancia, Sienita, Alteración, Granito, Granito dos micas, Índice mineral, Prospección minera, Nivel radiométrico, Nivel eléctrico, Nivel electromagnético, Control tectónico, Paragénesis, Provincia Salamanca.

841047. **El yacimiento de estaño del Trasquillón (Cáceres): Una mineralización asociada a una cúpula granítica.** GONZALEZ AGUADO, M. T., y GUMIEL, P.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 2, pp. 135-156, 43 ref., esp., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Casiterita, Granito, Albitización, Caolinitización, Stockwork, Control tectónico, Análisis cuantitativo, Informe químico, Paragénesis, Génesis yacimiento, Provincia Cáceres.

841119. **Las mineralizaciones filonianas de barita del área minera de Priero (Salas), Asturias.** FERNANDEZ, C. J.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 2, pp. 129-141, 15 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Barita sustancia, Filón, Morfología yacimiento, Control tectónico, Control litológico, Pliegue, Anticlinal, Movilización geoquímica, Análisis elemento traza, Uranio, Torio, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Asturias.

841121. **Estudio de la mineralización y rocas encajantes en la mina Lomero-Poyatos (Huelva).** RUIZ GARCIA, C.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 2, pp. 151-164, 39 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Piritita sustancia, Volcano-sedimentario, Carbonífero, Corte geológico, Roca encajante, Dacita, Cinerita, Singénesis, Paragénesis, Análisis cuantitativo, Provincia Huelva.

841164. **Distribución de elementos en trazas en las esfaleritas y galenas de las mineralizaciones españolas asociadas con rocas volcánicas.** ARRIBAS, A.; ESPINOSA, J., y MORO, M. C.

Tecniterrae (1983), vol. 10, núm. 55, pp. 12-40, 32 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Yacimiento plomo-cinc, Yacimiento vulcanógeno, Roca encajante, Roca metasedimentaria, Roca volcánica, Carbonífero, Silúrico, Pérmico, Trías, Mioceno, Plioceno, Corte geológico, Mineralización, Paragénesis, Análisis elemento traza, Análisis menores, Informe químico, Provincia Murcia.

841311. **El Sn asociado al subvolcanismo neógeno de La Crisoleja, Sierra de Cartagena, Cordilleras Béticas.** ARRIBAS, A.; MORO, M. C.; OVEJERO, G., y SANTIAIGO, L.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 403-414, 4 ref., esp., bibl. IGME.

* Estaño sustancia, Filón, Stockwork, Yacimiento vulcanógeno, Dacita, Alteración hidrotermal, Silicificación, Paragénesis, Neógeno, Provincia Murcia, Zona Bética.

841316. **Los aluviones de casiterita-ilmenita de Fuentes de Oñoro, Salamanca: Estudio previo.** FORT GONZALEZ, R., y ORDOÑEZ, S.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 467-478, 3 ref., esp., bibl. IGME.

* Prospección aluvionar, Casiterita, Ilmenita, Estaño sustancia, Granulometría, Distribución estadística, Histograma, Provincia Salamanca.

841319. **Los depósitos de hierro oolítico en el Ordovícico de España. Significado paleogeográfico.** GUTIERREZ-MARCO, J. C.; LUNAR, R., y AMOROS, J. L.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 501-525, 58 ref., esp., bibl. IGME.

* Hierro sustancia, Yacimiento estratiforme, Textura oolítica, Inventario, Paragénesis, Génesis yacimiento, Transgresión, Paleogeografía, Ordovícico, España.

841323. **Valoración del criadero aurífero de Salave (Asturias).** MARTIN VIVALDI, J. M.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 565-575, 10 ref., esp., bibl. IGME.

* Oro sustancia, Masa mineralizada, Roca encajante, Granodiorita, Alteración hidrotermal, Análisis menores, Evaluación yacimiento, Explotabilidad, Asturias.

841329. **Mineralizaciones de manganeso-hierro del suroeste de Badajoz (Zona de Ossa Morena).** RUIZ DE ALMODOVAR, G., y GALAN, E.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 643-657, 22 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Manganeso sustancia, Hierro sustancia, Yacimiento estratiforme, Volcanosedimentario, Yacimiento volcanogénico, Paragénesis, Metamorfismo regional, Alteración hidrotermal, Análisis cuantitativo, Génesis yacimiento, Provincia Badajoz.

YACIMIENTOS: SUSTANCIAS NO METALICAS

841041. **Perlita, definición, propiedades, usos y producción mundial.** COLLANTES ESTRADA, L.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 2, pp. 53-57, 7 ref., esp., bibl. IGME.

* Perlita, Material expansivo, Propiedad física, Propiedad óptica, Análisis químico, Utilización sustancia, Producción, Mundo, Programa, Prospección minera, España.

841045. **Métodos y objetivos de la investigación geológica aplicada a la industria del cemento. Descripción de casos prácticos.** SANCHEZ JIMENEZ, M.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 2, pp. 113-127, esp., bibl. IGME.

* Cemento industrial, Caliza industrial, Arcilla industrial, Marga, Prospección minera, Metodología, Calidad mineral, Explotación, Programa.

CARBON

841023. **Metodología de evaluación de recursos geológicos en la cuenca carbonífera de Puertollano.** AGUINAGA, M.; LOPEZ JIMENEZ, C., y GARRIDO, A.

VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 1, pp. 187-220, esp., bibl. IGME.

* Carbón, Prospección minera, Metodología, Evaluación yacimiento, Cuenca hullera, Geometría, Reserva, Tratamiento datos, Programa ordenador, Puertollano, Ciudad Real.

841342. **El grado de evolución de las capas de carbón como método de correlación. Su utilización en la cuenca de Sabero.** CRESPO LARA, V.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 857-867, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Correlación, Capa carbón, Material volátil, Grado hullificación, Regresión estadística, Falla, Estefaniense, Provincia León.

SUELOS

841106. **Características petroquímicas y micromorfológicas de suelos gley y tierra parda en pseudogley en la Sierra de Guadarrama.** GALLARDO, J.; AREVALO, P., y BENAYAS, J.

An. edafol. agrobiol. (1984), vol. 42, núm. 7-8, pp. 897-913, 21 ref., esp., bibl. IGME.

* Suelo, Suelo hidromorfo, Gley, Seudogley, Perfil suelo, pH, Materia orgánica, Humus, Clasificación, Provincia Madrid.

841107. **Adición de residuos vegetales a suelos calizos. IV. Estudio de ácidos húmicos.** CEGARRA, J.; HERNANDEZ, M. T.; LAX, A., y COSTA, F.

An. edafol. agrobiol. (1984), vol. 42, núm. 7-8, pp. 915-927, 17 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Suelo, Suelo calcáreo, Sedimento, Materia orgánica, Acido húmico, Análisis cuantitativo, Espectro I.R., Provincia Murcia.

841113. **Contribución al estudio de los suelos del Calar del Mundo (Albacete) II. Mineralogía de Arcillas.** ALIAS, L. J.; HERNANDEZ BASTIDA, J., y FERNANDEZ TAPIA, M. T.

An. edafol. agrobiol. (1984), vol. 42, núm. 7-8, pp. 1013-1032, 16 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Suelo, Roca madre suelo, Caliza, Fracción fina, Mineralogía arcillas, Composición mineralógica, Difracción RX, Provincia Albacete.

841115. **Procesos de alteración, génesis y estabilidad mineral de suelos volcánicos. Volcán de Piedrabuena (Ciudad Real). III. Mineralogía de las rocas, arenas y limos.** CASAS, J.; GUIJARRO, J.; SANZ, J., y MARTIN DE VIDALES, J. L.

An. edafol. agrobiol. (1984), vol. 42, núm. 7-8, pp. 1049-1066, 10 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Suelo, Roca madre suelo, Basalto, Limburgita, Alteración química, Composición mineralógica, Perfil suelo, Clasificación granulométrica, Arena, Difracción RX, Provincia Ciudad Real.

GEOQUIMICA

841198. **Prospección geochimique du Cu, Zn, Pb, Co, Ni et Mo en climat Tropical: Exemple du Prospect de Lanta-Abomey (Dahomey).** FONSECA, E.

Comum. Serv. Geol. Port. (1983), vol. 69, núm. 1, pp. 73-86, ref. 12, fran., res. ing., por., bibl. IGME.

* Prospección aluvial, Prospección geoquímica, Colorimetría, Metodología, Anomalía, Distribución estadística, Cobre, Níquel, Cobalto, Zinc, Plomo, Molibdeno, Sondeo, Cobre sustancia

841282. **Las manifestaciones volcánicas de Cofrentes y Picasent, provincia de Valencia.** ANCOCHEA, E.; MUÑOZ, M., y SAGREDO, J.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 1-13, 24 ref., esp., bibl. IGME.

* Roca volcánica, Textura, Análisis mayores, Análisis menores, Norma petrográfica, Magma, Fusión parcial, Dación K-Ar, Plioceno, Cuaternario, Provincia Valencia.

841306. **Composición isotópica $\delta^{13}C_{PDB}$ - $\delta^{18}O_{PDB}$ de carbonatos fluviales de la región central de la Península Ibérica. Neógeno. Actualidad.** GARCIA DEL CURA, M. A., y ORDOÑEZ DELGADO, S.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 321-333, 8 ref., esp., bibl. IGME.

* Geoquímica isotópica, Roca carbonatada, Sedimentación fluvial, Medio fluvial, Oncolito, Estromatolitos, Estructura biogénica, Isótopo estable, C_{13} , O_{18} , Paleoambiente, Neógeno, Cuaternario, Espectrometría de emisión, Cuenca Duero, Cuenca Tajo, Provincia Madrid.

841309. **Prospección geoquímica multielemental en Lodos (Orense).** URBANO, R.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 2, pp. 373-397, 6 ref., esp., bibl. IGME.

* Prospección geoquímica regional, Granito, Composición calcoalcalina, Composición mineralógica, Escala, Me-

todología, Análisis menores, Tratamiento datos, Análisis multivariable, Anomalía, Tungsteno, Molibdeno, Estaño, Plata, Provincia Orense.

GEOFISICA

841381. **Empleo de métodos eléctricos en la prospección de hidrocarburos. Aplicación a un sector de la Cuenca del Guadalquivir.** GRANDA, A.

I Congreso Español de Geología. Madrid, Colegio Oficial de Geólogos (1984), vol. 3, pp. 347-361, 6 ref., esp., bibl. IGME.

* Hidrocarburo, Prospección minera, Método eléctrico, Estudio caso, Terciario, Olistostroma, Roca clástica, Basamento, Geometría, Cuenca Guadalquivir, Provincia Córdoba.

ENERGIA

841170. **VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Vol. 6.**

Barcelona, Asociación Nacional Ing. Minas (1984), vol. 6, 387 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Yacimentología, Energía, España.

ECONOMIA MINERA

841063. **VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Vol. 3.**

Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 3, 598 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Mina, Explotación.

841090. **VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Vol. 5.**

Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 5, 299 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Mineralurgia, Beneficiación mineral, Legislación minera.

841208. **VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Vol. 9.**

Barcelona, Asoc. Nac. Ing. Minas (1984), vol. 9, 279 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Geología, Yacimentología, Metalurgia.

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLÓGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo, deberá venir leído por el autor y perfectamente puntuado y con las correcciones de las erratas de mecanografía que fuesen precisas. En él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua española irán precedidos de un breve resumen en español e inglés o francés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

En todo momento los autores conservarán una copia del texto original.

Idiomas.

Excepcionalmente podrán publicarse trabajos en otros idiomas (preferiblemente inglés o francés), siempre que abarquen temas sobre España y sean de autores extranjeros.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de la ilustración. La parte gráfica vendrá preparada para ser reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna) y 170 mm. (doble columna). Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. En las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica, con objeto de evitar errores en caso de reducir el original. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen las correcciones de erratas de imprenta producidas en la composición, no admitiéndose modificación alguna, adición o supresión al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

Los originales de texto y figuras quedarán en poder de la Redacción.

Tiradas aparte.

Se asignan 30 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá hacerlo constar por escrito en las pruebas y abonar el precio de este excedente.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

Toda la correspondencia referente a las publicaciones deberá dirigirse a:

Leopoldo Aparicio, Instituto Geológico y Minero de España

Ríos Rosas, 23. 28003-Madrid

INDICE DE MATERIAS

Tomo XCV

	Páginas
GEOLOGIA	
M. ALVARO, A. BARNOLAS, P. DEL OLMO, J. RAMÍREZ DEL POZO y A. SIMO: El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica	3
JOSÉ PONS y JEAN-PIERRE BRUN: Sur le caractere syntectonique de quelques plutons de la Sierra Morena occidentale (Sud-Ouest espagnol)	26
L. SEQUEIROS: Facies y ammonoideos de edad Calloviense al sur de Zaragoza (Cordillera Ibérica)	109
M. ^a ASUNCIÓN RIAZA: Análisis del boudinage en la Playa del Silencio (Asturias, NO de España)	116
T. J. A. REIJERS, D. VAN DEER BAAN y G. VAN DEER SLUYS: The Esla Nappe and its implications for the palaeogeography of the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation in the Cantabrian Mountains (NW Spain)	203
T. J. A. REIJERS: The Peñolas structure in the Peña Corada unit, Cantabrian Mountains (Spain)	214
J. E. GÓMEZ PALLEROLA: Nuevos Paleontínidos del yacimiento Infracretácico de la «Pedrera de Mejá» (Lérida)	301
M. SEGADO, J. M. GUTIÉRREZ, F. HIDALGO, J. M. MARTÍNEZ y F. CEPERO: Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental gaditana entre Chionia y Cabo Roche	310
H. GARCÍA ABOIN: Contribución al estudio del Nanoplacton Calcáreo del Neógeno en la provincia de Murcia	325
A. PAREJÓN: Revisión de la colección de Arqueociatos del Museo del Instituto Geológico y Minero de España	337
A. GONZÁLEZ, G. PARDO, J. VILLENA y A. PÉREZ: Estratigrafía y Sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. de Teruel)	407
J. A. SANTOS GARCÍA: Síntesis litoestratigráfica de la Cuenca del Júcar (Albacete), a partir del análisis tectosedimentario	427
F. BASTIDA, A. MARCOS, A. PÉREZ-ESTAÚN y J. A. PULGAR: Geometría y evolución estructural del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO de España)	517
S. CALZADA: Sobre algunos braquiópodos liásicos	540
MINERIA	
J. MENDUIÑA, S. ORDÓÑEZ y M. A. GARCÍA DEL CURA: Geología del yacimiento de glauberita de Cerezo del Río Tirón (provincia de Burgos)	33
C. J. FERNÁNDEZ: Las mineralizaciones filonianas de barita del área minera de Priero (Salas), Asturias. Su control mediante la interferencia de dos tipos de metalotectos, uno estructural o tectónico y otro fisico-litológico	129
J. LOREDO, N. GUILHAUMOU, J. C. TOURAY y J. GARCÍA IGLESIAS: Estudio de inclusiones fluidas en el yacimiento de Fluorita de «Oseja» (León), en particular inclusiones del sistema H ₂ O-SH ₂ -CO ₂ -azufre elemental. Datos microtermométricos y de microsonda Raman	142

	Páginas
R. ALVAREZ RODRÍGUEZ: Estudio de flotación de la Casiterita y Tantalita del «Leucogranito» de la mina Penouta (Orense)	225
J. C. MELGAREJO y C. AYORA: Mineralización filoniana de Tungsteno en rocas graníticas del sector S de las Cordilleras Costeras Catalanas	235
M. T. GONZÁLEZ AGUADO y P. GUMIEL: El yacimiento de estaño del Trasquilón (Cáceres): Una mineralización asociada a una cúpula granítica	354
JOSEFINA SIERRA: Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Primera parte: Litoestratigrafía y Tectónica)	440
A. PINEDA VELASCO: Las mineralizaciones metálicas y su contexto geológico en el área volcánica neógena del Cabo de Gata (Almería, SE de España)	569
JOSEFINA SIERRA: Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Segunda parte: Mineralogía y Sucesión mineral)	553
AGUAS SUBTERRANEAS	
ALFREDO IGLESIAS LÓPEZ: Diseño de un modelo para el estudio de descargas de acuíferos. Modelo Meda	52
A. J. POLVORINOS DEL RÍO: Análisis factorial de dos campañas de prospección hidrogeoquímica en El Burgo de Osma (Soria)	246
J. CRUZ-SANJULIÁN: Tratamiento automático de limnigramas en microcomputador	456
J. CRUZ-SANJULIÁN, A. ERASO y T. MORALES: Interpretación de los datos del limnigrama de un pozo en el acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz (Vizcaya)	593
GEOFISICA	
JUAN LUIS PLATA TORRES: Algunos aspectos prácticos de la aplicación de la Sísmica de Alta Resolución a la Geología Minera	463
GEOQUIMICA	
J. BENAVENTE HERRERA y F. CARRASCO CANTOS: Evolución hidroquímica en el río Guadalhorce (Málaga, España)	374
ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS	
C. CASQUET y F. TORNOS: El skarn de W-Sn del Carro del Diablo (Sistema Central Español)	58
A. APARICIO y L. GARCÍA CACHO: Quimismo de los principales componentes minerales de las rocas volcánicas paleozoicas del área de Atienza (Prov. de Guadalajara)	80
CASILDA RUIZ GARCÍA: Estudio de la mineralización y rocas encajantes en la mina Lomero-Poyatos (Huelva)	151
P. ANDONAEGUI y J. L. BARRERA: Petrología de dos series graníticas peraluminicas de Valdeverdeja-Aldeanueva de Barbarroya (Toledo)	165
M. D. RUIZ CRUZ y G. BARCELÓ: Zonación mineralógica en el contacto de un cuerpo intrusivo básico (Trías de la Dorsal Bética)	255

	Páginas
C. S. DE GALDEANO, M. ORTEGA, J. RODRÍGUEZ y N. VELILLA: Mineralizaciones de celestina en olistostromas de la depresión del Guadalquivir (NE de Jaén, España)	268
C. SANCHO MARCÉN y A. MELÉNDEZ HEVIA: Las costras calcáreas cuaternarias del Bajo Cinca (Prov. de Huesca)	476
GABRIEL RUIZ DE ALMODÓVAR, PURIFICACIÓN FENOLL HACH-ALI y EMILIO GALÁN HUERTOS: Mineralizaciones de Wolframio en el suroeste del Macizo Ibérico (Zona de Ossa Morena)	484
A. APARICIO YAGÜE y V. SANTOS SERRANO: Quimismo mineral del afloramiento de rocas anfibolíticas de El Arenal (provincia de Avila)	598
INFORMACION	
JOSÉ ENRIQUE AZCÁRATE MARTÍN: Las aguas en el futuro del Instituto Geológico y Minero de España	90
Campamentos de Geología «Canfranc 1983»	93
Noticias y notas bibliográficas	96
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Guillermo Schulz y Schweizer (1800-1877)	184
Noticias y Notas bibliográficas	190
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Lorenzo Gómez Parado y Enseñá (1801-1847)	277
M. GALLEGRO MÁLAGA: El Plan Energético Nacional	284
Noticias y Notas bibliográficas	287
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Felipe Bauzá y Rábaxa (1802-1875)	383
M. ARROYO QUIÑONES: El poderoso retorno del carbón	387
Noticias y Notas bibliográficas	394
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XVIII. Casiano del Prado y Valle (1797-1866)	494
CARLOS SOLCHAGA CATALÁN: Perspectivas de futuro de la industria española. Minería y Política Económica	500
Noticias y Notas bibliográficas	505
J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mineros destacados del siglo XIX. Francisco de Luján y Miguel-Romero (1798-1867)	610
Campamentos de Geología «Benasque 1984»	618
Noticias y Notas bibliográficas	620

INDICE DE AUTORES

Tomo XCV

	Páginas
ALVARO, M.; BARNOLAS, A.; OLMO, P. DEL; RAMÍREZ DEL POZO, J., y SIMO, A.: El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica	3
ALVAREZ RODRÍGUEZ, R.: Estudio de flotación de la Casiterita y Tantalita del «Leucogranito» de la mina Penouta (Orense)	225
ANDONAEGUI, P., y BARRERA, J. L.: Petrología de dos series graníticas peraluminicas de Valdeverdeja-Aldeanueva de Barbarroya (Toledo)	165
APARICIO, A., y GARCÍA CACHO, L.: Quimismo de los principales componentes minerales de las rocas volcánicas paleozoicas del área de Atienza (Prov. de Guadalajara)	80
APARICIO YAGÜE, A., y SANTOS SERRANO, V.: Quimismo mineral del afloramiento de rocas anfíbolíticas de El Arenal (provincia de Avila)	598
ARROYO QUIÑONES, M.: El poderoso retorno del carbón	387
AYORA, C., y MELGAREJO, J. C.: Mineralización filoniana de Tungsteno en rocas graníticas del sector S de las Cordilleras Costeras Catalanas	235
AZCÁRATE MARTÍN, JOSÉ ENRIQUE: Las aguas en el futuro del Instituto Geológico y Minero de España	90
BASTIDA, F.; MARCOS, A.; PÉREZ-ESTAÚN, A., y PULGAR, J. A.: Geometría y evolución estructural del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO de España)	517
BARCELÓ, G., y RUIZ CRUZ, M. D.: Zonación mineralógica en el contacto de un cuerpo intrusivo básico (Triás de la Dorsal Bética)	255
BARNOLAS, A.; ALVARO, M.; DEL OLMO, P.; RAMÍREZ DEL POZO, J., y SIMO, A.: El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica	3
BARRERA, J. L., y ANDONAEGUI, P.: Petrología de dos series graníticas peraluminicas de Valdeverdeja-Aldeanueva de Barbarroya (Toledo)	165
BENAVENTE HERRERA, J., y CARRASCO CANTOS, F.: Evolución hidroquímica en el río Guadalhorce (Málaga, España)	374
BRUN, JEAN-PIERRE, y PONS, JOSÉ: Sur le caractere syntectonique de quelques plutons de la Sierra Morena occidentale (Sud-Ouest espagnol)	26
CALZADA, S.: Sobre algunos braquiópodos liásicos	540
CARRASCO CANTOS, F., y BENAVENTE HERRERA, J.: Evolución hidroquímica en el río Guadalhorce (Málaga, España)	374
CASQUET, C., y TORNOS, F.: El skarn de W-Sn del Carro del Diablo (Sistema Central Español)	58
CEPERO, F.; SEGADO, M.; GUTIÉRREZ, J. M.; HIDALGO, F., y MARTÍNEZ, J. M.: Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental gaditana entre Chipiona y Cabo Roche	310
CRUZ-SANJULIÁN, J.: Tratamiento automático de limnigramas en microcomputador	456
CRUZ-SANJULIÁN, J.; ERASO, A., y MORALES, T.: Interpretación de los datos del limnigrama de un pozo en el acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz (Vizcaya)	593
ERASO, A.; CRUZ-SANJULIÁN, J., y MORALES, T.: Interpretación de los datos del limnigrama de un pozo en el acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz (Vizcaya)	593

	Páginas
FENOLL HACH-ALI, PURIFICACIÓN; RUIZ DE ALMODÓVAR, GABRIEL, y GALÁN HUERTOS, EMILIO: Mineralizaciones de Wolframio en el suroeste del Macizo Ibérico (Zona de Ossa Morena)	484
FERNÁNDEZ, C. J.: Las mineralizaciones filonianas de barita del área minera de Priero (Salas), Asturias. Su control mediante la interferencia de dos tipos de metalotectos, uno estructural o tectónico y otro fisico-litológico	129
GALÁN HUERTOS, EMILIO; RUIZ DE ALMODÓVAR, GABRIEL, y FENOLL HACH-ALI, PURIFICACIÓN: Mineralizaciones de Wolframio en el suroeste del Macizo Ibérico (Zona de Ossa Morena)	484
GALDEANO, C. S. DE; ORTEGA, M.; RODRÍGUEZ, J., y VELILLA, N.: Mineralizaciones de celestina en ólistostromas de la depresión del Guadalquivir (NE de Jaén, España)	268
GALLEGO MÁLAGA, M.: El Plan Energético Nacional	284
GARCÍA ABOIN, H.: Contribución al estudio del Nanoplacton Calcáreo del Neógeno en la provincia de Murcia	325
GARCÍA CACHO, L., y APARICIO, A.: Quimismo de los principales componentes minerales de las rocas volcánicas paleozoicas del área de Atienza (Prov. de Guadalajara)	80
GARCÍA DEL CURA, M. A.; MENDUIÑA, J. y ORDÓÑEZ, S.: Geología del yacimiento de glauberita de Cerezo del Río Tirón (provincia de Burgos)	33
GARCÍA IGLESIAS, J.; LOREDO, J.; GUILHAUMOU, N., y TOURAY, J. C.: Estudio de inclusiones fluidas en el yacimiento de Fluorita de «Oseja» (León), en particular inclusiones del sistema H ₂ O-SH ₂ -CO ₂ -azufre elemental. Datos microtermométricos y de microsonda Raman	142
GÓMEZ PALLEROLA, J. E.: Nuevos Paleontínidos del yacimiento Infracretácico de la «Pedrera de Meía» (Lérida)	301
GONZÁLEZ, A.; PARDO, G.; VILLENA, J., y PÉREZ, A.: Estratigrafía y Sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. de Teruel)	407
GONZÁLEZ AGUADO, M. T., y GUMIEL, P.: El yacimiento de estaño del Trasquilón (Cáceres): Una mineralización asociada a una cúpula granítica	354
GUILHAUMOU, N.; LOREDO, J.; TOURAY, J. C., y GARCÍA IGLESIAS, J.: Estudio de inclusiones fluidas en el yacimiento de Fluorita de «Oseja» (León), en particular inclusiones del sistema H ₂ O-SH ₂ -CO ₂ -azufre elemental. Datos microtermométricos y de microsonda Raman	142
GUMIEL, P., y GONZÁLEZ AGUADO, M. T.: El yacimiento de estaño del Trasquilón (Cáceres): Una mineralización asociada a una cúpula granítica	354
GUTIÉRREZ, J. M.; SEGADO, M.; HIDALGO, F.; MARTÍNEZ, J. M., y CEPERO, F.: Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental gaditana entre Chipiona y Cabo Roche	310
HIDALGO, F.; SEGADO, M.; GUTIÉRREZ, J. M.; MARTÍNEZ, J. M., y CEPERO, F.: Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental gaditana entre Chipiona y Cabo Roche	310
IGLESIAS LÓPEZ, ALFREDO: Diseño de un modelo para el estudio de descargas de acuíferos. Modelo Meda	52
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XIX. Guillermo Schulz y Schweizer (1800-1877)	184
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XIX. Lorenzo Gómez Pardo y Enseñá (1801-1847)	277

	Páginas
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XIX. Felipe Bauzá y Rábaxa. (1802-1875)	383
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XVIII. Casiano del Prado y Valle (1797-1866)	494
LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: Mineros destacados del siglo XIX. Francisco de Luján y Miguel-Romero (1798-1867)	610
LOREDO, J.; GUILHAUMOU, N.; TOURAY, J. C., y GARCÍA IGLESIAS, J.: Estudio de inclusiones fluidas en el yacimiento de Fluorita de «Oseja» (León), en particular inclusiones del sistema H ₂ O-SH ₂ -CO ₂ -azufre elemental. Datos microtermométricos y de microsonda Raman	142
MARCOS, A.; BASTIDA, F.; PÉREZ-ESTAÚN, A., y PULGAR, J. A.: Geometría y evolución estructural del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO de España)	517
MARTÍNEZ, J. M.; SEGADO, M.; GUTIÉRREZ, J. M.; HIDALGO, F., y CEPERO, F.: Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental gaditana entre Chipiona y Cabo Roche	310
MORALES, T.; CRUZ-SANJULIÁN, J., y ERASO, A.: Interpretación de los datos del limnigrama de un pozo en el acuífero de las arenas cuaternarias de Górliz (Vizcaya)	593
MELÉNDEZ HEVIA A., y SANCHE MARCÉN, C.: Las costras calcáreas cuaternarias del Bajo Cinca (Prov. de Huesca)	476
MELGAREJO, J. C., y AYORA, C.: Mineralización filoniana de Tungsteno en rocas graníticas del sector S de las Cordilleras Costeras Catalanas	235
MENDUIÑA, J.; ORDÓÑEZ, S., y GARCÍA DEL CURA, M. A.: Geología del yacimiento de glauberita de Cerezo del Río Tirón (provincia de Burgos)	33
OLMO, P. DEL; ALVARO, M.; BARNOLAS, A.; RAMÍREZ DEL POZO, J., y SIMO, A.: El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica	3
ORDÓÑEZ, S.; MENDUIÑA, J., y GARCÍA DEL CURA, M. A.: Geología del yacimiento de glauberita de Cerezo del Río Tirón (provincia de Burgos)	33
ORTEGO, M.; GALDEANO, C. S. DE; RODRÍGUEZ, J., y VELILLA, N.: Mineralizaciones de celestina en olistostromas de la depresión del Guadalquivir (NE de Jaén, España)	268
PARDO, G.; GONZÁLEZ, A.; VILLENA, J., y PÉREZ, A.: Estratigrafía y Sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. de Teruel)	407
PAREJÓN, A.: Revisión de la colección de Arqueociatos del Museo del Instituto Geológico y Minero de España	337
PÉREZ, A.; GONZÁLEZ, A.; PARDO, G., y VILLENA, J.: Estratigrafía y Sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. de Teruel)	407
PÉREZ-ESTAÚN, A.; BASTIDA, F.; MARCOS, A., y PULGAR, J. A.: Geometría y evolución estructural del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO de España)	517
PINEDA VELASCO, A.: Las mineralizaciones metálicas y su contexto geológico en el área volcánica neógena del Cabo de Gata (Almería, SE de España)	569
PLATA TORRES, JUAN LUIS: Algunos aspectos prácticos de la aplicación de la Sísmica de Alta Resolución a la Geología Minera	463
POLVORINOS DEL RÍO, A. J.: Análisis factorial de dos campañas de prospección hidrogeoquímica en El Burgo de Osma (Soria)	246
PONS, JOSÉ, y BRUN, JEAN-PIERRE: Sur le caractere syntectonique de quelques plutons de la Sierra Morena occidentale (Sud-Ouest espagnol)	26

	Páginas
PULGAR, J. A.; BASTIDA, F.; MARCOS, A., y PÉREZ-ESTAÚN, A.: Geometría y evolución estructural del Manto de Somiedo (Zona Cantábrica, NO de España)	517
RAMÍREZ DEL POZO, J.; ALVARO, M.; BARNOLAS, A.; OLMO, P. DEL, y SIMO, A.: El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica	3
REIJERS, T. J. A.; VAN DEER BAAN, D., y VAN DEER SLUYS, G.: The Esla Nappe and its implications for the paleogeography of the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation in the Cantabrian Mountains (NW Spain)	203
REIJERS, T. J. A.: The Peñolas structure in the Peña Corada unit, Cantabrian Mountains (Spain)	214
RIAZA, M. ^a ASUNCIÓN: Análisis del boudinage en la playa del Silencio (Asturias, NO de España)	116
RODRÍGUEZ, J.; GALDEANO, C. S. DE; ORTEGA, M., y VELILLA, N.: Mineralizaciones de celestina en olistostromas de la depresión del Guadalquivir (NE de Jaén, España)	268
RUIZ DE ALMODÓVAR, GABRIEL; FENOLL HACH-ALI, PURIFICACIÓN, y GALÁN HUERTOS, EMILIO: Mineralizaciones de Wolframio en el suroeste del Macizo Ibérico (Zona de Ossa Morena)	484
RUIZ CRUZ, M. D., y BARCELÓ, G.: Zonación mineralógica en el contacto de un cuerpo intrusivo básico (Triás de la Dorsal Bética)	255
RUIZ GARCÍA, CASILDA: Estudio de la mineralización y rocas encajantes en la mina Lomero-Poyatos (Huelva)	151
SANCHE MARCÉN, C., y MELÉNDEZ HEVIA, A.: Las costras calcáreas cuaternarias del Bajo Cinca (Prov. de Huesca)	476
SANTOS GARCÍA, J. A.: Síntesis litoestratigráfica de la Cuenca del Júcar (Albacete), a partir del análisis tectosedimentario	429
SANTOS SERRANO, V., y APARICIO YAGÜE, A.: Quimismo mineral del afloramiento de rocas anfibolíticas de El Arenal (provincia de Avila)	598
SEGADO, M.; GUTIÉRREZ, J. M.; HIDALGO, F.; MARTÍNEZ, J. M., y CEPERO, F.: Estudio de los sedimentos recientes de la plataforma continental gaditana entre Chipiona y Cabo Roche	310
SEQUEIROS, L.: Facies y ammonoideos de edad Caloviense al sur de Zaragoza (Cordillera Ibérica)	109
SIERRA, JOSEFINA: Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Primera parte: Litoestratigrafía y Tectónica)	440
SIERRA, JOSEFINA: Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Segunda parte: Mineralogía y Sucesión mineral)	553
SIMO, A.; ALVARO, M.; BARNOLAS, A.; OLMO, P. DEL, y RAMÍREZ DEL POZO, J.: El Neógeno de Mallorca: Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica	3
SOLCHAGA CATALÁN, CARLOS: Perspectivas de futuro de la industria española. Minería y Política Económica	500
TORNOS, F., y CASQUET, C.: El skarn de W-Sn del Carro del Diablo (Sistema Central Español)	58
TOURAY, J. C.; LOREDO, J.; GUILHAUMOU, N., y GARCÍA IGLESIAS, J.: Estudio de inclusiones fluidas en el yacimiento de Fluorita de «Oseja» (León), en particular inclusiones del sistema H ₂ O-SH ₂ -CO ₂ -azufre elemental. Datos microtermométricos y de microsonda Raman	142

	Páginas
VAN DEER BAAN, D.; REIJERS, T. J. A., y VAN DEER SLUYS, G.: The Esla Nappe and its implications for the paleogeography of the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation in the Cantabrian Mountains (NW Spain)	203
VAN DEER SLUYS, G.; REIJERS, T. J. A., y VAN DEER BAAN, D.: The Esla Nappe and its implications for the paleogeography of the Givetian-Frasnian Portilla Limestone Formation in the Cantabrian Mountains (NW Spain)	203
VELILLA, N.; GALDEANO, C. S. DE; ORTEGA, M., y RODRÍGUEZ, J.: Mineralizaciones de celestina en olistostromas de la depresión del Guadalquivir (NE de Jaén, España)	268
VILLENA, J.; GONZÁLEZ, A.; PARDO, G., y PÉREZ, A.: Estratigrafía y Sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. de Teruel)	407



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 - 28003 - Madrid