

En este número:

II/24-1

I-II-III

- ✕ • Estratigrafía y sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (prov. de Teruel).
- ✕ • Síntesis litoestratigráfica de la Cuenca del Júcar (Albacete), a partir del análisis tectosedimentario.
- ✕ • Geología, mineralogía y metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (primera parte: Litoestratigrafía y Tectónica).
 - Tratamiento automático de limnigramas en microcomputador.
 - Algunos aspectos prácticos de la aplicación de la Sísmica de Alta Resolución a la Geología Minera.
- ✕ • Las costras calcáreas cuaternarias del Bajo Cinca (prov. de Huesca).
- ✕ • Mineralizaciones de Wolframio en el suroeste del Macizo Ibérico (zona de Ossa Morena).

REVISTA BIMESTRAL DEL IGME FUNDADA EN 1874 T. XCV. Quinto Fascículo. Septiembre-Octubre 1984

boletín geológico y minero

19 ABR. 1985

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



Tomo 95
Fascículo V
Septiembre - Octubre 1984

Boletín Geológico y Minero

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

SUMARIO

Geología	A. GONZÁLEZ, G. PARDO, J. VILLENA y A. PÉREZ: Estratigrafía y Sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. de Teruel)	3
	J. A. SANTOS GARCÍA: Síntesis litoestratigráfica de la Cuenca del Júcar (Albacete), a partir del análisis tectosedimentario.	25
Minería	JOSEFINA SIERRA: Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar (Primera parte: Litoestratigrafía y Tectónica)	36
Aguas Subterráneas	J. JAVIER CRUZ SAN JULIÁN: Tratamiento automático de limnigramas en microcomputador	52
Geofísica	JUAN LUIS PLATA TORRES: Algunos aspectos prácticos de la aplicación de la Sísmica de Alta Resolución a la Geología Minera	59
Estudio de minerales y rocas	C. SANCHE MARCÉN y A. MELÉNDEZ HEVIA: Las costras calcáreas cuaternarias del Bajo Cinca (Prov. de Huesca)	72
	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).	80
Información	J. M. LÓPEZ DE AZCONA: Mincros destacados del siglo XVIII. Casiano del Prado y Valle (1797-1866)	90
	CARLOS SOLCHAGA CATALÁN: Perspectivas de futuro de la industria española. Minería y Política Económica	96
	Noticias y Notas bibliográficas	101

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.

Estratigrafía y Sedimentología del Terciario de la Cubeta de Alloza (Prov. de Teruel)

9 ABR. 1985

Por: A. GONZALEZ (*), G. PARDO (*), J. VILLENA (*) y A. PEREZ (*)

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

Duna eólica costera. Playa de Corrubedo (La Coruña)

Foto: F. Tornos (IGME)

ISSN 0366 - 0176

Depósito legal: M. 3.279 - 1958

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

RESUMEN

El análisis estratigráfico y sedimentológico realizado en los materiales terciarios de la cubeta de Alloza ha permitido diferenciar seis unidades tectosedimentarias (U. T. S.) de distinto rango.

Nuestro estudio, basado en el reconocimiento de las asociaciones de facies, ha permitido definir un conjunto de secuencias tipo que representan diferentes subambientes de sistemas de abanicos aluviales y lacustres asociados. Las relaciones laterales entre las secuencias de cada U. T. S. permiten concluir que las características de estos sistemas deposicionales varían en el tiempo. Mientras las dos unidades inferiores se caracterizan por abanicos de gran extensión, en los que dominan procesos fluviales de baja y alta sinuosidad, las restantes unidades presentan abanicos de extensión más reducida dominados en sus zonas medias y distales por procesos no canalizados. Estos hechos evidencian un cambio climático hacia mayor aridez.

La evolución de las unidades, así como las relaciones estratigráficas y geométricas entre las mismas, permite establecer los rasgos esenciales de la actividad tectónica.

El análisis tectosedimentario realizado aporta criterios precisos para establecer la correlación de estos materiales con los del área de Montalbán.

ABSTRACT

This paper deals with tectosedimentary study about Tertiary from Alloza basin, where six tectosedimentary units (T. S. U.) of different ranks have been characterized.

The sedimentological analysis leads to recognise facies assemblages, and this allows us to establish a number of type sequences.

These sequences mean several subenvironments of alluvial fan and associated lacustrine systems. The lateral relationship among sequences in each T. S. U., leads to the conclusion that the characteristics of these depositional systems change along the time. The two lower units are characterized for alluvial fans of big size, and are dominated by low and high sinuosity fluvial processes. The remaining ones are characterized by alluvial fans of smaller size than the former, and they are dominated in their mid and lower reaches for not channelised flows. These facts show a climatic change toward more dryness.

The vertical and lateral evolution of T. S. U., as well as the stratigraphic and geometric relationship among them permit to infer the main characteristics of tectonic activity.

The tectosedimentary analysis provides exact approaches to correlate these sediments with that of Montalban area where are located several sites of Vertebrates.

INTRODUCCION

Situación

La cubeta de Alloza está situada al N de la provincia de Teruel, en la terminación oriental de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica.

Al N queda limitada por un conjunto de anticlinales mesozoicos alineados ONO-ESE, vergen-

tes hacia el NE (Sierra de los Arcos, Cantera Saso, Peñas Blancas) que la separan e individualizan de la Depresión del Ebro y al S por estructuras de dirección OSO-ENE con vergencia hacia el NO ligadas al gran accidente regional de Beceite-Portalrubio (fig. 1).

Antecedentes

Pocos trabajos se han realizado hasta el momento sobre los aspectos estratigráficos y/o sedi-

(*) Dpto. de Estratigrafía, Universidad de Zaragoza.

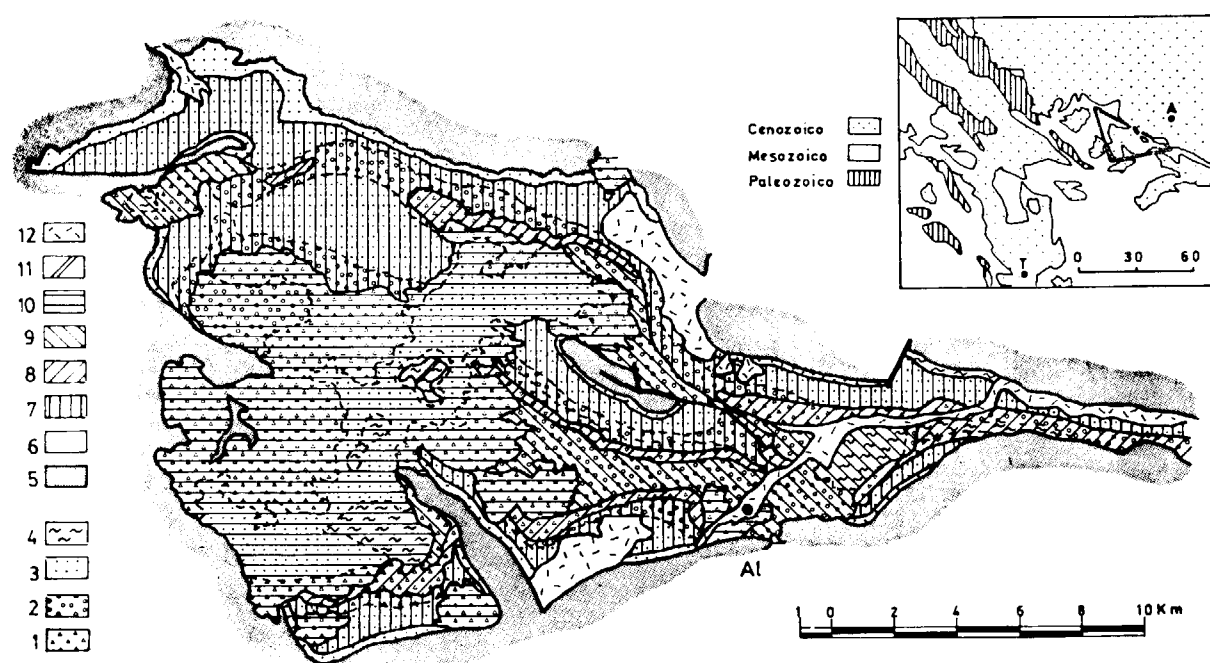


Figura 1.—Esquema de situación y mapa geológico de la cubeta. 1. Facies proximales de abanico aluvial. 2. Facies medias. 3. Facies distales. 4. Facies lacustres. 5. Mesozoico. 6. Unidad T₁. 7. Unidad T₂. 8. Unidad T₃. 9. Unidad T₄. 10. Unidad T₅. 11. Unidad T₆. 12. Cuaternario.

mentológicos de los materiales terciarios del área de Alloza.

La mayor parte de los datos existentes, hasta la realización de las nuevas Hojas del Mapa Geológico Nacional (MAGNA) que cubren el área, provienen preferentemente de trabajos regionales, en los que, generalmente, las referencias más concretas se hacen sobre áreas próximas a la cubeta de Alloza, tales como el sector de Montalbán.

Los primeros datos concretos sobre el área que nos ocupa se deben a FALLOT y BATALLER (1927), que separan un Terciario Inferior y otro Superior en función de una discordancia vista en Alcorisa. Pero serán ASHAUER y TEICHMULLER (1935), en su trabajo sobre el NE de España, los que realizan el primer estudio detallado del Terciario de esta región. En él establecen una primera división estratigráfica de los materiales terciarios, a la vez que su evolución paleogeográfica, distinguiendo las siguientes unidades:

- Danés, de carácter límnic.
- Oligoceno, constituido por conglomerados y areniscas en la zona de Alcorisa y Beceite, y que hacia el E pasan a facies evaporíticas.

— Mioceno, compuesto por conglomerados y areniscas (facies de borde) y calizas y margas yesíferas (facies internas).

Dentro del Mioceno distinguen dos tramos:

- El inferior, plegado y concordante con el Oligoceno y que es extensivo hacia las zonas internas de la cadena.
- El superior, se dispone concordante sobre el inferior en el margen de la Cadena Bajoaragonesa (Alcorisa-Gandesa), y discordante en las zonas interiores.

Años más tarde CANEROT (1967 y 1974) da cuenta de la presencia de *Vidaliella gerundensis* en los niveles basales del Terciario y establece una división análoga a la de los últimos autores mencionados.

ALMELA et al. (1977) y MARÍN et al. (1977), realizan, respectivamente, las Hojas números 493 y 494 del Mapa Geológico Nacional, dividiendo la sucesión de materiales terciarios de esta zona en cuatro conjuntos cartográficos atendiendo principalmente a criterios de diastrofismo regional y de correlación litológica con otros sectores, esencial-

mente Montalbán, atribuyendo a dichos conjuntos, sin evidencias paleontológicas, las siguientes edades:

- Paleoceno
- Eoceno-Stampiense
- Chatiense-Mioceno Medio.
- Mioceno Superior-Plioceno

Finalmente, CABRERA (1983), en su estudio estratigráfico y sedimentológico sobre un sector de la cuenca del Ebro, incluye los materiales del extremo NE de nuestra región en «las unidades paleógenas inferiores del dominio ibérico», dentro de las cuales separa dos unidades, una inferior, la unidad del «nivel de Bulimus» con *Vidaliella gerundensis* y *Microcodium* que asigna con reservas al Thanetiense y otra superior, «la unidad de Calanda-Fuentespalda», a la que asigna una posible edad comprendida entre Paleógeno Inferior (niveles basales) hasta, al menos, Oligoceno para los niveles superiores, sin evidencias paleontológicas.

CARACTERIZACION DE UNIDADES

Para realizar nuestro estudio nos basamos en el análisis secuencial de los depósitos, tal como lo realizan GARRIDO (1973) y GARRIDO y VILLENA (1977). Esta metodología nos ha permitido diferenciar seis unidades tectosedimentarias en el sentido de los autores citados y de MEGÍAS (1982), cuyas características esenciales exponemos a continuación:

Unidad T₁

Aflora adosada a los bordes mesozoicos de la cubeta (fig. 1).

Está constituida por arcillas de color rojo, calizas nodulosas beige y rosadas con *Microcodium* y *Vidaliella gerundensis* VIDAL y areniscas de color pardo rojizo (fig. 2).

Hacia el E y NE se observa un paso gradual de facies detríticas a facies químicas (fig. 3).

Su potencia es de 100 m., apreciándose variaciones notables de espesor en relación con estructuras de dirección NNO-SSE.

Límite inferior

A escala de afloramiento la unidad T₁ se apoya en aparente concordancia sobre un sustrato cretácico. A esta escala, el límite inferior se reconoce como una ruptura sedimentaria (PÉREZ et al., in lit.), que generalmente se manifiesta como un cambio brusco en las condiciones de sedimentación o como una superficie de erosión.

A escala cartográfica este límite constituye una discordancia, ya que la unidad se apoya sobre diversos términos cretácicos que van del Albiense (Fm. Escucha) al Santoniense.

Límite superior

Ruptura sedimentaria bajo la unidad T₂ y discordancia angular bajo las restantes unidades.

Evolución

La unidad T₁ no presenta en la vertical una tendencia granulométrica definida (fig. 2).

Unidad T₂

Aflora en todo el ámbito de la cubeta (fig. 1).

Está constituida por areniscas amarillentas y anaranjadas, conglomerados grises y pardos y lutitas de color ocre (fig. 2). Los cambios laterales de facies, así como la geometría de la unidad, se reflejan en la figura 3.

Su potencia varía de 450 m. en el borde S a 600 m. en el N.

Límite inferior

Esta unidad se apoya en aparente concordancia sobre la unidad anterior, manifestándose entre ambas una ruptura sedimentaria, que viene dada por la brusca aparición de depósitos detríticos (conglomerados silíceos en el sector occidental y depósitos arenosos en el oriental) sobre los sedimentos lutíticos y calcáreos de la unidad T₁.

Límite superior

Ruptura sedimentaria bajo la unidad T₃, local-

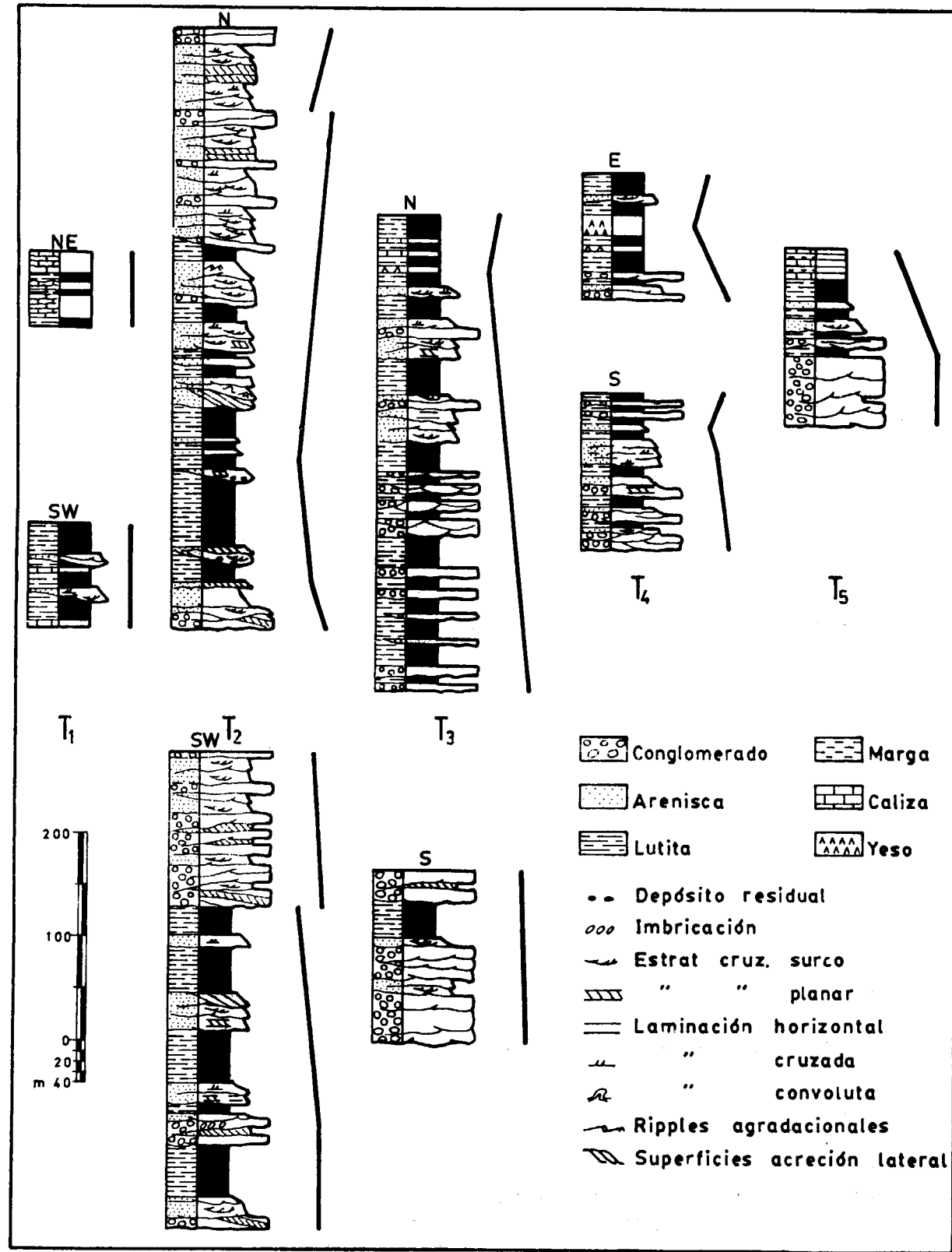


Figura 2.—Perfiles sedimentológicos representativos de las diferentes unidades tectosedimentarias.

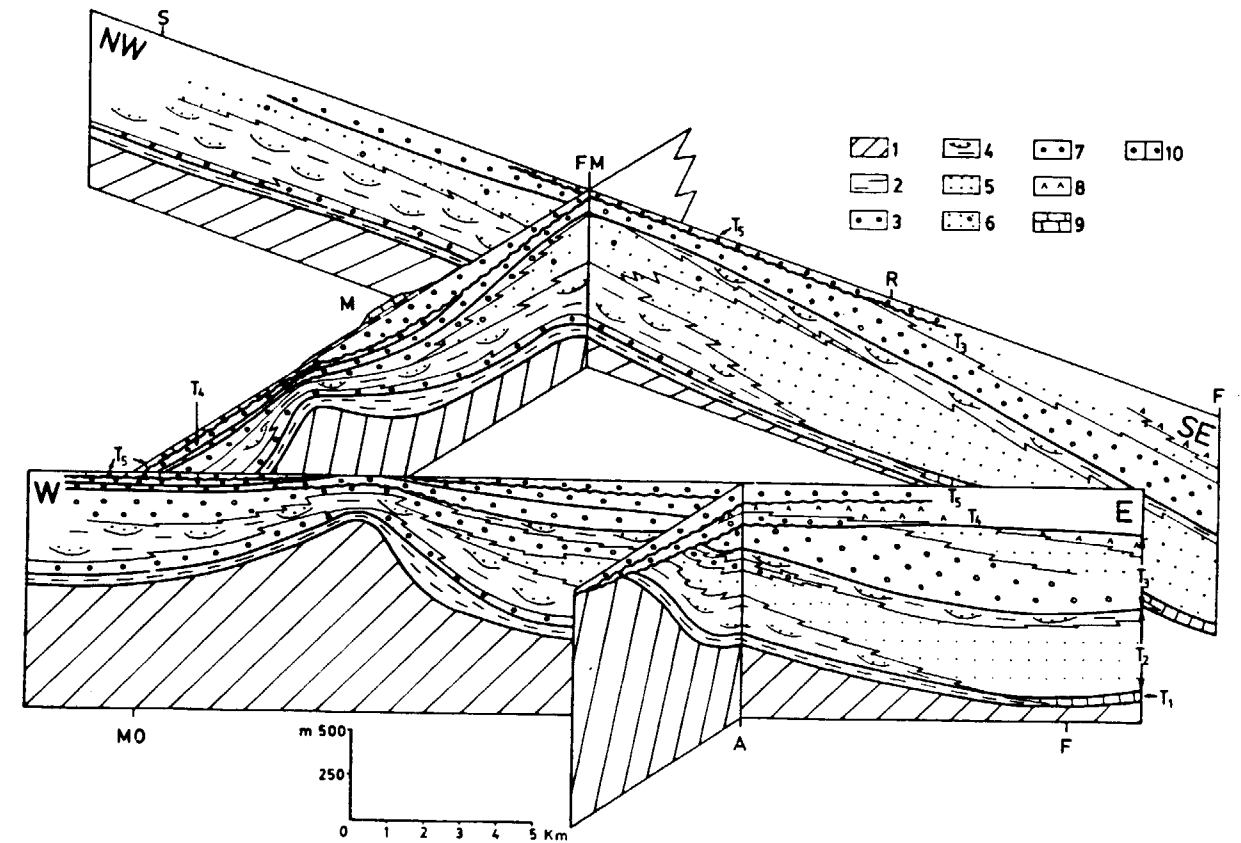


Figura 3.—Panel de correlación. 1. Mesozoico. 2. Lutitas, areniscas y calizas. 3. Conglomerados cuarcíticos. 4. Lutitas con canales de arena. 5. Areniscas. 6. Areniscas y conglomerados. 7. Conglomerados con cantos calizos. 8. yesos. 9. Calizas. 10. Conglomerados con cemento calcáreo y calizas con cantos dispersos.

mente discordancia sintectónica (RIBA, 1973) (anticlinal de Los Olmos). Discordancia angular bajo unidades superiores.

Evolución

En los sectores proximales la unidad está constituida por dos secuencias granodecrescentes y en los distales presenta una evolución cíclica compleja, granodecrescente-granocreciente (fig. 2).

Unidad T₃

Aflora en los sectores central y oriental de la cubeta (fig. 1).

Está constituida por conglomerados grises, areniscas anaranjadas, lutitas ocres, margas y calizas margosas de color blanco grisáceo y yesos blancos con nódulos de sílex (fig. 2). Los cambios

laterales de facies, así como la geometría de la unidad, se reflejan en la figura 3.

Su potencia varía desde 30 m. en el sector sur-occidental hasta 450 m. en el nororiental.

Límite inferior

En relación con estructuras NNO-SSE, las unidades T₂ y T₃ constituyen abanicos de capas. El límite entre ambas unidades viene dado por una discordancia sintectónica que lateralmente se manifiesta como una ruptura sedimentaria, dada por un aumento brusco en el tamaño de los cantos, que alcanzan en la base de la unidad T₃ hasta 120 cm. de diámetro.

Límite superior

Discordancia bajo las unidades suprayacentes.

Evolución

En la mayor parte del área presenta la unidad una evolución granodecreciente. En el sector nor-oriental, sin embargo, se esboza una tendencia hacia la evolución cíclica (fig. 2).

Unidad T₁

Aflora en los sectores central y oriental y en el extremo noroccidental de la cubeta (fig. 1). Está constituida por conglomerados grises, areniscas y lutitas de tonos ocres y anaranjados y yesos beige y ocres (fig. 2). Los cambios laterales de facies, así como la geometría de la unidad, se reflejan en la figura 3.

Su máxima potencia es de 120 m. en el sector central, faltando por erosión en casi todo el borde N de la cubeta.

Límite inferior

De carácter extensivo, la unidad T₁ se apoya en discordancia angular sobre términos subyacentes, que abarcan desde el Jurásico de los bordes de la cubeta hasta la unidad T₃. Localmente (sector central de la cubeta) se apoya sobre la unidad T₃ en aparente concordancia a escala de afloramiento. No obstante, una cartografía detallada revela que el carácter discordante se mantiene.

Límite superior

Discordancia cartográfica bajo la unidad T₅.

Evolución (fig. 2)

En la vertical presenta una evolución cíclica asimétrica, con mejor desarrollo del hemicycle inferior, que es granodecreciente. El hemicycle superior se encuentra erosionado a distintos niveles por la unidad T₅.

Unidad T₂

Aflora en los sectores central y occidental de la cubeta (fig. 1). Está constituida por conglomerados grises, areniscas anaranjadas, lutitas ocres y margas y calizas blancas (fig. 2). Los cambios laterales de facies, así como la geometría de la unidad, se reflejan en la figura 3.

Su mayor desarrollo se observa en el sector central, donde alcanza 250 m. de potencia.

Límite inferior

Rebasando ampliamente los límites de la actual cubeta, se apoya en discordancia angular sobre cualquier unidad subyacente desde el Jurásico hasta la unidad T₄. En relación con estructuras ENE-OSO, las unidades T₄ y T₅ constituyen abanicos de capas, siendo el límite entre ambas unidades una discordancia sintectónica de amplia extensión lateral, que hacia el centro de la cubeta se detecta como discordancia cartográfica.

Límite superior

Ruptura sedimentaria bajo la unidad T₆.

Evolución (fig. 2)

En la vertical esta unidad presenta una evolución granodecreciente, constituida por tres secuencias granodecrecientes.

Unidad T₃

Aflora en el sector central de la cubeta, exclusivamente en la Meseta de los Montalvos de Alloza y en el Cabezo de la Muela Redonda. Está constituida por margas y calizas blancas, con areniscas silíceas en la base. Su potencia es de 24 m. (fig. 1).

No se conocen las relaciones laterales de la unidad.

Límite inferior

Esta unidad se apoya sobre la anterior en aparente concordancia geométrica, manifestándose entre ambas una ruptura sedimentaria que viene dada por la aparición de una capa de areniscas con fragmentos de rocas silíceas de hasta 1 cm. de diámetro sobre los depósitos carbonatados del techo de la unidad T₅.

Evolución

En la vertical, esta unidad presenta una evolución granodecreciente.

De los datos que acabamos de exponer se de-

duce que las unidades T₂, T₄ y quizá T₃ son U.T.S. complejas, dado que se registran cambios de signo en su evolución secuencial. Su desglose en U.T.S. elementales no se ha realizado por no resultar práctico desde el punto de vista cartográfico ni añadir precisión al análisis tectosedimentario.

ANALISIS SEDIMENTOLOGICO

En el Terciario del área se ha reconocido un conjunto de facies a las que designaremos siguiendo la nomenclatura establecida por MIALL (1977, 1978) para facies fluviales. Añadiremos una facies química no considerada por este autor, y que designaremos como facies L. Se trata de calizas con intraclastos, de estratificación grumosa u ondulada, que contiene *Microcodium*, *Vidaliella gerundensis* VIDAL, láminas milimétricas de sílex, tapices algales, desarrollos oncolíticos y bioturbación. Su microfacies corresponde a intramicritas.

Las facies reconocidas se ordenan verticalmente en un conjunto de secuencias. Del estudio de todas las ordenaciones verticales reales observadas, abstraemos unas ordenaciones modales, a las que denominamos secuencias tipo.

Estas secuencias tipo tienen un rango homogéneo, suficiente para reflejar características precisas del medio deposicional tales como amplitud, niveles energéticos, migración de subambientes, etcétera.

Cada secuencia en su conjunto responde a procesos autocíclicos que determinan la superposición de subambientes lateralmente relacionados, todo lo cual se refleja en una evolución energética y granulométrica determinada.

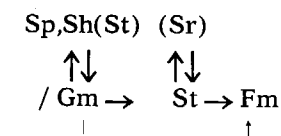
Las secuencias tipo se representan en la figura 4, y para su expresión literal utilizamos la siguiente simbología:

- / Superficie de erosión mayor
- Transición de facies hacia el techo
- ↔ Alternancia de facies
- ← Paso lateral de facies
- () Facies ocasionales
- ' Facies alternativas

A la descripción de estas secuencias unimos, como elemento diagnóstico necesario en la interpretación, las características geométricas de los depósitos correspondientes.

Secuencias tipo: Descripción e interpretación**Secuencia A**

Está caracterizada por la siguiente sucesión de facies:



La secuencia se inicia con una superficie erosiva irregular, localmente canalizada. Sobre ella se presenta un nivel conglomerático (facies Gm) de geometría tabular, en el que se reconocen cicatrices internas irregulares y canaliformes que individualizan cuerpos conglomeráticos de 15 a 30 m. de extensión lateral y hasta 2 m. de potencia. Estos cuerpos conglomeráticos incluyen lentejones y cuñas de arena (facies Sp y Sh) de hasta 10 m. de extensión lateral y de 10 a 80 cm. de potencia. De forma ocasional, hacia el techo de dichos cuerpos, aparecen niveles lenticulares arenosos (facies St) de reducida potencia y escasa extensión lateral.

Sobre este nivel basal se desarrolla un conjunto arenoso granodecreciente (facies St y Sr) de geometría tabular en el que abundantes cicatrices internas canaliformes individualizan cuerpos lenticulares de hasta 3 m. de potencia, también granodecrecientes.

Culmina la secuencia con un nivel lutítico (facies Fm) generalmente muy poco desarrollado, ausente en ocasiones.

La potencia total de esta secuencia está comprendida entre 3 y 40 m.

En alguna de las secuencias puede faltar el nivel arenoso, superponiéndose las facies lutíticas directamente a las conglomeráticas.

BOOTHROYD y ASHLEY (1975) describen depósitos conglomeráticos en zonas proximales de sistemas «braided» actuales, en los que existe un desarrollo de barras longitudinales de bajo relieve y que no presentan frentes de avalancha. Estas características coinciden con el tramo infe-

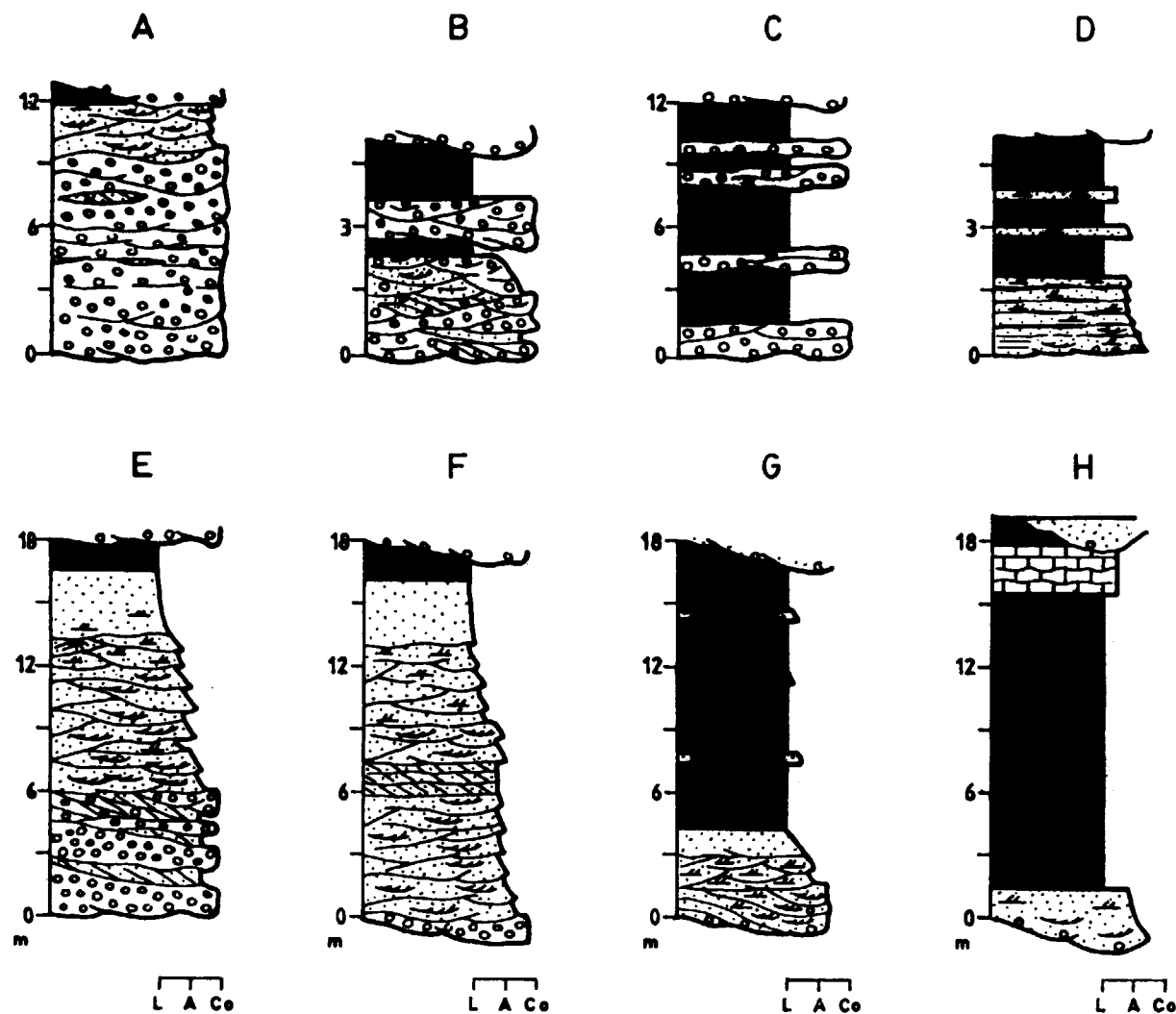


Figura 4.—Secuencias tipo.

rrior de nuestra secuencia. Por tanto, el nivel inferior conglomerático representa el depósito debido a barras longitudinales que se superponen unas a otras. Las facies Sp y Sh corresponderán al depósito en el techo o en los márgenes de estas barras en períodos de baja descarga. Durante estos mismos períodos se forman pequeños canales entre y sobre las barras por los que pueden migrar dunas (facies St). Estas barras presentaban un escaso relieve, ya que la ausencia de facies Gp hace poco probable que existieran frentes de barra bien desarrollados.

El nivel arenoso representa el depósito debido a la migración de dunas por canales someros y amplios, canales en los que disminuye la energía

conforme se van colmatando. Sin embargo, la facies Sr es poco común, ya que los canales se superponen erosivamente unos a otros.

Fm corresponde al depósito originado en zonas alejadas del sistema activo, que sólo reciben aportes de agua en períodos de avenida.

La migración lateral de estos tres subambientes (subambientes de barras, de canales arenosos y de inundación) origina la secuencia A.

McGOWEN y GROAT (1971) describen depósitos antiguos semejantes a la secuencia A, interpretando la superposición de potentes niveles de detríticos finos sobre potentes depósitos conglomeráticos como consecuencia de la migración en un

abanico de zonas interlóbulos, sobre lóbulos activos.

Aunque en medios actuales no han sido descritas secuencias con estas características, WILLIAMS y RUST (1969) estudian un sistema «braided» actual, diferenciando en él varios niveles topográficos de energía decreciente cuanto más altos. En esta línea interpretamos la secuencia tipo A como resultado de la migración lateral de un sistema «braided» de gran amplitud en el que pueden diferenciarse varios niveles energéticos:

— Un nivel inferior de alta energía por el que se transportan materiales de tamaño grava, desarrollándose barras longitudinales. En los períodos de avenida la arena se transportaría en suspensión hacia zonas más distales del sistema. En los períodos de estiaje se excavan canales a favor de las zonas deprimidas de las barras, tal como puede observarse en ríos pirenaicos actuales, canales en que no se deposita apenas material de tamaño arena.

— Un nivel intermedio, tanto en energía como topográficamente, adyacente al anterior, constituido por un sistema de canales por los que migran dunas de arenas en los estadios de avenida, canales que son abandonados por colmatación.

— Un nivel de muy baja energía (el más alto topográficamente y el más distante de los canales) que funciona como llanura de inundación recibiendo aportes de agua de forma esporádica en los estadios de avenida, que dan como resultado depósitos de acreción vertical en facies Fm.

Secuencia B

Está caracterizada por la siguiente sucesión de facies:

$$/ Gt \rightleftharpoons St \rightarrow (Sr) \rightarrow Fm$$

La secuencia se inicia en una superficie de erosión irregular, canaliforme en detalle. Sobre ella se presenta un nivel detrítico grosero de geometría tabular, con abundantes cicatrices canaliformes, que individualizan canales erosivos entre sí de hasta 1,5 m. de profundidad y hasta 10 m. de amplitud, rellenos a su vez por cuerpos lenticulares de conglomerados y areniscas, alternantes. Hacia la base de los canales predominan los cuerpos conglomeráticos (facies Gt), mientras que hacia techo son los arenosos los que dominan

(facies St), llegando en ocasiones a presentarse laminación cruzada.

Corona la secuencia un intervalo lutítico (facies Fm) relativamente bien desarrollado.

La potencia de la secuencia puede variar entre 1 y 6 m.

La alternancia $Gt \rightleftharpoons St$ dentro de los canales sugiere una rápida y notable variación en la descarga, depositándose gravas en los estadios de avenida y arenas en los períodos de disminución del flujo, como resultado de migrar por los canales «bedforms» de diversa morfología.

Para interpretar este depósito debemos suponer la existencia de un sistema de canales que transporta una elevada carga de sedimentos, excesiva para su capacidad, lo que determina su rápido relleno y la excavación de otro nuevo sistema sobre el anterior. El resultado es una rápida agradación que favorece el desplazamiento lateral. Conforme el sistema se va desplazando lateralmente, los canales marginales, alejados de la zona de mayor actividad, reciben una descarga menor, depositándose en ellos cuerpos arenosos con laminación cruzada. Por el contrario, el abandono avulsivo de una zona activa determinará la ausencia de depósitos arenosos a techo de la secuencia. La facies Fm corresponde al depósito en zonas alejadas de los sistemas de canales y su aparición a techo de la secuencia viene a indicar la definitiva transformación de un área de canales en sector inactivo.

BLUCK (1967) y STEEL (1974) describen depósitos antiguos semejantes, interpretándolos como «braided stream».

Secuencia C

Está caracterizada por la siguiente sucesión de facies:

$$/ Gm \rightarrow Fm$$

La secuencia se inicia en una superficie erosiva irregular, plana a escala de afloramiento, en la que se reconocen de forma ocasional canalillos de menos de 1,5 m. de amplitud y 50 cm. de profundidad máxima. Sobre ella se presenta un nivel conglomerático (facies Gm) de geometría tabular en el que se reconocen, de forma ocasional, cicatrices internas irregulares o canaliformes.

Corona la secuencia un nivel lutítico (facies Fm) de geometría tabular.

La potencia de la secuencia puede variar entre 2 y 8 m.

La geometría del nivel conglomerático, apunta hacia un mecanismo deposicional no canalizado.

Esta secuencia es semejante a la descrita por BULL (1972 y 1977) en zonas medias de abanicos aluviales, donde el depósito se origina por la expansión de un flujo canalizado aguas arriba. La pérdida de competencia, correlativa al descenso de velocidad y profundidad de la corriente debida a esta expansión, determina el rápido depósito de la carga en forma de lámina de gravas. Bajo estas condiciones los sedimentos finos son arrastrados hasta zonas de menor energía.

Ahora bien, dada la potencia de cada una de las facies representadas en la secuencia, debemos suponer que ésta refleja la superposición de segmentos inactivos del sistema deposicional (facies Fm), sobre segmentos activos (facies Gm) y no cada uno de los episodios de avenida en un segmento activo.

Secuencia D

Está caracterizada por la siguiente sucesión de facies:

$$/ (Se) \rightarrow St, Sh \rightarrow Sr, Fl \rightleftharpoons Fm$$

La secuencia se inicia en una superficie erosiva plana, que localmente puede presentar canalillos de reducidas dimensiones (0,1 a 0,5 m. de profundidad y de 1 a 2 m. de amplitud). En ocasiones estos canales se encuentran rellenos por gravas con cantos de tamaño menor de 5 cm. Sobre esta superficie se presenta un nivel arenoso de geometría tabular y evolución vertical granodecreciente, en el que se reconocen cicatrices planas que individualizan cuerpos tabulares, también granodecrecientes. Corona la secuencia un nivel lutítico de geometría tabular bien desarrollado.

La potencia de la secuencia varía entre 1 y 6 m.

El carácter eminentemente plano de las superficies erosivas, así como de las cicatrices internas, sugiere un mecanismo de deposición no canalizado. Cada avenida produce el depósito de un cuerpo de geometría tabular, de energía decreciente tanto en la vertical como en la horizontal.

Secuencias semejantes han sido descritas por HUBERT e HYDE (1982) en depósitos antiguos, interpretándolos como secuencias originadas por un mecanismo de «sheet flow» en áreas de «sand flat-mud flat», correspondiendo con los depósitos más distales de abanicos aluviales.

HANDFORD (1982) describe también secuencias semejantes para depósitos recientes situados en las áreas de indentación entre «sand flat» y «mud flat» en sistemas de abanico-«playa lake».

Secuencia E

Está caracterizada por la siguiente sucesión de facies:

$$/ \begin{array}{c} \text{Gm} \rightarrow \text{Gt} \rightarrow \text{St} \rightleftharpoons \text{Sr}, (\text{Sh}) \rightarrow \text{Fm} \\ \downarrow \qquad \qquad \qquad \downarrow \\ \text{Sp}, \text{Gp} \end{array}$$

La secuencia se inicia en una superficie canaliforme y está constituida por un nivel basal conglomerático de geometría lenticular en el que domina la facies Gm, la cual engloba cuerpos cuneiformes de extensión métrica o decamétrica con facies Gp, Sp. A techo pueden presentarse cuerpos canaliformes erosivos entre sí, de extensión métrica o decamétrica con facies Gt.

Sobre este conjunto conglomerático se presenta un nivel arenoso con geometría lenticular (facies St, Sr y Sh) en el que se diferencian cuerpos separados por cicatrices erosivas irregulares. La facies St puede indentarse lateralmente en el conjunto conglomerático basal. Coronando la secuencia se presentan niveles lutíticos discontinuos (facies Fm) muy poco desarrollados.

La potencia de esta secuencia varía entre 6 y 35 m.

El conjunto conglomerático basal de la secuencia responde al modelo de barras longitudinales descrito por EYNON y WALKER (1974), siendo Gm el núcleo de la barra, las facies Gp y Sp el sistema de cuñas frontales y laterales y la facies Gt correspondería con el sistema de canales del techo de la barra («shallow braided»).

El nivel arenoso representa el depósito debido a la migración de dunas por canales someros y amplios, canales en los que disminuye la energía conforme se van colmatando, originando en la vertical la sucesión de facies St → Sr, (Sh) → Fm.

Los últimos términos de esta sucesión son poco frecuentes, ya que los canales se superponen erosivamente unos a otros, conservándose estas facies en el caso de abandono total del lugar de sedimentación.

La migración lateral de estos subambientes (subambiente de barras y subambiente de canales) origina la secuencia E.

La disposición topográfica de estos subambientes sería análoga a la discutida para la secuencia A, si bien en este caso se correspondería con zonas más distales.

WILLIAMS y RUST (1969) y RUST (1972) en el río Donjek, describen depósitos «braided» actuales semejantes a la secuencia E.

Secuencia F

Está caracterizada por la siguiente sucesión de facies:

$$/ \text{Gm}, \text{Se} \rightarrow \text{St} \rightleftharpoons \text{Sp} \rightarrow \text{Sr} \rightarrow \text{Sh} \rightarrow \text{Fm}$$

La secuencia se inicia con una superficie canaliforme y está constituida por un depósito basal conglomerático de geometría lenticular (facies Gm) y extensión lateral métrica, o bien queda reducido a un depósito de cantos dispersos jalonando la superficie basal (facies Se). Sobre él se desarrolla un conjunto arenoso de geometría lenticular constituido esencialmente por facies St que engloba cuerpos de extensión lateral decamétrica con geometría tabular (facies Sp) y cuerpos lenticulares (facies Sr) de extensión lateral métrica. El techo de este conjunto arenoso está dominado por facies Sr y Sh. Corona la secuencia un intervalo lutítico (facies Fm) poco desarrollado.

La potencia de la secuencia varía entre 5 y 30 m.

Esta secuencia es similar a las descritas por CANT y WALKER (1978) y CANT (1978) en ríos «braided» arenosos actuales (South Saskatchewan) y en depósitos antiguos.

Gm debido a su escaso desarrollo, tanto vertical como lateral, representa la iniciación de barras longitudinales en el fondo de los canales.

Las facies St y Sp corresponden a depósitos en canales principales. St se origina por la migración de dunas y Sp por la migración de barras transversas o bien por la formación de llanuras de arena.

Las facies Sr, Sh indican condiciones de baja intensidad de flujo representando el depósito en el techo de las megaformas durante los períodos de estiaje, en canales secundarios, o en áreas del sistema alejadas de los canales activos, que sólo reciben aportes de forma más o menos intensa durante las avenidas.

En el proceso de migración del sistema, barras y canales se superponen unos a otros dentro del área activa, así como las zonas inactivas a las activas.

Secuencia G

Está caracterizada por la siguiente sucesión de facies:

$$/ (\text{Se}) \rightarrow \text{St} \rightarrow \text{Sr}, \text{Sh} \rightleftharpoons \text{Fm}$$

La secuencia se inicia con una superficie canaliforme, que en ocasiones aparece jalonada por cantos dispersos. Sobre ella se dispone un conjunto arenoso en el que se diferencian dos cuerpos adyacentes. Uno de ellos se caracteriza por la presencia de superficies sigmoidales que individualizan cuerpos menores oblicuos a la superficie basal y dentro de los cuales se reconoce una sucesión vertical de facies St → Sr. Lateralmente a este cuerpo se reconoce otro de geometría canaliforme asimétrica, que a veces puede superponerse al primero desbordando sobre la superficie sigmoidal que los limita. Este cuerpo está integrado por un conjunto de niveles arenosos de granulometría fina, concordantes con la superficie canaliforme basal, en los que se reconocen facies Sh y Sr, esta última a veces como laminación convoluta. Corona la secuencia un tramo lutítico (facies Fm) muy bien desarrollado que engloba capas tabulares de areniscas (facies Sr y Sh) de base plana y potencia menor de 30 cm.

La potencia de la secuencia varía entre 12 y 30 metros.

Esta secuencia es semejante a las descritas por ALLEN (1964 y 1965), MOODY-STUART (1966) y VISHNER (1965 y 1972) en ríos meandriformes actuales y en depósitos antiguos.

La estructura descrita para los cuerpos oblicuos a la superficie basal coincide de forma precisa con la que estos autores refieren para los depósitos de «point-bar». Las superficies sigmoidales citadas son, por tanto, superficies de acreción

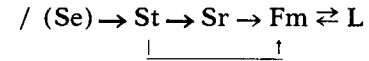
lateral que delimitan «scrolls bars», representando la facies Se el depósito residual de fondo de canal. Lateralmente al «point-bar» hemos descrito depósitos propios de relleno de canal, evidenciando el estrangulamiento del meandro. La granulometría y estructuras de este relleno son propias de fenómenos de «chute cut-off».

Las láminas arenosas intercaladas entre la facies Fm corresponden a depósitos de desbordamiento, ya que ocupan mayor extensión areal que los depósitos de «point-bar» y canal abandonado.

Fm representa el depósito de cuenca de inundación. Su elevado espesor es propio de llanuras aluviales de gran amplitud (FRIEND, 1978).

Secuencia H

Está caracterizada por la siguiente sucesión de facies:



La secuencia se inicia con una superficie canaliforme, jalonada en ocasiones por cantos. Está constituida por un nivel inferior arenoso (facies St, Sr) de geometría lenticular en sección transversal, sobre el que se presenta un nivel lutítico (facies Fm) de geometría tabular que engloba cuerpos también tabulares de calizas (facies L).

El aspecto del depósito es el de una masa lutítica potente que engloba lentejones arenosos dispersos de sección canalizada, indicando una llanura de barros surcada por canales dispersos de baja energía.

Las calizas asociadas a estos depósitos presentan microfacies análogas a las descritas por FREY-TET (1973) para calizas de zonas lacustre-palustres relacionadas con abanicos aluviales y contienen *Vidaliella gerundensis* VIDAL, para la que se asigna un habitat lacustre o quizá lagunar (VILLENA et al., 1973). Su escasa potencia frente a su extensión lateral, junto a su interstratificación con la facies Fm, indica una sedimentación en áreas extensas y someras de amplias llanuras aluviales.

EVOLUCION DE LAS UNIDADES: RELACIONES TECTONICA-SEDIMENTACION

La figura 5 muestra la evolución vertical de las diferentes unidades tectosedimentarias, en función de los siguientes parámetros:

- serie virtual de secuencias tipo
- relación de materiales detríticos gruesos, respecto a finos
- espesor de los niveles conglomeráticos

En esta figura, cada unidad se ha representado por una sucesión de tramos, caracterizado cada uno de ellos por el predominio de una secuencia de las descritas previamente. Esta secuencia dominante determina la anchura del tramo en el esquema. La altura de cada tramo es proporcional a su potencia, y dentro de cada uno de ellos se han diferenciado, mediante tramas, segmentos de diferente relación grueso-fino (G/F).

Por último, a cada tramo se adosan barras horizontales que reflejan el espesor de los niveles conglomeráticos.

En esta figura se ha incluido, como secuencia H, los depósitos carbonatados y evaporíticos.

Unidad T₁

Sector suroccidental

La unidad está constituida exclusivamente por una sucesión de secuencias tipo H. En este sector dichas secuencias corresponden a depósitos lutíticos que engloban canales arenosos dispersos y cuerpos tabulares carbonatados de gran extensión lateral.

Sector nororiental

Aquí la unidad también está constituida por secuencias tipo H, pero en este caso los depósitos son exclusivamente carbonatados.

Por tanto, no se puede establecer para la unidad una evolución vertical concreta a partir de la variación de secuencias tipo. Sin embargo, la relación G/F aumenta ligeramente hacia el techo de la unidad en el sector suroccidental. Este hecho podría indicar un incremento de la energía del sistema. Por otro lado, se han observado variaciones de potencia en relación con estructuras submeridianas, lo que indica un control tectónico de la sedimentación.

Las medidas de paleocorrientes tomadas en los sistemas de canales indican aportes hacia el N y NE. Por tanto, el área fuente quedaría situada al S y SO del actual límite meridional de la cubeta.

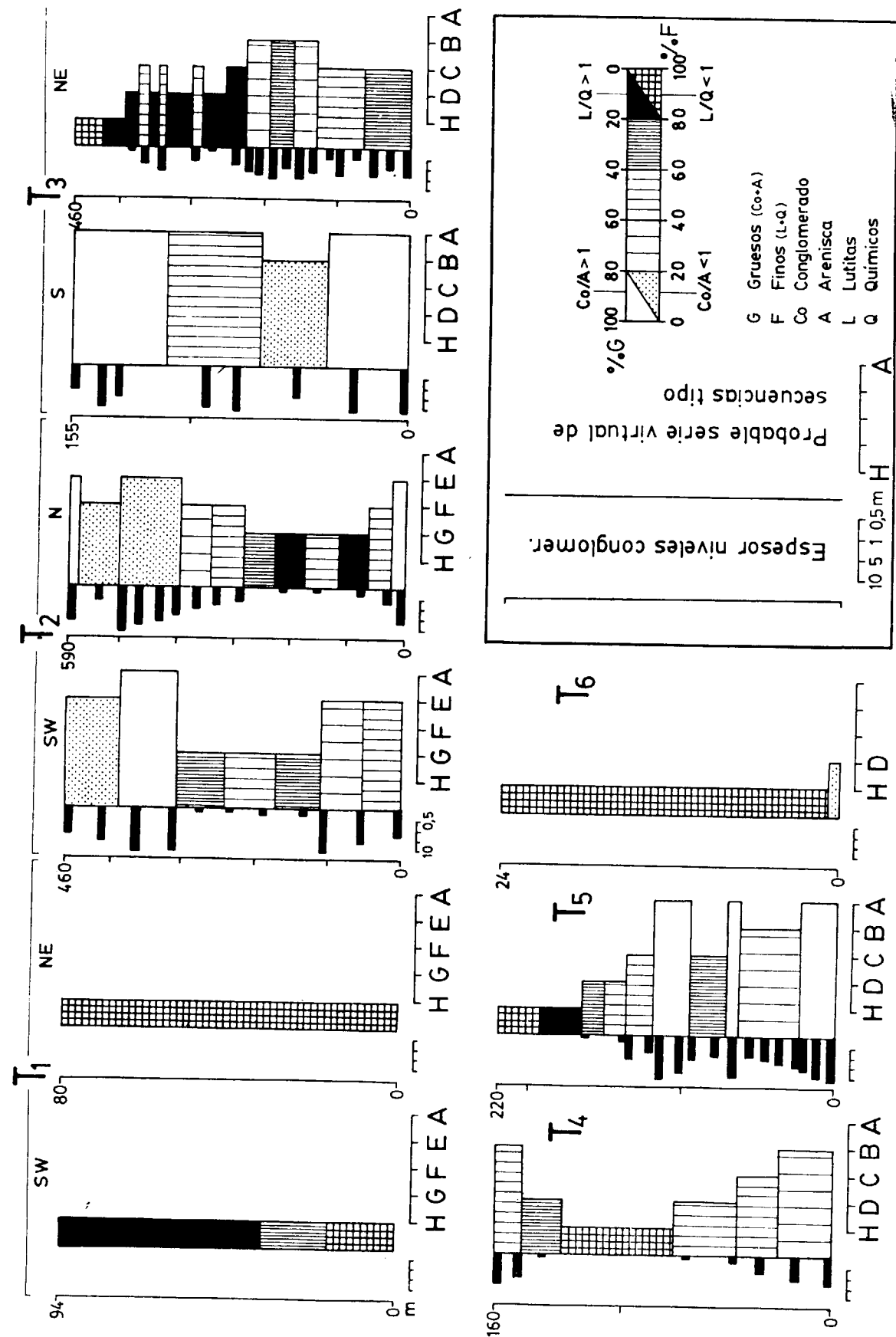
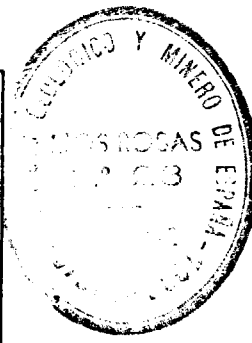


Figura 5.—Esquema de evolución vertical de las unidades tectosedimentarias.



Conocida ya la interpretación sedimentológica de la secuencia H, podemos establecer la existencia de una llanura aluvial, surcada por cauces dispersos y con zonas encharcadas en el sector suroccidental, llanura aluvial que se indentaría en la dirección de los aportes con una zona lacustre que ocuparía el sector nororiental.

Estos depósitos pueden referirse a los segmentos más distales de un sistema aluvial. Considerando que el desarrollo longitudinal visible en el área de estudio de tales segmentos es de 20 Km., hemos de suponer que el sistema aluvial completo debió tener notables dimensiones.

Unidad T₂

Sector septentrional

Presenta la unidad, a grandes rasgos, una evolución cíclica. Se inicia con depósitos fluviales «braided» tipo Donjek (secuencias E), que evolucionan hacia depósitos «braided» arenosos tipo South Saskatchewan (secuencias F) y posteriormente a depósitos fluviales con desarrollo de «point-bars» (secuencias G). En este punto la evolución de la unidad cambia de signo, reconociéndose dos secuencias negativas superpuestas. Ambas se inician con depósitos «braided» arenosos y culminan con depósitos «braided» tipo Donjek.

Esta evolución vertical, en su conjunto, se corresponde con una retrogradación seguida de progradación del sistema aluvial, lo cual, en el contexto geológico en que nos encontramos, puede estar directamente relacionado con causas tectónicas que inducen variaciones en la relación diastrafismo-sedimentación (T/S).

De acuerdo con esto podemos deducir la siguiente evolución tectónica: la unidad se inicia tras un máximo diastráfico que origina la ruptura del límite T₁/T₂. A este episodio sigue un período de actividad tectónica decelerada (T/S decreciente), durante el cual el sistema retrograda. Finalmente, tiene lugar un período de aceleración de la actividad tectónica que origina el cambio de signo en la evolución sedimentológica y culmina con otro máximo diastráfico que señalará el límite T₂/T₃.

El carácter de los movimientos del límite T₁/T₂ es predominantemente vertical, ya que no originan

discordancias angulares, por lo menos a escala de la zona estudiada.

Durante el período de actividad tectónica acelerada las áreas fuente se ven afectadas por movimientos verticales que dan lugar a las secuencias progradantes que integran el hemicycle superior de la unidad, y posiblemente también por movimientos horizontales, señalados por la brusca retrogradación que marca el límite entre dichas secuencias progradantes (STEEL y GLOPPEN, 1980).

Sector suroccidental

Presenta la unidad una evolución constituida, a grandes rasgos, por dos secuencias positivas. La primera comienza con depósitos «braided» tipo Donjek (secuencias E), que evolucionan a depósitos fluviales con desarrollo de «point-bars» (secuencias G). Sobre éstos, iniciando la segunda secuencia, se implantan de forma brusca depósitos «braided» proximales (secuencias A) que evolucionan a depósitos «braided» tipo Donjek (secuencias E). No obstante, hay que señalar que la primera secuencia es compleja, con una tendencia al grano y estratocrecimiento en su parte basal.

Esta evolución, en apariencia diferente a la descrita para el sector septentrional obedece, sin embargo, a la misma situación tectónica, sólo que incidiendo en áreas más proximales del sistema aluvial donde, al comienzo del período de desaceleración tectónica y al iniciarse el período de aceleración, tienen lugar procesos de encajamiento de la red.

Dichos encajamientos se producen cuando las relaciones entre la tasa de levantamiento del frente montañoso ($\Delta u/\Delta t$), tasa de incisión lineal del canal de desagüe ($\Delta w/\Delta t$) y tasa de erosión de los depósitos adyacentes al frente montañoso ($\Delta e/\Delta t$), cumplen la siguiente relación:

$$\frac{\Delta u}{\Delta t} < \frac{\Delta w}{\Delta t} > \frac{\Delta e}{\Delta t} \quad (\text{BULL, 1977})$$

originándose una migración del área de sedimentación hacia las zonas distales del sistema.

En el sector que ahora nos ocupa tales hechos se manifiestan por el granocrecimiento descrito en la base de la unidad y por una erosión seguida de brusca progradación (inicio de la segunda secuencia) para el comienzo del período de aceleración.

Las direcciones de paleocorrientes medidas indican aportes hacia el N y NE. Al no reconocerse facies apicales en la cubeta actual, el área fuente quedaría situada en una posición más meridional.

En cuanto a la evolución lateral, se reconocen los lógicos cambios que se producen al aumentar la distalidad de los depósitos en la dirección de los aportes. Así, el sistema «braided» tipo Donjek, reconocido en la base de la unidad en el sector suroccidental, pasa hacia el septentrional a un sistema «braided» arenoso; en el sistema fluvial con desarrollo de «point-bars» la relación G/F disminuye en la dirección de los aportes, y por fin el sistema «braided» proximal reconocido a techo de la unidad en el sector suroccidental se indenta hacia el septentrional con un sistema «braided» tipo Donjek.

Hay que hacer constar la notable extensión longitudinal del sistema aluvial, ya que en el área estudiada nunca se observa el desarrollo completo del mismo sino tan sólo segmentos parciales.

Al igual que para la unidad T₁, en esta unidad (al menos en su hemicycle inferior) se observan variaciones de potencia y de facies en relación con estructuras submeridianas. Así, en la figura 3 se aprecia que el sistema «braided» tipo Donjek de la base de la unidad (conglomerados de cantos cuarcíticos en la figura) queda limitado al sector occidental de la cubeta por una línea N-S situada al O de Alcorisa. Dicha línea es rebasada progresivamente por sucesivos depósitos más altos.

Unidad T₃

Sector meridional

No presenta la unidad una clara tendencia evolutiva. Está constituida por depósitos «braided» proximales (secuencias A) con alguna intercalación episódica de depósitos de «braided stream» (secuencias B).

Sector nororiental

Presenta la unidad una evolución positiva en conjunto. Se inicia con depósitos de «sheet flood» conglomerático (secuencias C) que evolucionan a depósitos de «braided stream» (secuencias B); a partir de aquí se desarrollan depósitos de energía sucesivamente menor «sheet flood» de gravas (se-

cuencias C), «sheet flood» arenoso (secuencias D) y culmina con depósitos evaporíticos y de llanuras de barro (secuencias H).

Esta evolución vertical se corresponde esencialmente con una retrogradación del sistema aluvial. Sin embargo, en este sector se observa el inicio de una inversión en el signo de la evolución (ver figura 2). Por consiguiente, tras el episodio diastráfico que origina la ruptura del límite T₂/T₃, sigue un período de actividad tectónica decelerada al inicio del cual tiene lugar un encajamiento de la red en zonas proximales del abanico, migrando la zona de deposición hacia el pie del mismo. Este hecho es patente en el sector nororiental de la cubeta, donde queda reflejado por un granocrecimiento en la base de la unidad. En el sector meridional la potencia de materiales conservada es mucho menor y probablemente se corresponden con el comienzo del período de desaceleración tectónica.

A partir de aquí se esboza el inicio de una etapa de aceleración tectónica. Dado que a techo de la unidad se registra un episodio de máximo diastráfico, que origina la discordancia que separa las unidades T₃ y T₄, se puede inferir que esta etapa de aceleración tectónica fue continua y progresiva, culminando con el episodio diastráfico que limita dichas unidades. Por tanto, la unidad T₃ pudo tener originalmente carácter cíclico, actualmente enmascarado por la desaparición por erosión de gran parte de los materiales como consecuencia del citado episodio de máximo diastráfico.

Las medidas de paleocorrientes efectuadas, señalan aportes de procedencia S, SO y O-SO.

Del reparto de facies y de la distribución de paleocorrientes se deduce la existencia de dos sistemas aluviales diferenciados en el ámbito de la cubeta.

Uno de ellos ocupaba el sector occidental y su evolución lateral se reconoce mediante el paso de S a N desde facies «braided» proximales a facies de «braided stream». Su área fuente se situaría en el límite S de la cubeta actual. El otro ocupaba el sector oriental y su evolución lateral puede deducirse a partir de su evolución vertical. Así, en la dirección de los aportes el sistema de «braided stream» de la base de la unidad se indentaría con sistemas no canalizados («sheet flood»); las áreas distales estarían ocupadas por una lla-

nura de barros asociada a depósitos evaporíticos lacustres.

En el área situada al N de Alcorisa se reconoce la zona de coalescencia de ambos sistemas, ya que se produce una convergencia de direcciones de aportes y el tamaño de los clastos aumenta tanto hacia el E como hacia el O de dicha área.

Unidad T₁

Presenta una evolución cíclica. Se inicia con depósitos de «braided stream» (secuencias B) que evolucionan a depósitos de «sheet flood», tanto conglomeráticos como arenosos (secuencias C y D) y culminan en depósitos evaporíticos (secuencias H). Después la evolución se invierte, apareciendo sucesivamente depósitos de «sheet flood» y de «braided stream».

Esta evolución vertical se corresponde con una retrogradación, seguida de progradación del sistema aluvial, pudiendo deducir la siguiente evolución tectónica: al episodio de máximo diastrafismo que origina la ruptura del límite T₃/T₄, le sucede una etapa de estabilidad tectónica, durante la cual el sistema retrograda sin que se detecten encajamientos de la red, y posteriormente otra de aceleración, que provoca el cambio de signo de la evolución sedimentológica y culmina con un episodio de máximo diastrafismo que señalará el límite T₄/T₅.

Las direcciones de paleocorriente indican aportes hacia el NE, quedando situada el área fuente al SO del actual límite meridional de la cubeta.

En cuanto a la evolución lateral no se disponen de suficientes afloramientos en la dirección de los aportes para establecerla, pero a partir de la evolución vertical se infiere una evolución idéntica a la establecida para la unidad anterior.

Unidad T₂

Presenta una evolución positiva compleja, constituida por tres secuencias granodecrescentes. Todas ellas se inician con depósitos «braided» proximales que evolucionan a depósitos de «braided stream» (secuencias B) o bien a «sheet flood» conglomerático o arenoso (secuencias C y D) y únicamente la secuencia superior culmina con depósitos carbonatados (secuencias H).

Esta evolución vertical se corresponde con una retrogradación del sistema aluvial. Podemos deducir que tras el máximo diastrófico que origina la ruptura del límite T₄/T₅, sigue una etapa de actividad tectónica decelerada con varias pulsaciones que son señaladas por el inicio de cada una de las secuencias granodecrescentes.

Sin embargo, esta actividad diastrófica responde a diferentes situaciones tectónicas. Así, el inicio de la etapa de deceleración implica todavía movimientos compresivos, ya que los materiales basales de la unidad se hallan implicados en una discordancia progresiva (Alcorisa). Por el contrario, en relación con el depósito de las dos últimas secuencias no se encuentran estructuras de deformación, por lo que los movimientos podrían ser de carácter vertical reflejando una situación distensiva.

Las medidas de paleocorrientes indican, para la base de la unidad, aportes hacia el N, E y O, en relación con numerosos aparatos aluviales de diversa procedencia. Esto implica la creación de numerosas estructuras, de reducida escala en el límite T₄/T₅, que van a actuar como áreas fuente al inicio de la unidad T₅. En los aparatos de mayor desarrollo areal no puede establecerse la evolución lateral; sin embargo, en otros de dimensiones más reducidas, limitados por los relieves creados en el límite T₄/T₅ se observan rápidos cambios de facies desde depósitos «braided» proximales a depósitos carbonatados. Hacia techo de la unidad la deposición se homogeneiza, reconociéndose exclusivamente un aparato aluvial de procedencia SSO que ocupa todo el ámbito de la zona estudiada.

Unidad T₃

Presenta una evolución positiva: se inicia con depósitos de «sheet flood» arenoso (secuencias D) de reducida potencia, que evolucionan a depósitos carbonatados (secuencias H).

Esta evolución corresponde a una retrogradación del sistema aluvial. Al igual que en la unidad anterior, los materiales no se encuentran deformados, por lo que el acontecimiento tectónico que origina la ruptura T₅/T₆ pudo estar ligado a movimientos verticales en régimen distensivo. Sin embargo, el afloramiento de esta unidad es puntual y no se conocen, por ahora, relaciones laterales con depósitos equivalentes estratigráficamente.

DISPOSITIVOS SEDIMENTARIOS

Interpretadas las secuencias tipo y conociendo la evolución lateral de las diferentes unidades tectosedimentarias, nos encontramos en condiciones de intentar establecer los diferentes dispositivos sedimentarios que pueden inferirse del estudio estratigráfico y sedimentológico realizado.

En la figura 6, se representan las diversas asociaciones laterales de secuencias tipo que se han encontrado en los materiales terciarios, así como las asociaciones de depósitos.

Para las unidades T₁ y T₂ la asociación de secuencias tipo pone de manifiesto la interrelación existente entre un sistema de abanicos aluviales y otro lacustre. El sistema de abanicos está representado en su totalidad por depósitos que corresponden a subambientes fluviales «braided» conglomeráticos, arenosos y subambientes fluviales con desarrollo de «point-bars». El sistema lacustre está representado por depósitos correspondientes a llanuras de barro (zonas marginales lacustres) y sedimentos carbonatados (lago permanente) (fig. 7).

Este dispositivo sedimentario se establece a partir de la integración de los depósitos de las unidades T₁ y T₂, ya que en la unidad T₁ sólo se encuentran representados en el ámbito de la cubeta los sectores distales del sistema aluvial y el sistema lacustre. Por el contrario, en la unidad T₂ se encuentran representados mayoritariamente los sectores proximales y medios del sis-

tema aluvial y en menor proporción los sectores distales, estos últimos con características sedimentológicas análogas a las del T₁.

Entre las características generales del dispositivo sedimentario, podemos destacar:

- Presencia en los sectores más proximales de barras que no desarrollan frente (secuencias A).
- Aumento del relieve en las barras longitudinales conforme nos alejamos del área fuente (paso de secuencias A a E en el sentido de los aportes).
- Reducción en el número de canales conforme nos alejamos del área fuente, así como de sus dimensiones (paso de secuencias A, E a G).
- Disminución de la relación anchura/profundidad de los canales en el sentido de los aportes, tendencia que se invierte en la zona de tránsito entre el sistema fluvial y el lacustre (paso de secuencias G a H).

Las características sedimentológicas de los depósitos que constituyen el sistema aluvial presentan semejanzas con los abanicos aluviales húmedos descritos por Vos (1975) y por BOOTHROYD y NUMMEDAL (1978). El amplio desarrollo longitudinal de nuestro sistema aluvial es igualmente indicativo de condiciones climáticas húmedas. No obstante, la disminución del número y dimensiones de los canales hacia las zonas distales nos

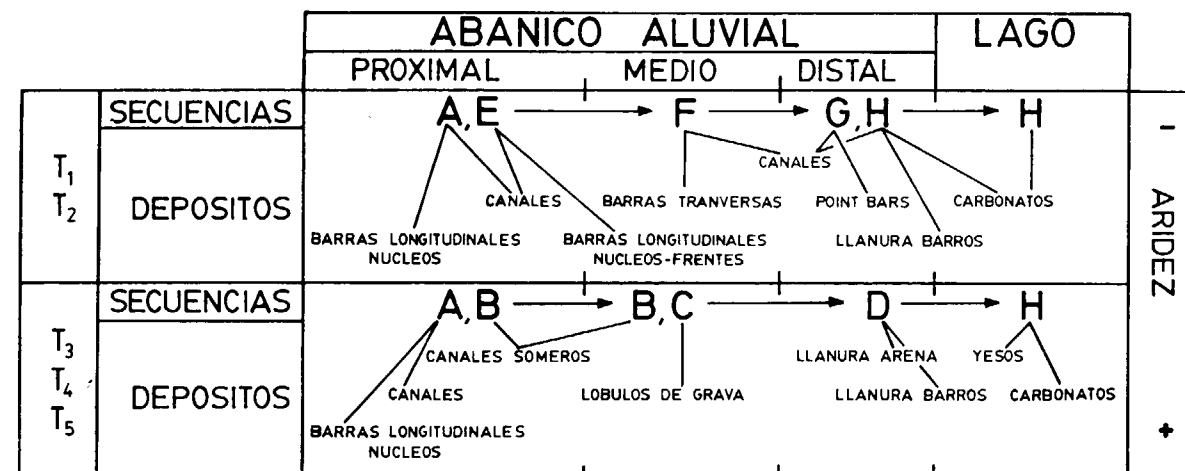


Figura 6.—Relaciones laterales de secuencias tipo y asociaciones de depósitos.

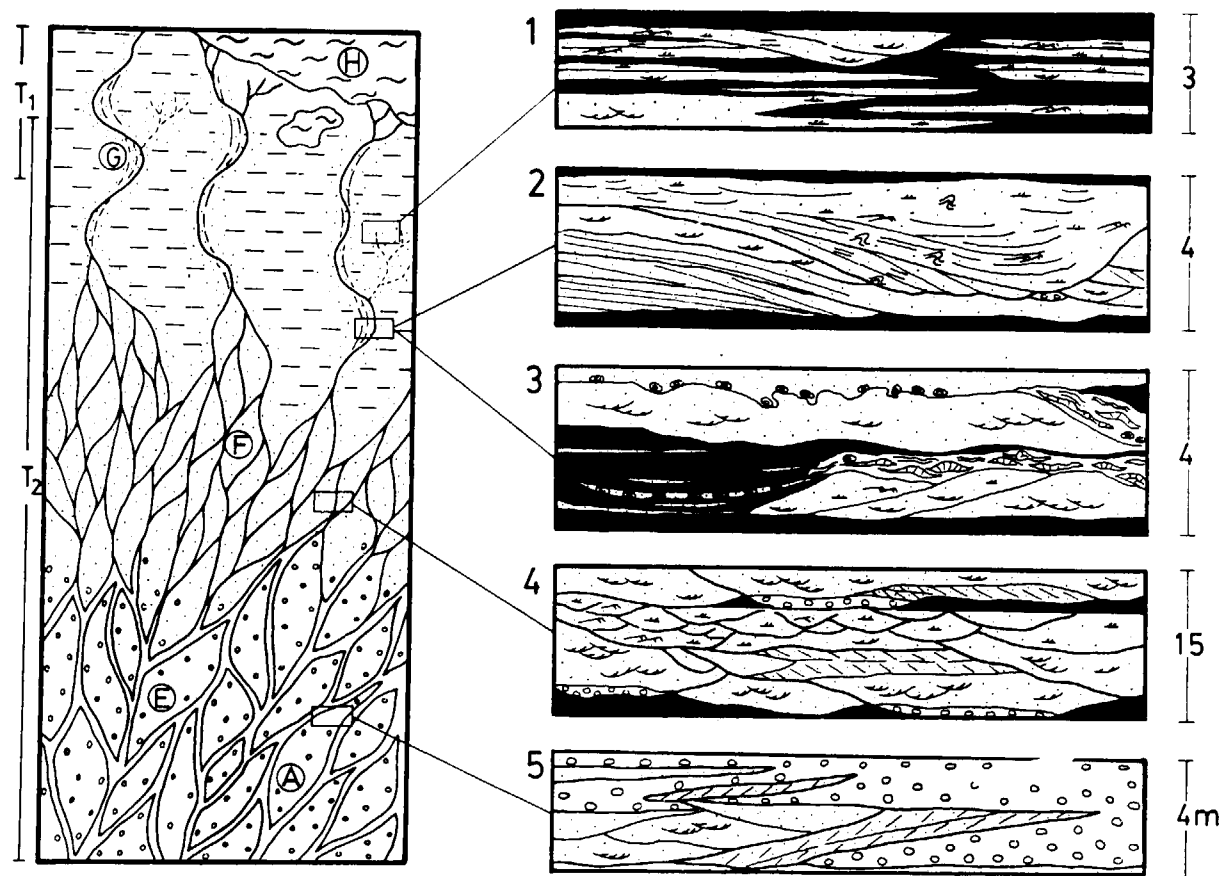


Figura 7.—Dispositivo sedimentario para las unidades T₁ y T₂ y depósitos característicos. 1. Desbordamiento. 2. Point-bar. 3. Point-bar con crecimientos estromatolíticos en swales y canal abandonado con relleno lutítico y oncolítico. 4. Braided arenoso. 5. Braided conglomerático. A. Secuencia tipo.

hace pensar que las condiciones climáticas fueron de mayor humedad en las áreas fuente que en las zonas distales del sistema. La presencia de gypsarenitas y lutitas yesíferas en áreas distales correspondientes al techo del hem ciclo inferior de la unidad T₂ sería una prueba a favor de esta interpretación o, en todo caso, manifestación de una tendencia hacia la aridez en el transcurso de la unidad T₂.

El sistema lacustre desarrollado en la unidad T₁ presenta claras semejanzas con los sistemas descritos por FREYET (1973) para pequeñas zonas lacustres asociadas con abanicos aluviales.

Para las unidades T₃, T₄ y T₅ la asociación de secuencias tipo también pone de manifiesto la interrelación entre sistemas de abanicos aluviales y sistemas lacustres, si bien presentan ambos características diferenciadoras de los anteriores.

Los sistemas de abanicos aluviales están repre-

sentados, de proximal a distal, por depósitos fluviales «braided», depósitos de canales someros y depósitos de flujos no canalizados. Los sistemas lacustres están representados por depósitos evaporíticos (fig. 8).

Entre las características generales del dispositivo sedimentario se puede señalar:

- Presencia de barras longitudinales de bajo relieve sin frente de avalancha en las zonas proximales (secuencia A).
- Pérdida hacia las zonas distales del carácter canalizado de las corrientes, produciéndose un aumento notable en la relación anchura/profundidad de las mismas, hasta dar lugar a mecanismos de sedimentación no canalizados que originan cuerpos laminares conglomeráticos, llanuras de arena y llanuras de barro (paso de secuencias A, B a secuencias C y D).

Las características del sistema aluvial coinciden, en líneas generales, con los abanicos aluviales de climas áridos descritos por BULL (1977), si bien hay que destacar en nuestro caso que en las zonas de coalescencia entre lóbulos de abanico se presentan depósitos fluviales «braided» con desarrollo de barras longitudinales de alto relieve con frentes de avalancha («braided» Donjek), debido al exceso de aporte de agua que puede originarse en estas zonas por confluencia de aportes de ambos lóbulos.

Las características de los depósitos lacustres presentan analogías con los depósitos de «salt pan» y «saline mud flat» descritos por HANDFORD (1982). La asociación de estos depósitos evaporíticos con las llanuras de arena y barro de las áreas distales del sistema aluvial sería equivalente a la «playa basin» de HANDFORD (1982).

Este dispositivo sedimentario presenta un desarrollo longitudinal menor que el correspondiente para las unidades T₁ y T₂, si bien su extensión rebasaba ampliamente los límites de la actual cubeta, a excepción de la base de la unidad T₅.

Las diferencias establecidas entre ambos dispositivos sedimentarios responden fundamentalmente a un proceso de variación climática hacia condiciones de mayor aridez.

CRONOESTRATIGRAFIA

En el área estudiada son muy escasos, por el momento, los yacimientos de fósiles, por lo que no es posible datar con precisión las diferentes unidades tectosedimentarias. Los únicos restos de fauna citados se reducen al conocido «nivel de Bulimus» (CANEROT, 1967) ubicado en la unidad T₁, de dudoso valor cronoestratigráfico, y a la presencia en la unidad T₆ de un yacimiento que MARÍN et al. (1977) atribuyen al Mioceno terminal-Plioceno en base a Foraminíferos, Ostrácodos y Carofitas.

ANADON (com. personal) señala, en este mismo yacimiento, la presencia de restos de *Hispanomyx* sp. y *Megacricetodon* sp., cuyo rango de dis-

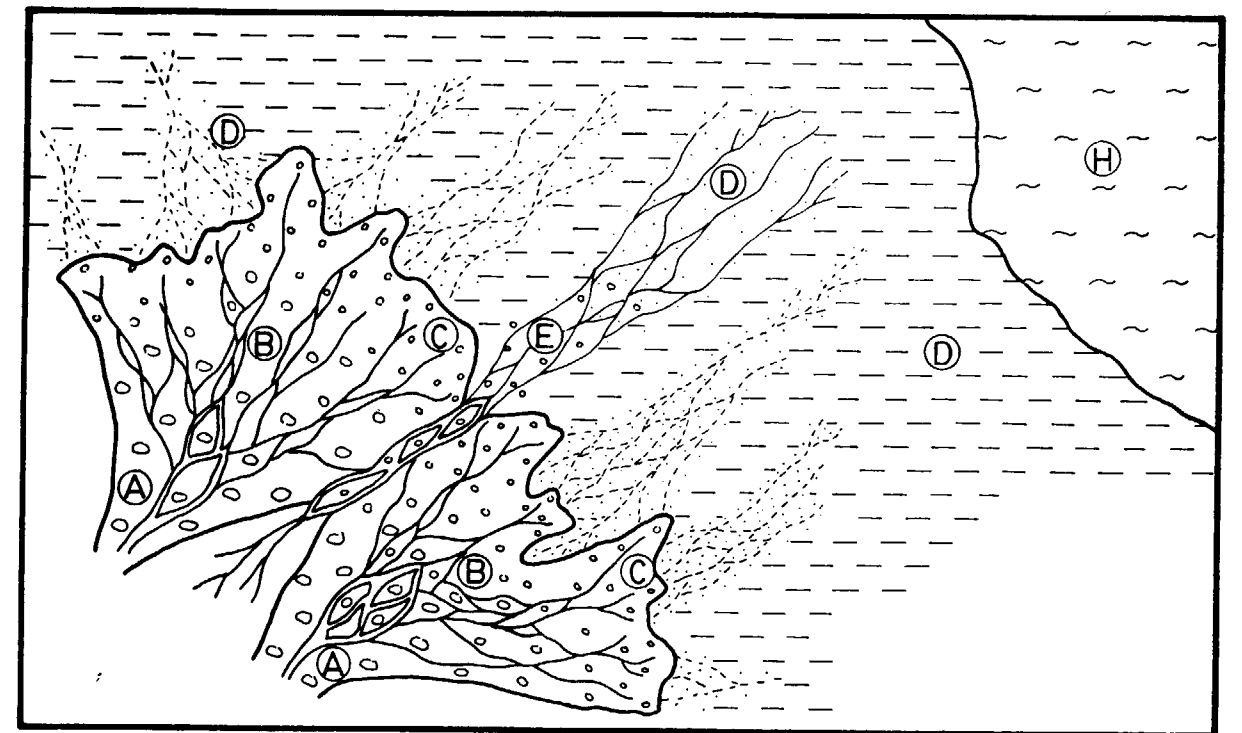


Figura 8.—Dispositivo sedimentario para las unidades T₃, T₄, T₅ con situación de las secuencias tipo que lo caracterizan.

U. CRONO	U.T.S.		U. CARTOGRAF.		U. LITOL.
	Montalbán	Alloza	ALMELA et al. 1977	MARIN et al. 1977	CABRERA 1983
PLIOCENO					
MIOCENO	TUROLIENSE			T ^{Bc-B} _{C12-2}	
	VALLESIENSE				
	ARAGONIENSE		T ₆		
OLIGOCENO	AGENIENSE		T ₅	T ^{A-Bb} _{C33-1}	
	SUPERIOR	T ₄	T ₄		
	INFERIOR	T ₃	T ₃	T ^A _{C2-32}	T ^{A3-A} ₃₁₋₃₂
EOCENO	T ₂	T ₂			Unidad de Calanda
PALEOCENO	T ₁	T ₁	T ^A _{C1}	T ^A _{G1}	Unidad nivel Bulimus
CRETACICO-SUP					Fuentespalda

Figura 9.—Cronoestratigrafía, correlación y equivalencias de las unidades tectosedimentarias.

persión abarca desde el Astaraciense al Vallesiense.

A la vista de estos hechos nos vemos obligados a correlacionar nuestras unidades con otras de sectores próximos mejor datadas.

Recientemente, en la cubeta de Montalbán hemos reconocido (PÉREZ et al., in lit.) un conjunto de U.T.S. cuya cronoestratigrafía ha podido establecerse con cierta fiabilidad en base a diversos yacimientos de Vertebrados y Characeas.

Al tratar de correlacionar las U.T.S. de Montalbán y de Alloza, las coincidencias más significativas vienen dadas por el cambio climático detectado para el tránsito de las unidades T₂ a T₃ y por la idéntica evolución secuencial del hemicycle superior de la unidad T₂ de cada cuenca. Este último hecho permite deducir una actividad tectónica caracterizada por momentos de desplazamiento lateral predominante, sin evidencia estratigráfica en las restantes unidades.

Puesto que las cubetas de Montalbán y Alloza se hallan situadas en flancos opuestos del anticlinal de Montalbán, hay que pensar que las variaciones climáticas y la actividad diastrófica se darán en ambas de forma simultánea, y los depósitos correlativos a tales variaciones y a tal actividad serán correlacionables.

Queda establecida, por tanto, la correlación del hemicycle superior de la unidad T₂ y el límite T₂/T₃ de ambas cubetas. Con estos puntos de referencia, las restantes características de las unidades (evolución secuencial, geometría y rasgos sedimentológicos) permiten correlacionar, creemos que con bastante fiabilidad, una a una, las unidades T₁, T₂, T₃ y T₄ de Montalbán y de Alloza (fig. 9).

En esta correlación, la única característica que, excepcionalmente, parece no coincidir es la evolución secuencial de la unidad T₃, que es cíclica en la cubeta de Montalbán. Sin embargo, todos los demás rasgos son idénticos, lo que nos lleva a confirmar que, tal como antes habíamos supuesto, la unidad T₃ de Alloza poseía una evolución cíclica, si bien el máximo diastrófico que marca el límite T₃/T₄ hace desaparecer por erosión su hemicycle superior.

En función de los restos de Vertebrados antes citados, la base de la unidad T₆ de Alloza se situaría en el Astaraciense como más antiguo. Por tanto nuestra unidad T₅, sin evidencias paleon-

tológicas propias, podría corresponder al Aragoniense en su mayor parte, según la datación admitida para las unidades T₄ y T₆ que la limitan.

Como ya se ha indicado al tratar los antecedentes, en las Hojas del Mapa Geológico Nacional que cubren la cubeta de Alloza se establece una división del Terciario basada esencialmente en criterios de diastrofismo.

Desde un punto de vista exclusivamente cartográfico, sin ningún tipo de implicación cronoestratigráfica, puede establecerse una equivalencia entre dichas unidades y las U.T.S. establecidas en este trabajo, tal como queda recogido en la figura 9.

En esta figura se indica que la unidad T^A_{C2-32} de ALMELA et al. (1977) o su equivalente T^{A3-A}₃₁₋₃₂ de MARIN et al. (1977), corresponden, en el caso más general, a nuestras unidades T₂, T₃ y T₄. Sin embargo, debido a una aplicación incorrecta de los criterios de diastrofismo, incluyen también la unidad T₅ en aquellos puntos en que ésta se presenta plegada. Algo análogo ocurre con la unidad T^{A-Bb}_{C33-1} de ambos autores, equivalente en principio a la unidad T₅, pero que incluye también la unidad T₄ en aquellos puntos en que ésta no aparece deformada.

Por último, también en la figura 9 queda reflejada la relación entre nuestras U.T.S. y las unidades litológicas que CABRERA (1983) establece para el sector oriental de nuestra región.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN, J. R. L.: *Studies in fluvial sedimentation: six cyclothems from the Lower Old Red Sandstone, Anglo Welsh Basin.* «Sedimentology», 3, 163-198 (1964).

ALLEN, J. R. L.: *A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments.* «Sedimentology», 5, 89-191 (1965).

ALMELA, A.; QUINTERO, I.; GÓMEZ, E., y MANSILLA, H.: *Mapa geológico de España, E. 1/50.000. Explicación de la Hoja número 493, Olite.* 44 pp. (1977).

ASHAUER, H., y TEICHMULLER, R.: *Origen y desarrollo de las cordilleras variscas y alpidicas de Cataluña.* «Publ. Extr. Geol. Esp.», 3, 5-102, Madrid (1946) (1935).

BLUCK, B. J.: *Deposition of some Upper Old Red Sandstone conglomerates in the Clyde area: A study in the significance of bedding.* «Scott. J. Geol.», 3, 140-167 (1967).

BOOTHROYD, J. C., and ASHLEY, G. M.: *Process, bar mor-*

Síntesis litoestratigráfica de la Cuenca del Júcar (Albacete), a partir del análisis tectosedimentario

Por J. A. SANTOS GARCIA (*)

RESUMEN

En este trabajo se describen seis unidades diferenciadas en el relleno de la Cuenca del Júcar. Estas unidades están limitadas por rupturas o discontinuidades sedimentarias. Se señalan sus principales características estratigráficas.

Finalmente, se hace una breve reseña acerca de la cronoestratigrafía probable.

ABSTRACT

Six units are distinguished in the filling of the Júcar Basin in this paper. These units are limited by main sedimentary discontinuities or ruptures. Their main stratigraphic features are showed.

Finally, we will do a brief report on the probable chronostratigraphy.

1. INTRODUCCION

La zona estudiada se encuentra al N de la provincia de Albacete, extendiéndose a lo largo de dicha provincia desde el límite con la de Cuenca hasta la de Valencia (fig. 1).

Abarca una superficie de aproximadamente 2.500 kilómetros cuadrados, cuyos límites N y E-SE son naturales y vienen marcados por las alineaciones triásicas de Casas Ibáñez y el Mesozoico de las Sierras de La Caballa y el Boquerón, respectivamente.

Los límites O y S fueron establecidos tras una primera etapa de investigación, quedando marcado el borde occidental a la altura del meridiano de La Roda, mientras que el borde sur se situó de manera aproximada en los llanos de Albacete.

Este área se caracteriza por la escasa diferencia de cotas, excepción hecha del valle del río Júcar y de algunos pequeños cerros que aparecen de manera esporádica, por lo cual la mayoría de las

observaciones quedaron restringidas al curso actual del río.

2. ANTECEDENTES

La Cuenca del Júcar ha sido citada desde finales del pasado siglo, aunque siempre de forma marginal: VERNEUIL y COLLOMB (1850), BOTELLA (1868), MALLADA (1911), ROYO GÓMEZ (1922) y MESSUER PARDO (1924), etc.

Hasta la tercera década de este siglo, no se aborda el estudio sistemático de su Estratigrafía. Es en el período comprendido entre 1932 y 1959 cuando se realiza la cartografía (1:50.000) de parte de las Hojas que componen la Cuenca, por DUPUY DE LOME, E. et al., que definen unas facies basales arcillosas, sobre las que sitúan términos calcáreos y en discordancia sobre ellos los niveles detríticos pliocenos.

QUESADA, A. et al. (1967) definen en la zona oriental una formación conglomerática (Puntal Blanco) sobre la que se apoya una formación calcárea (Río Júcar) que está recubierta por conglomerados y brechas pliocenas.

- phology, and sedimentary structures on braided outwash fans, northeastern Gulf of Alaska. In A. V. Jopling and B. C. McDonald, ed. «Glaciofluvial and Glaciolacustrine Sedimentation», pp. 193-222, «S. E. P. M. Spec. Publ.», 23 (1975).
- BOOTHROYD, J. C., and NUMMEDAL, D.: Proglacial braided outwash: a model for humid alluvial fan deposits. In A. D. Miall, ed. «Fluvial sedimentology», pp. 641-668. «Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.», 5 (1978).
- BULL, W. B.: Recognition of alluvial fan deposits in the stratigraphic record. In W. K. Hamblin and J. K. Rigby, eds. «Recognition of Ancient Sedimentary Environments», pp. 63-83. «S. E. P. M. Spec. Publ.», 16 (1972).
- BULL, W. B.: The alluvial fan environment. «Progr. Phys. Geogr.», 1, 222-270 (1977).
- CABRERA, L.: Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligoceno-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro. Tesis de doctorado. Univ. de Barcelona, 443 p. (1983).
- CANEROT, J.: Le Crétacé supérieur dans le Bas-Aragon et le Maestrazgo (Espagne). «C. R. Somm. Soc. géol. Fr.», 8, 345-346 (1967).
- CANEROT, J.: Recherches géologiques aux confins des chaînes Iberique et Catalane (Espagne). Enadimsa ediciones, serie 5, núm. 4, 517 pp. (1974).
- CANT, D. J.: Development of a facies model for sandy braided river sedimentation: comparison of the South Saskatchewan river and the Battery point formation. In A. D. Miall, ed. «Fluvial Sedimentology», pp. 627-639. «Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.», 5 (1978).
- CANT, D. J., and WALKER, R. G.: Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided South Saskatchewan river, Canada. «Sedimentology», 25, 625-648 (1978).
- EYNON, G., and WALKER, R. G.: Facies relationships in Pleistocene outwash gravels, southern Ontario: a model for bar growth in braided rivers. «Sedimentology», 21, 43-70 (1974).
- FALLOT, P., et BATALER, J. R.: Itinerario geológico a través del Bajo Aragón y el Maestrazgo. «Mem. R. Acad. Ciencias y Artes. Barcelona», 20 (8), 143 pp. (1927).
- FREYET, P.: Petrography and paleo-environment of continental carbonate deposits with particular reference to the upper Cretaceous and lower Eocene of Languedoc (Southern France). «Sedimentary Geol.», 10, 25-60 (1973).
- FRIEND, P. F.: Distinctive features of some ancient river systems. In A. D. Miall, ed. «Fluvial Sedimentology», pp. 531-542. «Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.», 5 (1978).
- GARRIDO, A.: Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del secundario y terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central (prov. de Huesca y Lérida). Tesis de Doctorado. Univ. de Granada, 395 pp. (1973).
- GARRIDO, A., y VILLENA, J.: El Triás germánico en España: Paleogeografía y estudio secuencial. «Cuad. Geol. Ibérica», 4, 37-56 (1977).
- HANFORD, C. R.: Sedimentology and evaporite genesis in a Holocene continental-sabkha playa basin-Bristol Dry lake, California. «Sedimentology», 29, 239-253 (1982).
- HUBERT, J. F., and HYDE, M. G.: Sheet-flow deposits of graded beds and mudstones on an alluvial sandflat-playa system: upper Triassic Blomidon red beds, St. Marys Nova Scotia. «Sedimentology», 29, 457-474 (1982).
- MARÍN, Ph.; PALLARD, B.; DUVAL, B., y MIROSCHEJII, A.: Mapa Geológico de España esc. 1/50.000. Explicación de la Hoja núm. 494, Calanda. 35 pp. (1977).
- MCGOWEN, J. H., and GROAT, C. G.: Van Horn Sandstone, west Texas: an alluvial fan model for mineral exploration. «Bureau Econ. Geol. Univ. Texas. Report of Investigations», 72, 57 pp. (1971).
- MEGIAS, A. G.: Introducción al análisis tectosedimentario: aplicación al estudio dinámico de cuencas. Actas del V Congreso Latinoamericano de Geología, Argentina, 1, 385-402 (1982).
- MIALL, A. D.: A review of the braided-river depositional environment. «Earth Sc. Rev.», 13, 1-62 (1977).
- MIALL, A. D.: Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: a summary. In A. D. Miall, ed. «Fluvial Sedimentology», pp. 597-604. «Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.», 5 (1978).
- MOODY-STUART, M.: High and low sinuosity stream deposits with examples from the Devonian of Spitzbergen. «J. Sedim. Petrol.», 36, 1102-1117 (1966).
- PÉREZ, A.; PARDO, G.; VILLENA, J., y GONZÁLEZ, A., in litt.: Estratigrafía y sedimentología del Paleógeno de la cubeta de Montalbán (prov. de Teruel). «Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)».
- RIBA, O.: Las discordancias sintectónicas del alto Cardener (Prepirineo Catalán), ensayo de interpretación evolutiva. «Acta Geol. Hispánica», 8, 90-99 (1973).
- RUST, B. R.: Structure and process in a braided river. «Sedimentology», 18, 221-245 (1972).
- STEEL, R. J.: New Red Sandstone flood plain and piedmont sedimentation in the Hebridean Province, Scotland. «J. Sedim. Petrol.», 44, 336-357 (1974).
- STEEL, R. J., and GLOPPEN, T. G.: Late Caledonian (Devonian) basin formation, western Norway: signs of strike-slip tectonics during infilling. In P. F. Ballance and H. C. Reading, eds. «Sedimentation in Oblique-slip Mobile Zones», pp. 79-103. «I. A. S. Spec. Publ.», 4 (1980).
- VILLENA, J.; RAMÍREZ DEL POZO, J., y REGUANT, S.: Las capas de «Bulimus» gerundensis Vidal, de la región de Utiel (Valencia). «Acta Geol. Hispánica», 8, 134-137 (1973).
- VISHER, G. S.: Fluvial processes as interpreted from ancient and recent fluvial deposits. In G. V. Middleton, ed. «Primary Sedimentary Structures and their Hydrodynamic Interpretation», pp. 116-132. «S. E. P. M. Spec. Publ.», 12 (1965).
- VISHER, G. S.: Physical characteristic of fluvial deposits. In J. K. Rigby and W. K. Hamblin, eds. «Recognition of Ancient Sedimentary Environments», pp. 84-97. «S. E. P. M. Spec. Publ.», 16 (1972).
- VOS, R. G.: An alluvial plain and lacustrine model for the Precambrian Witwatersrand deposits of South Africa. «J. Sedim. Petrol.», 45, 480-493 (1975).
- WILLIAMS, P. F., and RUST, B. R.: The sedimentology of a braided river. «J. Sedim. Petrol.», 39, 649-679 (1969).

Recibido: Mayo 1984

(*) Empresa Nacional ADARO de Investigaciones Mineras, S. A.

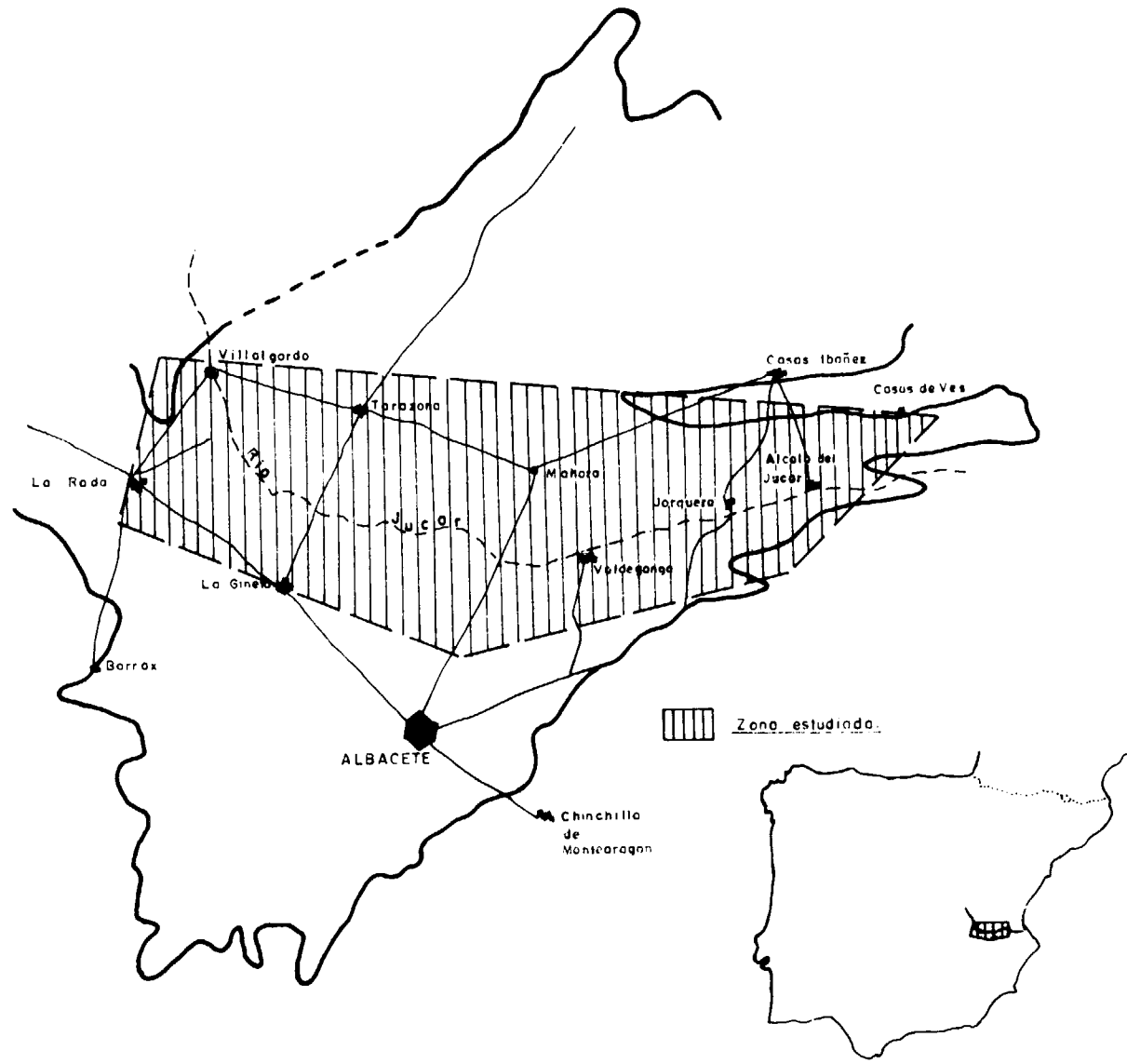


Figura 1.—Esquema de situación.

En 1974 colaboramos con ROBLES en la realización de una síntesis del Terciario continental de esta zona, definiendo cuatro formaciones.

ORDÓÑEZ, S. et alt. (1975-76) dividen la Cuenca en dos Complejos: uno inferior, constituido por la «Unidad Puntal Blanco» y la «Unidad Alcalá del Júcar», y otro superior, que comprende las «Unidades Villalgordo y Fuensanta» en la zona occidental, y que hacia el E se engloban dentro de la «Unidad Casas del Conde».

BASCONES, L. et alt. (1976-78) durante la realización del Plan Magna diferencian cinco unidades que denominan: «Unidad Calizas Chattiense-Aquitaniense», «Unidad Detrítica río Júcar», «Unidad Detrítica inferior», «Calizas río Júcar» y «Unidad Detrítica superior».

MEIN, P. et alt. (1978) durante la realización de un trabajo fundamentalmente paleontológico, distinguen: «Formación Punto Blanco», «Margas y Calizas de Alcalá del Júcar» que lateralmente denominan «Margas y Calizas de Valdegaranga» y están

AUTORES	UNIDADES	ROBLES, F. et alt. (1974)	ORDÓÑEZ, S. et alt. (1975-1976)	BASCONES, L. et alt. (1976-1978)	MEIN, P. et alt. (1978)	SANTOS, J. A. (1980)	PÉREZ GONZÁLEZ A. (1981)	SANTOS, J. A. (1983)
DUPUY DE LOME E. et alt. (1932-1959)	- Niveles detríticos pliocenos. - Calizas - Arcillos negros y margas (yesos de Valdegaranga). - Facies arcillosa basal.	- F. Fuensanta y Aluv. Casas Ibañez. - F. Villalgordo - M. Mirador (M. Yesares) - M. Casas del Cerro - M. Alcalá del Júcar.	(O) U. Fuensanta Complejo Superior U. Villalgordo M. Superior (U. Yesares) M. Intermedio. M. Inferior.	- U. Detrítica sup. (Yesares) - Calizas Río Júcar - U. Detrítica inf. - U. Detrítica Río Júcar.	- Aluv. Casas Ibañez y F. Fuensanta - Margas y calizas de Valdegaranga. (Yesares) - Margas y calizas de Alcalá del Júcar.	(O) U. Fuensanta Complejo Superior U. Villalgordo (U. Fuente albilla) (U. Yesares) Complejo inferior U. Puntal Blanco U. Detrítica Río Júcar.	- Sistema Aluvial Río Júcar - Areniscas y arcillas de Villalgordo - Calizo Río Júcar.	U. T. S. - 4 U. T. S. - 3 U. T. S. - 2 U. T. S. - 1 U. Puntal Blanco. U. Carboneras.

Figura 2.—Unidades de la Cuenca del Júcar.

cubiertas por los «Aluviones de Casas Ibáñez» y la «Formación Fuensanta».

SANTOS, J. A. (1980) presenta un resumen de los conocimientos existentes sobre la Estratigrafía de la Cuenca, que en esencia coincide con el señalado en colaboración con ORDÓÑEZ, S. et alt. (op. cit.) con la inclusión de la «Unidad Carboneras» y «Unidad Fuentealbilla».

PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1981) estudia la parte occidental de la Cuenca diferenciando las «Calizas río Júcar» y las «Areniscas y Arcillas rojas de Villalgordo del Júcar», sobre las que sitúa el «Sistema Aluvial del río Júcar».

SANTOS, J. A. (1983) en su Tesis Doctoral, presenta las unidades que resumimos en este trabajo.

En la figura 2 se indica, de forma esquemática, las diferentes divisiones estratigráficas de la Cuenca del Júcar, según los principales autores.

3. METODOLOGIA

La definición de Unidades en una Cuenca entraña, por lo general, grandes dificultades que creemos pueden ser solventadas a partir del establecimiento de «Unidades Tectosedimentarias» (U. T. S.). Una U. T. S. es: «Una unidad sedimentaria tridimensional, no obligatoriamente homogénea desde el punto de vista litológico, comprendida entre dos discontinuidades sedimentarias

notables, de extensión no necesariamente isócrona, tal que en cualquier sección vertical, el registro del tiempo, referido no a los sedimentos como unidad material de depósito, si no al tiempo absoluto que media (o separa) las dos discontinuidades es constante» (GARRIDO, A., 1973).

La unidad así definida puede considerarse como una unidad estratigráfica, sin carácter formal y claramente diferente de las unidades lito y bioestratigráficas, utilizadas normalmente.

Una U. T. S. puede comprender varios tipos litológicos, entre los cuales existan cambios laterales de facies y sus límites; son en consecuencia independientes de la litología, contenido faunístico, etcétera. De esta manera, se establece como criterio básico para definir una U. T. S., la caracterización de rupturas o discontinuidades sedimentarias de rango superior (cuenca) y posteriormente puede analizarse cada U. T. S. más detalladamente, determinando rupturas de menor rango.

En consecuencia, el problema principal estriba en la perfecta caracterización de las rupturas o discontinuidades sedimentarias, y su seguimiento, ya que lateralmente existen variaciones (MEGÍAS, A. G. et alt., 1980), lo cual obliga frecuentemente a utilizar como apoyo criterios sedimentológicos, geoquímicos, petrológicos, etc.

Se han estudiado 19 series estratigráficas y 9 sondeos mecánicos (fig. 3), recogiendo mediante muestreo al azar y de aquellos niveles significativos, un total de más de 600 muestras, utilizando

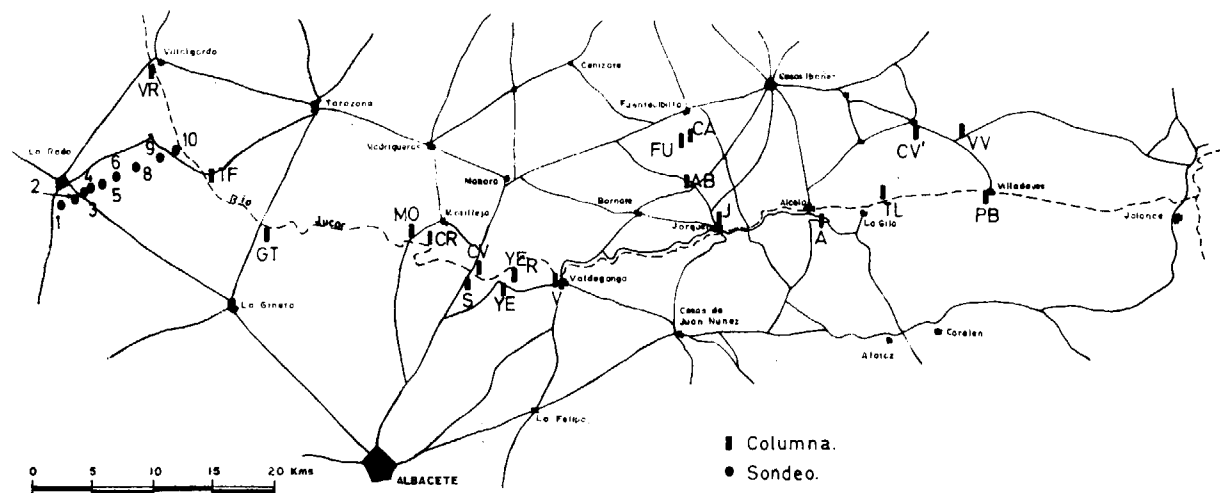


Figura 3.—Situación de las series estudiadas.

diferentes técnicas, en runción de su litología, tales como: petrografía microscópica, difracción de rayos X, análisis granulométricos, fluorescencia de rayos X, complexometrías, etc.

4. UNIDADES

Tomando como base el «Análisis Tectosedimentario», hemos diferenciado una serie de unidades que constituyen el relleno de la Cuenca del Júcar.

La posición relativa de los materiales estratigráficamente más bajos (Unidad Carboneras y Unidad Puntal Blanco), no puede situarse con exactitud, como consecuencia de la ausencia de afloramientos y/o criterios paleontológicos que permitieran una correlación precisa. A ambas unidades no se les da carácter de U. T. S., por considerar que están comprendidas por rupturas de segundo orden o rupturas locales, apoyándonos en datos fundamentalmente regionales.

En la figura 4 se representa de forma esquemática la columna sintética tectosedimentaria del relleno de la Cuenca del Júcar (el rayado vertical

representa los hiatos sedimentarios erosivos y/o deposicionales).

Las características más importantes de las unidades determinadas, comenzando por las más antiguas son:

4.1. Unidad Carboneras

El límite inferior viene definido por una ruptura de segundo orden, manifestada por una discordancia erosiva y angular que la separa del substrato.

Queda restringida a un afloramiento de poco desarrollo superficial, localizado en el borde N de la Cuenca, en las proximidades de Fuentealbilla.

Está formada por depósitos calcáreos, en capas de hasta 1 m. con abundantes restos de ostrácos, gasterópodos y algas (biomicritas y micritas fosilíferas). En la base presenta un nivel de brechas rojizas, con cantos procedentes del substrato.

Ha sido datada como Chattiense-Aquitaniense por GUTIÉRREZ y ROBLES (BASCONES, et alt., 1977).

La potencia es muy constante y no sobrepasa los 40 m. Aparece recubierta por depósitos de la U. T. S. 2 (fig. 5).

4.2. Unidad Puntal Blanco

Aflora en el borde oriental de la Cuenca, cerca de Villa de Ves. El límite inferior corresponde a una ruptura local (segundo orden) que queda marcada por una superficie erosiva muy irregular que la separa del substrato.

La forman depósitos fanglomeráticos, con bloques angulosos de caliza y dolomía de gran tamaño, formados a expensas del Mesozoico, que hacia la parte alta se hacen más homométricos, aumentando el grado de redondeamiento.

Las características de los materiales denotan transporte escaso, casi nulo, con un espesor muy variable que puede llegar a alcanzar los 80 m. (figura 6).

4.3. Unidad tectosedimentaria 1 (U. T. S. 1)

El límite inferior de esta unidad viene marcado

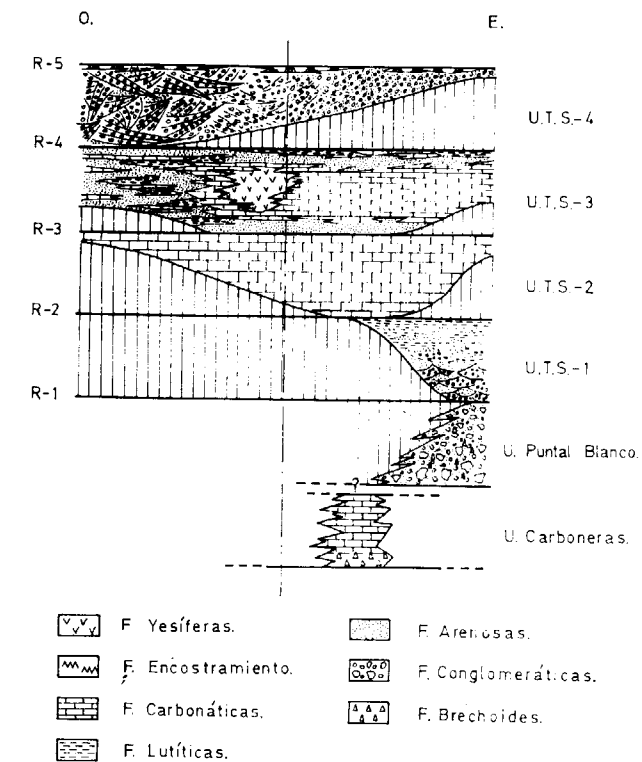


Figura 4.—Columna sintética tectosedimentaria.

por una superficie erosiva (R-1) que señala un brusco cambio en la sedimentación.

Se apoya sobre la Unidad Puntal Blanco y localmente sobre el substrato Mesozoico.

Aparece formada por materiales detríticos que afloran desde las proximidades de La Tolosa hacia el E (fig. 7).

Litológicamente, está formada por un tramo inferior de conglomerados calcáreos polimícticos, en ocasiones brechoides, con predominio de cantos de caliza y dolomía de tamaño muy variable, cementados por samitas rojizas y con frecuentes intercalaciones de niveles samito-aleuríticos rojizos, sobre el que se sitúa un tramo superior formado por depósitos areno-arcillosos, con potentes niveles de arcillas, con cantos dispersos.

En conjunto corresponde a secuencias cíclicas, con facies de encostramiento y estructuras de erosión y relleno (*cut an fill*). Presenta clara pendiente deposicional y morfología en cuña, desde los niveles sobre los que se apoya. La potencia es muy variable, oscilando entre unos 75 m. vistos en lugares donde el afloramiento es mayor y una decena de metros, en pequeños retazos colgados en el cañón del Júcar.

4.4. Unidad tectosedimentaria 2 (U. T. S. 2)

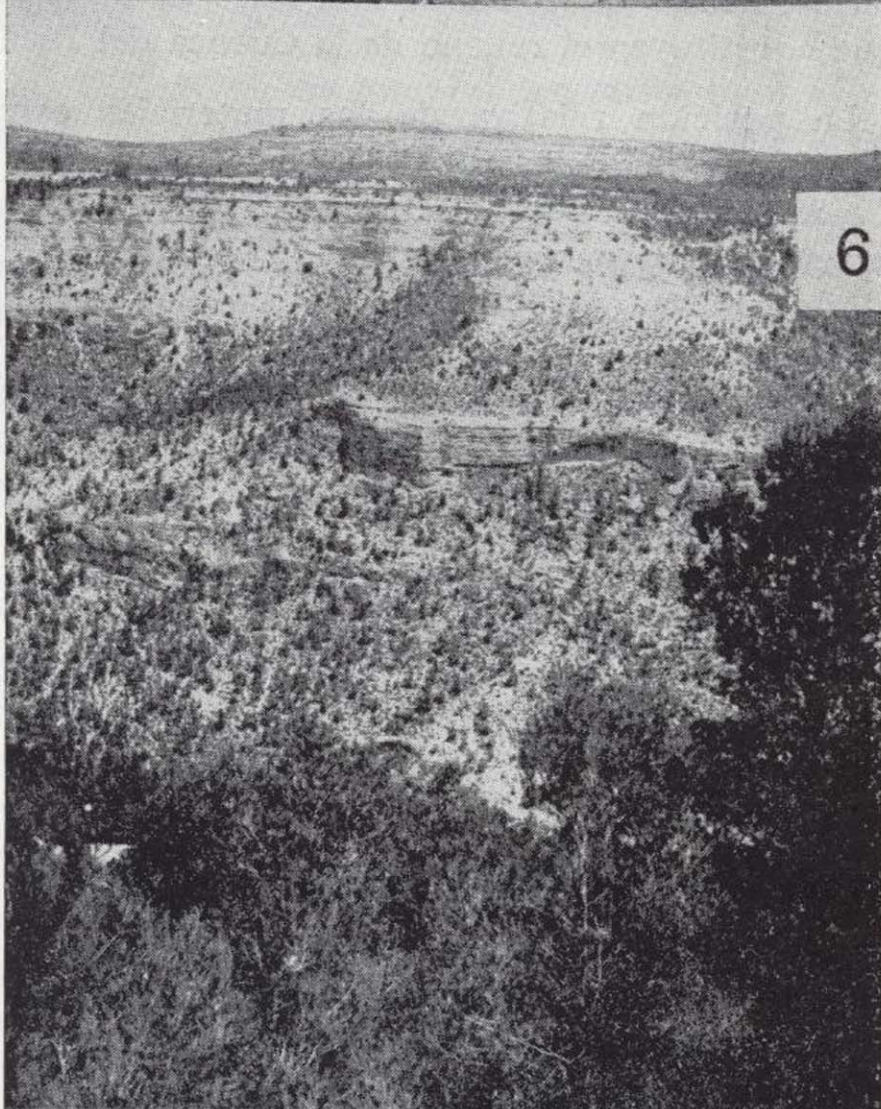
El límite inferior es una ruptura de primer orden, que corresponde a una superficie erosiva y/o angular (R-2) que separa materiales de muy diferente significado paleogeográfico. Es la que presenta mayor espesor en la Cuenca, alcanzando zonas con más de 150 m. de potencia (Alcalá del Júcar) (fig. 8).

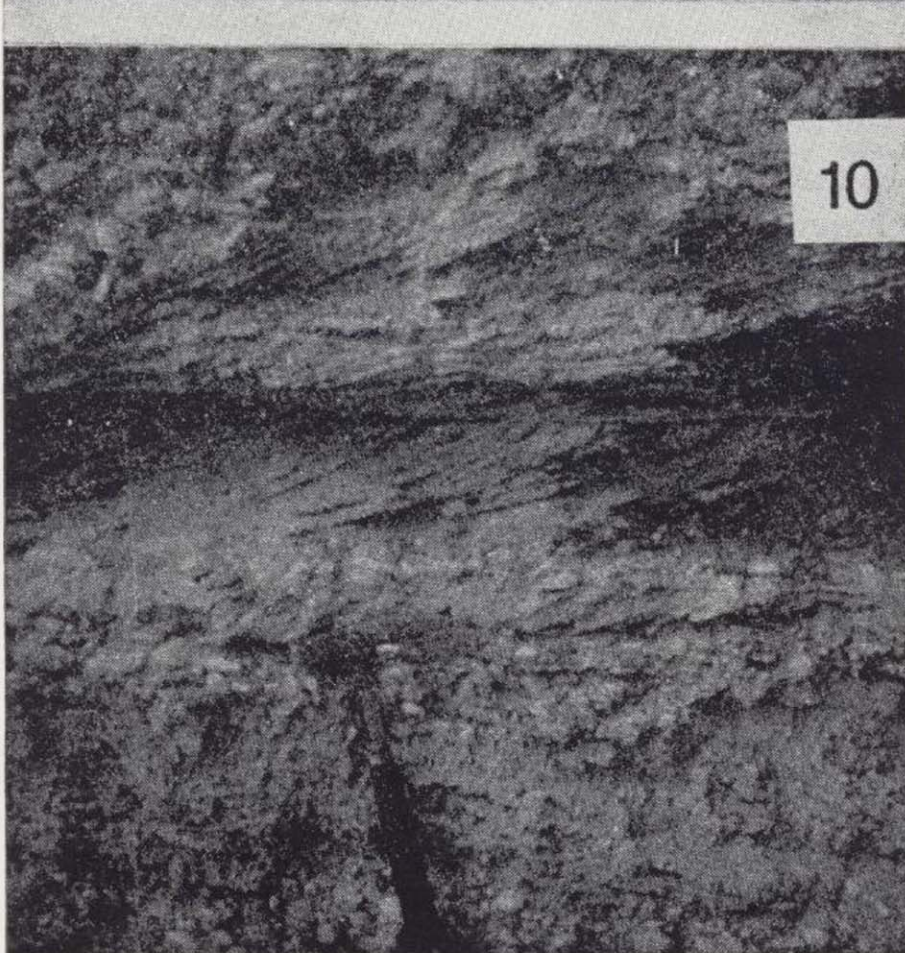
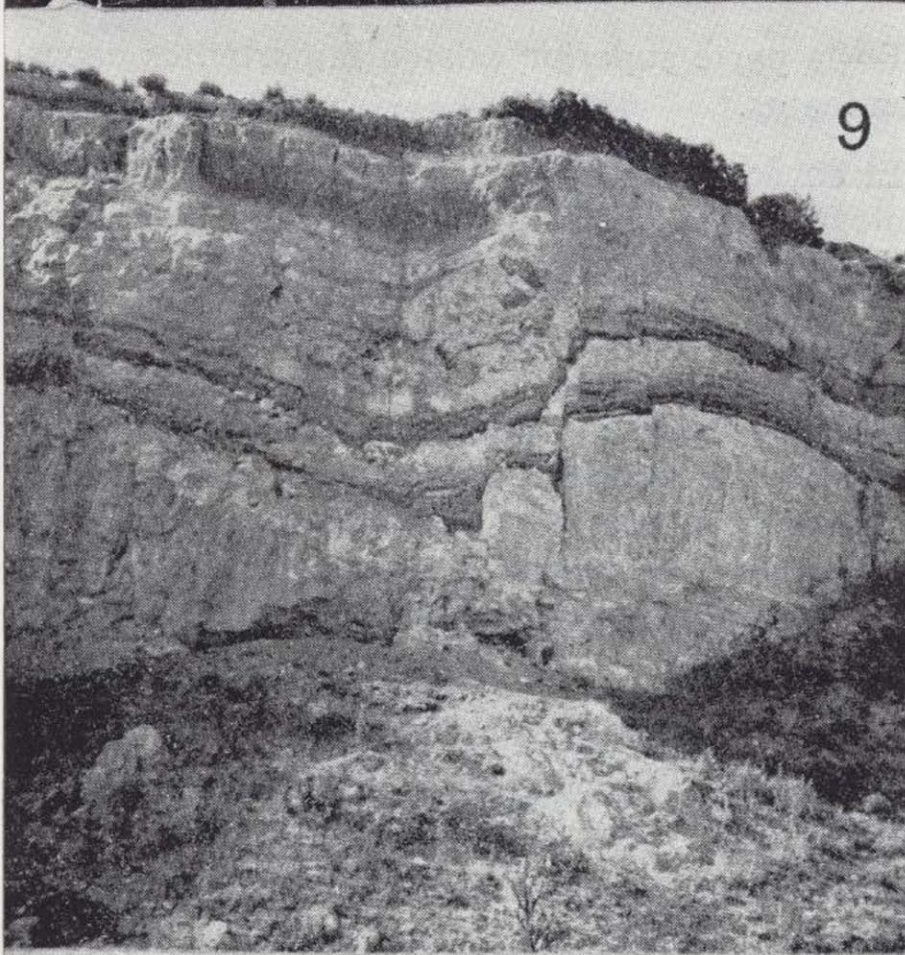
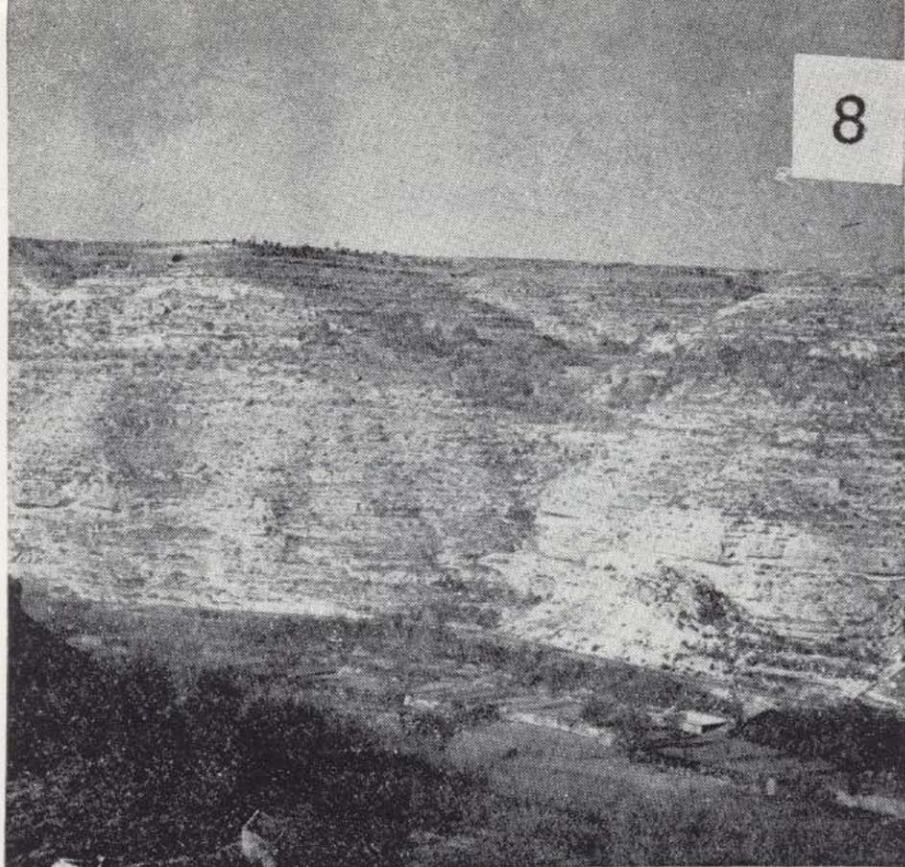
Se apoya sobre la Unidad Carboneras, U. T. S. 1, y en ocasiones sobre el Mesozoico. Corresponde a facies claramente expansivas, formadas por una sucesión cíclica de carbonatos que alternan con niveles de aspecto margoso y hacia la base se intercalan zonas muy ricas en materia orgánica.

Figura 5.—Aspecto de la Unidad Carboneras, sobre la que se apoya la U.T.S.-2.

Figura 6.—Afloramiento de la Unidad Puntal Blanco, sobre la que aparecen la U.T.S.-1 y la U.T.S.-2.

Figura 7.—Tramo superior de la U.T.S.-1, sobre el que está la U.T.S.-2.





Los tipos petrológicos dominantes son biomicritas y micritas fosilíferas, con gran cantidad de gasterópodos, ostrácodos, charáceas y algunos pelecípodos, más abundantes hacia la parte inferior de la U. T. S., donde llegan a constituir facies coquinoides orientadas.

Se han encontrado restos de vertebrados (MEIN, P. et al., 1978) en la parte superior de la U. T. S. (yac. de Abengibre y La Recueja) que datan la misma como Rusciniense Superior y el yacimiento de La Tolosa en la parte basal, que da una datación de Turolense Superior (MN-13).

Aflora prácticamente en toda la Cuenca, alcanzando el máximo desarrollo cerca de Alcalá del Júcar, mientras que hacia el O disminuye lateralmente de espesor, no sobrepasando el meridiano de La Roda (GARCÍA YAGÜE, 1974, y PÉREZ GONZÁLEZ, 1981).

4.5. Unidad tectosedimentaria 3 (U. T. S. 3)

El límite inferior de esta U. T. S. viene caracterizado por una ruptura de primer orden (R-3), fácilmente reconocible en toda la Cuenca, que se manifiesta de formas muy diferentes. En Valdeganga se observa un nivel de concentración de gasterópodos con amplia extensión lateral.

Carstificaciones son identificables en las series de Jorquera y Alcalá del Júcar.

Criterios de emersión se aprecian en Abengibre y Fuentealbilla, con zonas marmorizadas y *hard-ground*.

Otras veces se han observado cambios significativos en la geoquímica del medio, lo cual permite situar esta ruptura en zonas que se manifiestan como paraconformidad.

Esta U. T. S. es la que presenta mayor variación litológica, apareciendo facies detríticas, carbonáticas y yesíferas.

Las facies detríticas basales afloran mejor en el borde N y O disminuyendo hacia el S e incluso

Figura 8.—Aspecto de la U.T.S.-2, al oeste de Jorquera.
Figura 9.—Tramo superior de las facies yesíferas de Valdeganga (U.T.S.-3).

Figura 10.—Lentejón arenoso con estratificación cruzada, dentro de los conglomerados de la U.T.S.-4.

llegando a desaparecer. Se componen de conglomerados, arenas y areniscas que constituyen secuencias cíclicas, con estructuras hidrodinámicas claras y frecuentes niveles edáficos intercalados.

Las facies carbonáticas, corresponden por lo general a micritas, micritas peletoidales y calizas grumelares, con abundantes restos de moluscos y plantas y es frecuente la existencia de pseudo-morfosis de yesos.

En la zona de Jorquera se observa la aparición de una facies muy característica, que en la parte basal está formada por dolomías arenosas con grandes cristales porfidotópicos y poiquilotópicos de calcita, que hacia lo alto pasan a calizas macrocristalinas con dolomicrita.

En las proximidades de Valdeganga, en el paraje denominado Los Yesares, afloran facies yesíferas, constituidas por yesos bandeados basales sobre los que se sitúan niveles de yeso lenticular, con arcillas intercaladas (fig. 9).

Destacan los cambios laterales hacia las facies carbonáticas del E y hacia términos detríticos situados al O.

En ningún punto se ha observado una potencia superior a 55 m. para el conjunto de la U. T. S.

En el borde occidental de la Cuenca, predominan los términos detríticos groseros, con estratificación cruzada, que alternan con lutitas arcillosas con texturas edáficas y aparecen intercalaciones de carbonatos poco consolidados, similares a los que localmente se conocen como «tierra blanca» (YÉBENES et al., 1973) y niveles de poco espesor y escaso desarrollo con restos de gasterópodos.

Los yacimientos del Rincón (1, 2 y 3) y Valdeganga (I, II, III y IV) se encuentran en esta U. T. S. En el caso de los niveles de Valdeganga han sido datados como correspondientes a las biozonas MN-16b y MN-17, según la escala de mamíferos de MEIN, es decir, son Plioceno terminal (MEIN, P. et al., 1978). El yacimiento del Rincón, cuyo estudio prosigue en la actualidad, presenta una datación provisional (AGUIRRE, E. et al., 1982), asignando el Rincón 1 a la biozona MN-16 o principio de la MN-17 y el Rincón 2 y 3 a la MN-16a.

4.6. Unidad tectosedimentaria 4 (U. T. S. 4)

El límite inferior de esta U. T. S. se define por una superficie de tipo erosivo que corresponde

a una ruptura de primer orden (R-4), que marca un brusco cambio en la secuencia fluvial. Su desarrollo es muy irregular, estando bien caracterizada en ambos extremos de la Cuenca, aunque la unión entre ambos es difícil de seguir.

En el borde occidental, predominan los niveles conglomeráticos con clastos de carbonatos, cuarzo y cuarcita, matriz samítica y morfología de canales con bases erosivas, estratificación cruzada y frecuentes lentejones arenosos (fig. 10) formando varios niveles de terrazas y restos de un amplio manto aluvial.

En la parte superior existen importantes encostamientos.

El borde oriental presenta una mayor variación litológica, con predominio de términos arenosos y niveles calcáreos con gasterópodos.

El límite superior viene marcado por la actual superficie de erosión, lo cual supone una simplificación, ya que en realidad quedarían incluidos una serie de procesos tales como la formación de terrazas, lo cual está fuera de los objetivos de este trabajo y están tratados en detalle por PÉREZ GONZÁLEZ, A. (1981).

Se ha citado el hallazgo de restos de *Mammuthus meridionalis* (AGUIRRE et al., 1976) en el yacimiento de La Gineta. En la figura 11 se representan tres cortes esquemáticos, con el fin de indicar las relaciones entre unidades en zonas significativas.

5. CRONOESTRATIGRAFIA

A partir de los yacimientos existentes hasta la fecha en la Cuenca del Júcar, se puede establecer una cronoestratigrafía de las unidades determinadas por nosotros, siempre teniendo en cuenta que la datación de los restos encontrados puede ser revisable y que varios de los yacimientos se encuentran en estudio, por lo que este intento de cronoestratigrafía tiene un marcado carácter provisional y aproximativo.

La Unidad Carboneras, se corresponde con los niveles en los que GUTIÉRREZ y ROBLES citan la presencia de *Rantzenella nitida* GRAMBAST (Chatiense-Aquitaniense), e *Hydrobia grupo Sandberger* DESM (Oligoceno-Aquitaniense), por lo cual puede considerarse como Oligoceno-Aquitaniense (BASCONES, L., y MARTÍN, D., 1977).

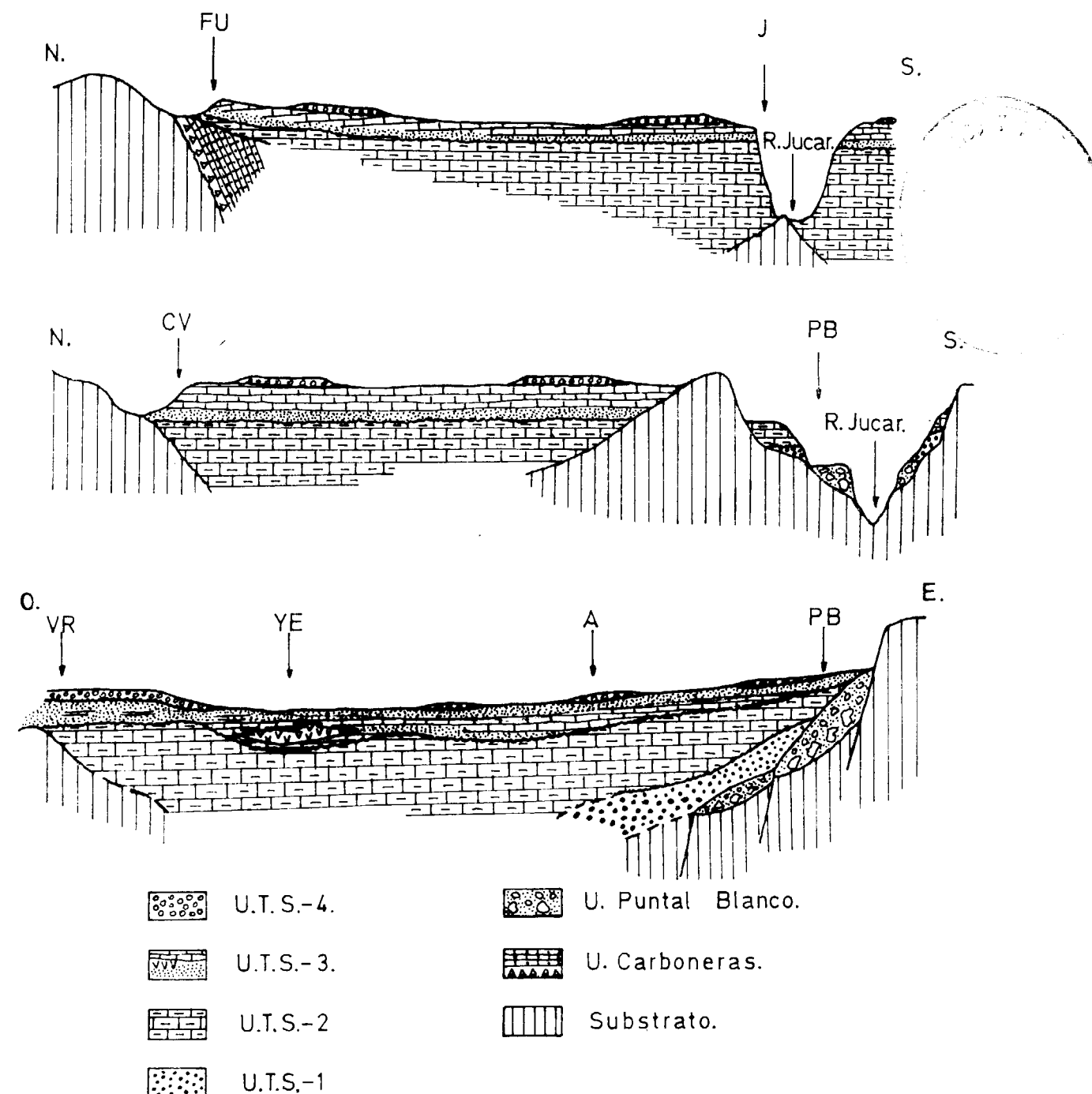


Figura 11.—Cortes esquemático-interpretativos de la Cuenca del Júcar.

El límite inferior de la Unidad Puntal Blanco fue en un principio situado en el Langhiense, al considerarla equivalente con la Formación Sima Grande, que está en discordancia sobre la Formación Mugrón, a cuyo techo se le asignó esa edad (RO-

BLES et al., 1974). Sin embargo, actualmente dicha equivalencia es, cuando menos, cuestionable (CALVO, J. P., 1974).

Por otra parte, resulta evidente que la Unidad Puntal Blanco comenzó al iniciarse la construcción

de la Cuenca, que está relacionada con la última fase compresiva que afectó a este borde de la meseta, y que en la actualidad todos los autores coinciden en señalar como de edad Serravaliense Superior-Tortonense Inferior.

Si tenemos en cuenta que la sedimentación continental en el Prebético externo, una vez que se produjo el cierre del estrecho nordbético, está perfectamente datada desde parte del Vallesiense hasta el Turolense Superior (CALVO, J. P. et al., 1978) y con las consideraciones expuestas anteriormente, podemos situar el límite inferior de la Unidad Puntal Blanco al final del Serravaliense o comienzo del Tortonense.

El yacimiento de La Tolosa, permite establecer con bastante aproximación la base de la U. T. S. 2 en el Turolense Superior, al presentar una asociación que caracteriza la biozona MN-13 (MEIN et al., 1978).

En el techo de la U. T. S. 2 se encuentran los yacimientos de Abengibre y La Recueja, de edad

Rusciniense Superior (MEIN, P. et al., 1978), el del kilómetro 145,5 de la carretera de Córdoba a Valencia, datado como Plioceno Medio (BASCONES, L., y MARTÍN, D., 1977) y los roedores pliocenos de la Marmota (AGUIRRE, E. et al., 1976), lo cual permite situar esta U. T. S. con bastante exactitud.

La U. T. S. 3 presenta una serie de yacimientos (Rincón 1, 2 y 3, y Valdeganga I, II, III y IV) que abarcan la casi totalidad de la U. T. S. y permiten atribuirla al Villafranquiense Inferior.

En la figura 12 se resume la datación de las distintas unidades diferenciadas en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

AGUIRRE, E.; DÍAZ MOLINA, M., y PÉREZ GONZÁLEZ, A.: *Datos paleomastológicos y fases tectónicas en el Neógeno de la Meseta sur española*. «Trabajos sobre Neógeno Cuaternario», núm. 5, pp. 7-29 (1976).

AGUIRRE, E., et al.: *Pliocene-Pleistocene transition in the Iberian Peninsula*. XI Inqua Congress (en prensa) (1982).

BASCONES, L.; LENDÍNEZ, A.; MARTÍN, D., y TENA-DÁVILA, M.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2.ª serie (Plan Magna). Hoja núm. 744 (Casas Ibáñez)*. «IGME» (1976).

BASCONES, L., y MARTÍN, D.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2.ª serie (Plan Magna). Hoja núm. 743 (Madriguera)*. «IGME» (1977).

BASCONES, L., y MARTÍN, D.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2.ª serie (Plan Magna). Hoja núm. 766 (Valdeganga)*. «IGME» (1977).

BASCONES, L.; LENDÍNEZ, A.; MARTÍN, D., y TENA-DÁVILA, M.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 2.ª serie (Plan Magna). Hoja núm. 767 (Carcelén)*. «IGME» (1978).

BOTELLA, F.: *Descripción geológica y minera de las provincias de Murcia y Albacete*. «Imp. de I. Nac. Sordomudos y Ciegos», pp. 1-186 (1868).

CALVO, J. P.: *Estudio geológico del Mioceno marino de la Sierra del Mugrón (prov. de Albacete y Valencia)*. Tesis de Licenciatura Univ. Complut. Madrid, 110 pp. (inédita) (1974).

CALVO, J. P.; ELIZAGA, E.; LÓPEZ, N.; ROBLES, F., y USERA, J.: *El Mioceno superior continental del Prebético Externo: Evolución del Estrecho Nordbético*. «Bol. Geol. y Minero», t. 84, pp. 407-426 (1978).

DUPUY DE LOME, E.; GOROSTIZAGA, J., y DE NOVO CHICARRO, P.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 1.ª serie. Hoja núm. 766 (Valdeganga)*. «IGME» (1932).

DUPUY DE LOME, E.; GOROSTIZAGA, J., y DE NOVO CHICARRO, P.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 1.ª serie. Hoja 765 (La Gineta)*. «IGME» (1932).

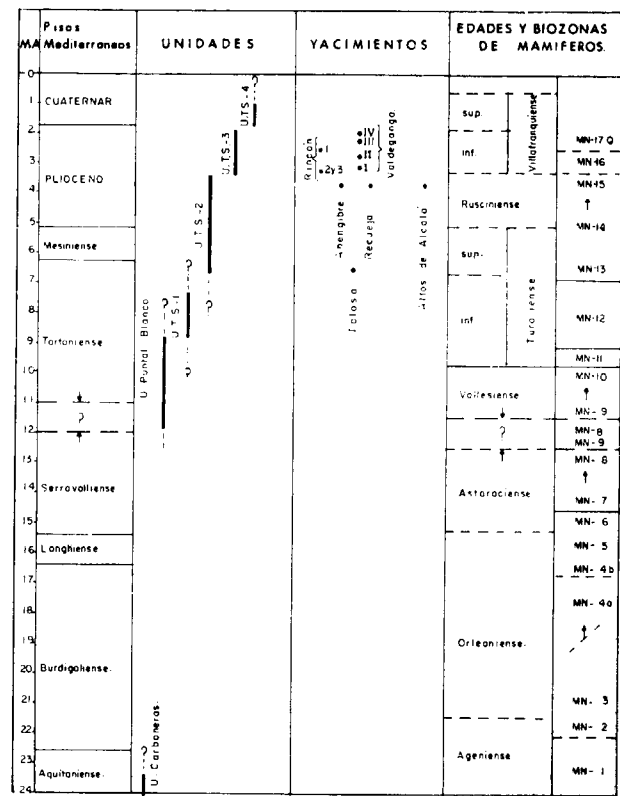


Figura 12.—Cronoestratigrafía provisional de la Cuenca del Júcar.

DUPUY DE LOME, E., y GOROSTIZAGA, J.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 1.ª serie. Hoja 743 (Madriguera)*. «IGME» (1933).

DUPUY DE LOME, E.; GOROSTIZAGA, J., y DE NOVO CHICARRO, P.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 1.ª serie. Hoja 742 (La Roda)*. «IGME» (1944).

DUPUY DE LOME, E., y TRIGUEROS, E.: *Mapa Geológico de España E. 1:50.000, 1.ª serie. Hoja 744 (Casas Ibáñez)*. «IGME» (1959).

GARCÍA YAGÜE, A.: *Informe geológico sobre el trazado de una galería para vertido de aguas residuales y pluviales de La Roda (Albacete)*. «S. G. O. P.» (inédito) (1974).

GARRIDO, A.: *Estudio geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en su zona central (prov. de Huesca y Lérida)*. Tesis Universidad de Granada, 2 vols., 395 pp. (1973).

MALLADA, L.: *Explicación del Mapa Geológico de España*. «Mem. Com. Map. Geol. Esp.» (1911).

MEGÍAS, A.; ORDÓÑEZ, S., y CALVO, J. P.: *Rupturas sedimentarias en series continentales. Aplicación a la Cuenca de Madrid*. IX Congr. Nac. Sediment. Salamanca (en prensa) (1980).

MEIN, P.; MOISSENET, E., y TRUC, G.: *Les formations continentales du Neogène supérieure des vallées du Júcar et du Cabriel au NE d'Albacete (Espagne)*. *Biostratigraphie et environnement*. «Docum. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon», núm. 72, pp. 99-147 (1978).

MESEGUER PARDO, J.: *Estudio de los yacimientos de azufre de las provincias de Murcia y Albacete*. «Bol. Inst. Geol. Min. de España», t. 45, pp. 1-83 (1924).

ORDÓÑEZ, S.; SANTOS, J. A., y GARCÍA DEL CURA, M.ª A.: *Contribución al conocimiento de la evolución de la cuenca del río Júcar (España) durante el Neógeno-Cuaternario*. II Congr. Ib. Amer. Geol. Económ., sección II, pp. 579-596 (1975).

ORDÓÑEZ, S.; SANTOS, J. A., y GARCÍA DEL CURA, M.ª A.:

Estudio sedimentológico de la cuenca del Júcar. I. Rocas carbonáticas. «Estudios Geológicos», t. 32, pp. 535-545 (1976).

PÉREZ GONZÁLEZ, A.: *Neógeno y Cuaternario de la Llanura Manchega y sus relaciones con la Cuenca del Tajo*. Tesis Doctoral Univ. Complut. Madrid, 2 tomos (inédita) (1981).

QUESADA, A.; REY, R., y ESCALANTE, G.: *Reconocimiento geológico de la zona de Carcelén (provincias de Albacete y Valencia)*. «Bol. del IGME», t. 78, pp. 93-187 (1967).

ROBLES, F.; TORRENS, J.; AGUIRRE, E.; ORDÓÑEZ, S.; CALVO, J. P., y SANTOS, J. A.: *Levante (4.10)*. En Aguirre, E., et Morales, J., edit. «Coloq. Intern. Bioest. Cont. Neog. Sup. Cuat. Inf.», libro-guía, pp. 87-133 (1974).

ROYO GÓMEZ, J.: *El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica*. «Com. Inv. Paleont. Prehist.», Mem. 30 (serie paleontológica, núm. 5), 227 pp. (1922).

SANTOS, J. A.: *Estudio petrológico del Terciario Continental de la Cuenca del Júcar (Albacete)*. Tesis de Licenciatura Univ. Complut. Madrid, 108 pp. (inédita) (1975).

SANTOS, J. A.: *Contribución al conocimiento litoestratigráfico y sedimentológico de la Cuenca del Júcar (Albacete)*. IX Congr. Nac. Sediment. Salamanca (en prensa) (1980).

SANTOS, J. A.: *Textural analyse of fluvial facies: Application of the Júcar basin (Spain)*. 3.ª European Meeting I. A. S. Abstracts, pp. 76-78 (1982).

SANTOS, J. A.: *Estudio geoquímico y sedimentológico del Terciario continental de la Cuenca del Júcar (provincia de Albacete)*. Tesis Doctoral Univ. Complut. Madrid, 508 pp. (inédita) (1983).

VERNEUIL, E., y COLLOMB, E.: *Sur la géologie du Sud-est de L'Espagne*. «Bull. Soc. Geol. de France», núm. 13 (1850).

YÉBENES, A.; DE LA PEÑA, J. A., y ORDÓÑEZ, S.: *Sedimentos dolomíticos para-actuales: la «Tierra blanca» de La Roda (Albacete)* (Estudios Geológicos), t. 29, pp. 343-349 (1973).

Recibido: Marzo 1984.

MINERIA

Geología, Mineralogía y Metalogenia del yacimiento de Aznalcóllar

(Primera parte: Litoestratigrafía y tectónica)

Por JOSEFINA SIERRA (*)

RESUMEN

El estudio del yacimiento de Aznalcóllar se ha dividido en una serie de trabajos. En este primero se estudian las características litoestratigráficas y estructurales del Complejo Volcánico Sedimentario en que se sitúa la mineralización.

SUMMARY

The mineralization of Aznalcollar (Sevilla province) is studied in several papers. This first study refers to the lithostratigraphic and structural characteristics of the Volcanic-sedimentary complex in which the mineralization is located.

1. INTRODUCCION

Este trabajo fue presentado para la opción al título de Doctor en Geología Económica en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

Para la publicación de este estudio se ha dividido el mismo en tres trabajos, que se agrupan bajo un título común: «GEOLOGIA, MINERALOGIA Y METALOGENIA DEL YACIMIENTO DE AZNALCOLLAR». En este primero se estudian las características litoestratigráficas y estructurales.

2. ANTECEDENTES

Este yacimiento fue explotado en época romana y quedan como testimonio de dicha actividad algunas escorias y los trabajos mineros encontrados en la zona E del yacimiento.

Es a partir de 1876 cuando empieza la explotación de la llamada «pirita cuprífera», existente a

techo en el yacimiento, sobre todo en la parte este.

Los yacimientos de la parte O (Higuereta y Silillos) fueron explotados sólo parcialmente hasta unos 100 m. de profundidad a partir de la superficie.

En la parte E es donde estuvo concentrada la explotación, habiendo profundizado hasta 200 m. en la masa de pirita situada en el extremo oriental de la corrida.

Es hacia 1960 cuando en las antiguas explotaciones de Aznalcóllar se cubican importantes reservas de pirita y de sulfuros de metales básicos. A.P.I.R.S.A., propietaria de la mina —a la que agradezco el libre acceso al yacimiento, así como a los sondeos y análisis químicos que permitieron hacer el estudio petrográfico, geoquímico y mineralógico sistemático del yacimiento— realiza un estudio previo a la explotación y al dar este resultado positivo, programa una campaña de sondeos. Se efectúan 105 sondeos de recuperación continua de testigos con una malla de unos 40 m.

En la actualidad, el yacimiento de Aznalcóllar está constituido en su aspecto más general por una gran masa de mineral que abarca las anti-

guas explotaciones de Cuchichón, Silillos e Higuereta.

Hacia el oeste, el horizonte mineralizado se continúa al sur del pueblo de Aznalcóllar, pero con un evidente cambio de facies, y sin el menor rastro de mineral.

Hacia el este la masa de minas de Aznalcóllar queda totalmente recubierta por el Mioceno.

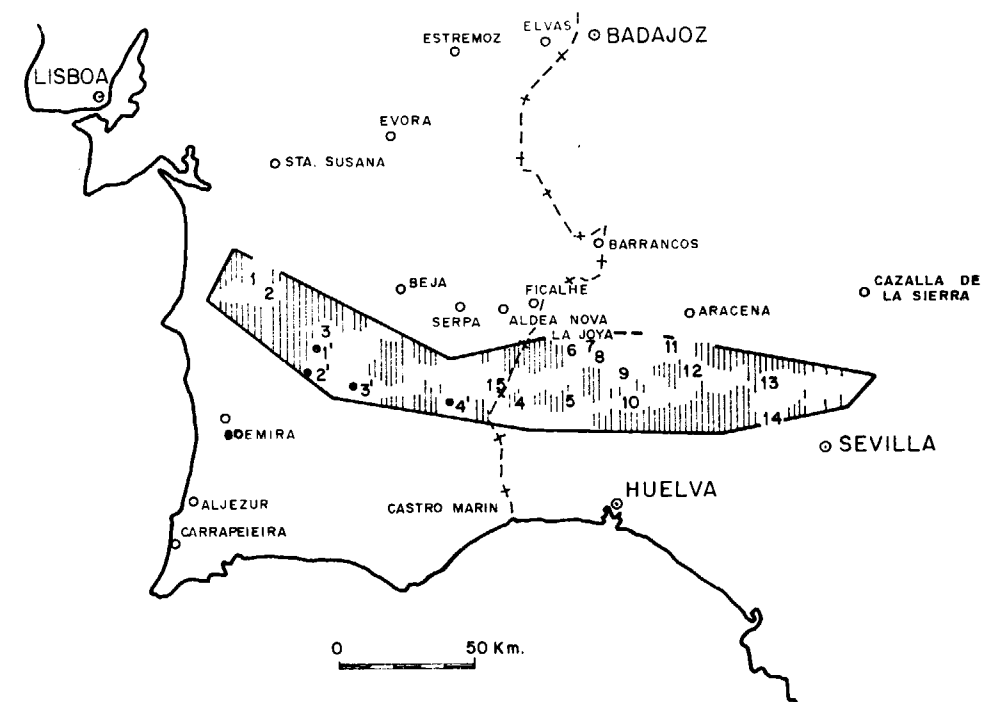
En 1974, en el Congreso Mundial de Minería celebrado en Perú, SCHIPPERS estudia las ventajas de una explotación a cielo abierto.

En 1975, CAÑEDO-ARGÜELLES y CONTRERAS publican un proyecto de explotación de minas de Aznalcóllar.

En 1980, HOFSTETTER realiza una tesina sobre el yacimiento de Aznalcóllar, llegando a conclusiones bastante diferentes de las nuestras. Y en 1981, HERNÁNDEZ ENRILE realiza un estudio geológico estructural del área.

3. ENCUADRE GEOLOGICO REGIONAL

El yacimiento objeto de este estudio está situado en el término municipal de Aznalcóllar, en la provincia de Sevilla, y a unos 2 K al este del referido pueblo. Perteneció a la Faja Pirítica situada al SO de la Península Ibérica y constituye una de las provincias metalogénicas más importantes de Europa (fig. 1).



- | | |
|-----------------------|------------------------------|
| 1.- CAVEIRA | 9.- CALANAS |
| 2.- LOUSAL | 10.- SOTIEL |
| 3.- ALJUSTREL | 11.- MONTE ROMERO |
| 4.- CABEZAS DEL PASTO | 12.- RIO TINTO |
| 5.- THARSIS | 13.- CASTILLO DE LAS GUARDAS |
| 6.- PERRUNAL | 14.- AZNALCOLLAR |
| 7.- SAN TELMO | 15.- PUEBLA DE GUZMAN |
| 8.- LA LANCHA | |

- 1' - MESSEJANA
- 2' - PANOIAS
- 3' - CASTRO VERDE
- 4' - MERTOLA

Figura 1.—Situación de las principales mineralizaciones de la Faja Pirítica del SO Ibérico (FERNÁNDEZ ALVAREZ, 1975).

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

Tiene una longitud de 230 K de largo, por unos 30 ó 40 K de ancho. Contiene más de 75 masas de sulfuros polimetálicos con predominio de pirita sobre el resto de los minerales. Todas las mineralizaciones presentan una aparente uniformidad, tanto en su contexto geológico y composición mineralógica, como en texturas y formas. Así como una gran similitud con los yacimientos estratiformes en formaciones volcano-sedimentarias de Japón, Canadá, Urales y Escandinavia.

El área de estudio está situada dentro del elemento estructural más meridional del Macizo Hes-

périco, que corresponde con la zona Sur Portuguesa establecida por LOTZE (1945).

Los materiales de este área corresponden a una sucesión devónica de carácter detrítico, a la que se superpone una potente formación turbidítica. Separando ambas se emplaza el Complejo Volcánico Sedimentario.

4. CARACTERÍSTICAS LITOESTRATIGRAFICAS DEL COMPLEJO VOLCANICO SEDIMENTARIO

El yacimiento de Aznalcóllar presenta un claro control estratigráfico, ya que, al igual que las restantes mineralizaciones de la Faja Piritica, se encuentra dentro del complejo Volcánico Sedimentario y concordante con él.

En esta zona la fenomenología magmática alterna con episodios sedimentarios, cuyos niveles muestran potencias subordinadas con respecto al volcanismo efusivo (fig. 2). Presenta un cambio

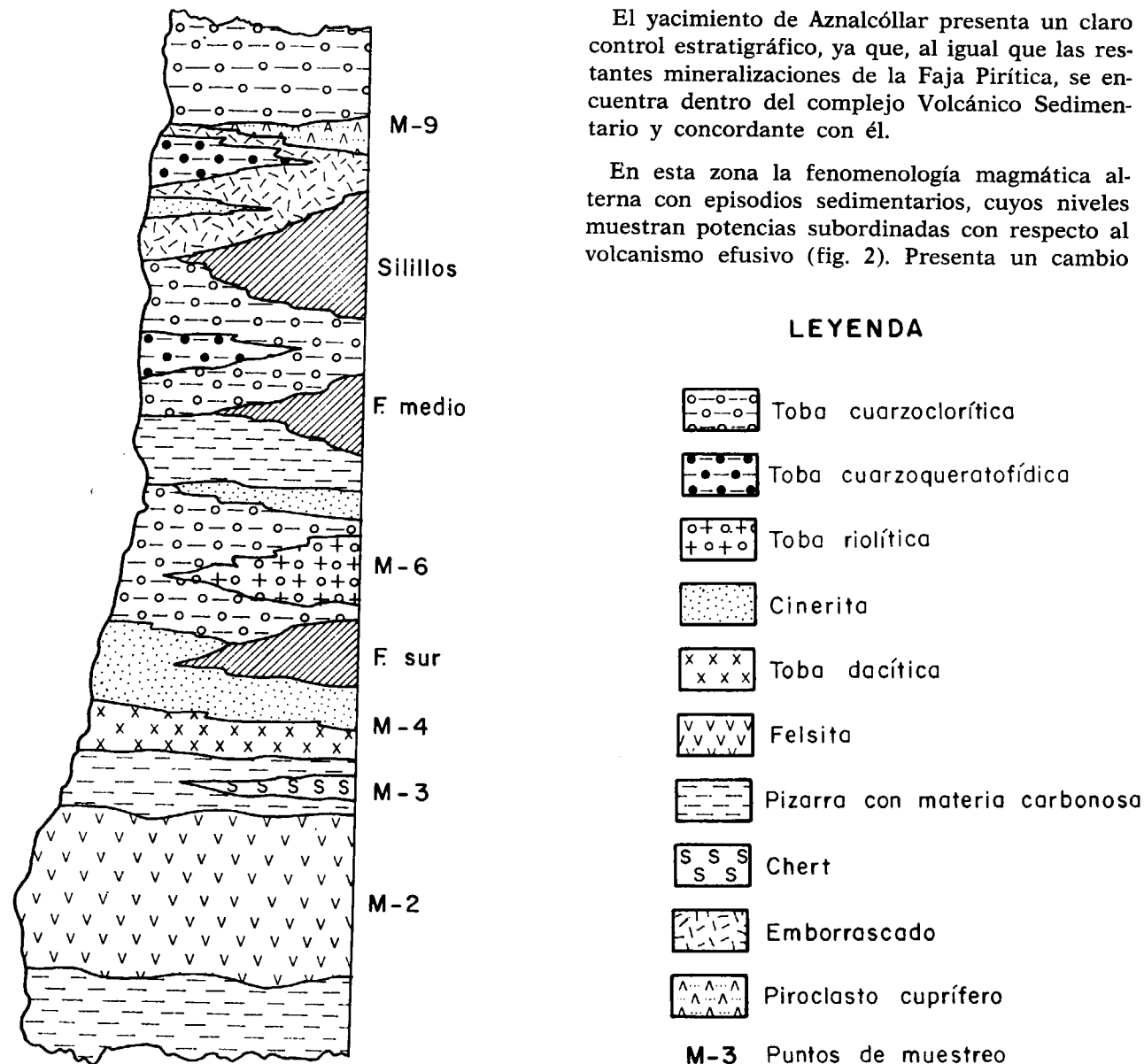


Figura 2.—Serie estratigráfica de la mina de Aznalcóllar.

lateral de facies muy acusado, de ahí que la columna representada sea puntual, y por ello se acuñan los contactos entre los diferentes materiales. Asimismo, se observa que en la corta de Aznalcóllar tienen un amplio dominio los materiales piroclásticos sobre sus análogos lávicos, así como sobre los propiamente sedimentarios.

De sur a norte, de muro a techo tectónico, el Complejo Volcánico Sedimentario —considerando las litologías tomadas directamente de la corta (fig. 3)— está formado, en primer lugar, por una potente serie de riolitas microcristalinas (fotos 2 y 3) que en algunas zonas presentan pseudo disyunción columnar (foto 1).

A continuación sigue un tramo de pizarras con materia carbonosa (foto 4), por lo que, dada la diferente competencia entre ambas litologías, se producen contactos mecánicos resaltados por cuarzos de exudación (foto 5). Siguen un conjunto de tobas dacíticas vacuolares (foto 6), probablemente de tipo igmimbrítico, que han sufrido una gran sericitización por el hidrotermalismo fumarólico. Sobre estas tobas se encuentra la masa de pirita masiva denominada «Filón Sur», a la que sigue una serie de alternancias de tobas piroclásticas, de diferente tamaño de grano, que han sufrido en su mayoría una gran sericitización. Algunas de ellas son tobas riolíticas lítocristalinas (foto 7) con cristales de cuarzo y feldespato; junto a ellas, aparecen otras tobas formadas por material volcánico muy fino y con sulfuros diseminados que sirven de paso a la segunda masa de piritas, es decir, al Filón Medio. A continuación viene otro tramo de materiales piroclásticos que sirven de muro al filón y lo separan de Silillos. Por encima se encuentra una alternancia mena-estéril, con algunas zonas enriquecidas en calcopirita. Finalmente, por encima, aparece una serie alternante de pizarras negras con intercalaciones de piroclastos félsicos, riolitas y jaspes.

La clasificación petrográfica se realiza en base a criterios texturales o mineralógicos. Las características texturales más importantes en las piroclastitas dependen de la granulometría de los clastos. La dimensión de éstos está directamente relacionada con la proximidad a la zona de efusión.

La mineralogía introduce los términos relacionados con la composición como: riolitas, cuarzoqueratofidos, cuarzo-cloritas y otros de menor importancia.

Una gran parte de las volcanitas estudiadas son tobas medianas o finas y cineritas de naturaleza cristalolítica y composición en orden de mayor a menor frecuencia cuarzo-cloríticas, cuarzoqueratofídicas y riolíticas.

Volcanitas lávicas

Estos términos están pobremente representados en contacto directo con la mineralización. Sin embargo, son muy abundantes en las proximidades de ella, donde se ha llamado «felsita». Está constituida por bancos de riolitas de aspecto masivo (foto 2), con textura microcristalina o vítrea de color blanco a gris verdoso, está intensamente fracturada y presenta pseudodisyunción columnar (foto 1). Son lavas cuarzoqueratofídicas procedentes o bien de una traquita silicificada o de una riolita vítrea más o menos recrystalizada.

Esta felsita amigdalar presenta las vacuolas rellenas unas veces de cuarzo de silicificación (Q_2), otras veces con albita, e incluso con calcita (foto 8); cuando son de buen tamaño toda la parte central está rellena de clorita (foto 3).

La matriz está silicificada con algo de sericita. Su situación, tan cercana a la mineralización, es un dato más de proximidad al foco.

En mucha menor proporción aparecen lavas cuarzo-cloríticas (foto 9). Aquí la existencia del ferromagnesiano se limita a su producto de liberación, en forma de minerales de titanio: rutilo y/o esfena. Las transformaciones asociadas al medio de emplazamiento hacen desaparecer la mineralogía primaria. El producto final es la conversión completa a una asociación de cuarzo, clorita y cantidades subordinadas o inexistentes de sericita.

Rocas piroclásticas

Los términos de tobas y cineritas son habituales y su distinción se basa exclusivamente en el tamaño de la fracción clástica. El límite inferior adoptado para las tobas es de 1 mm. aproximadamente.

La relación clasto-matriz es muy variable. Existen tobas con claro dominio de la unidad clástica y lógicamente cineritas carentes de fenoclastos. Estas cineritas se comportan exactamente como

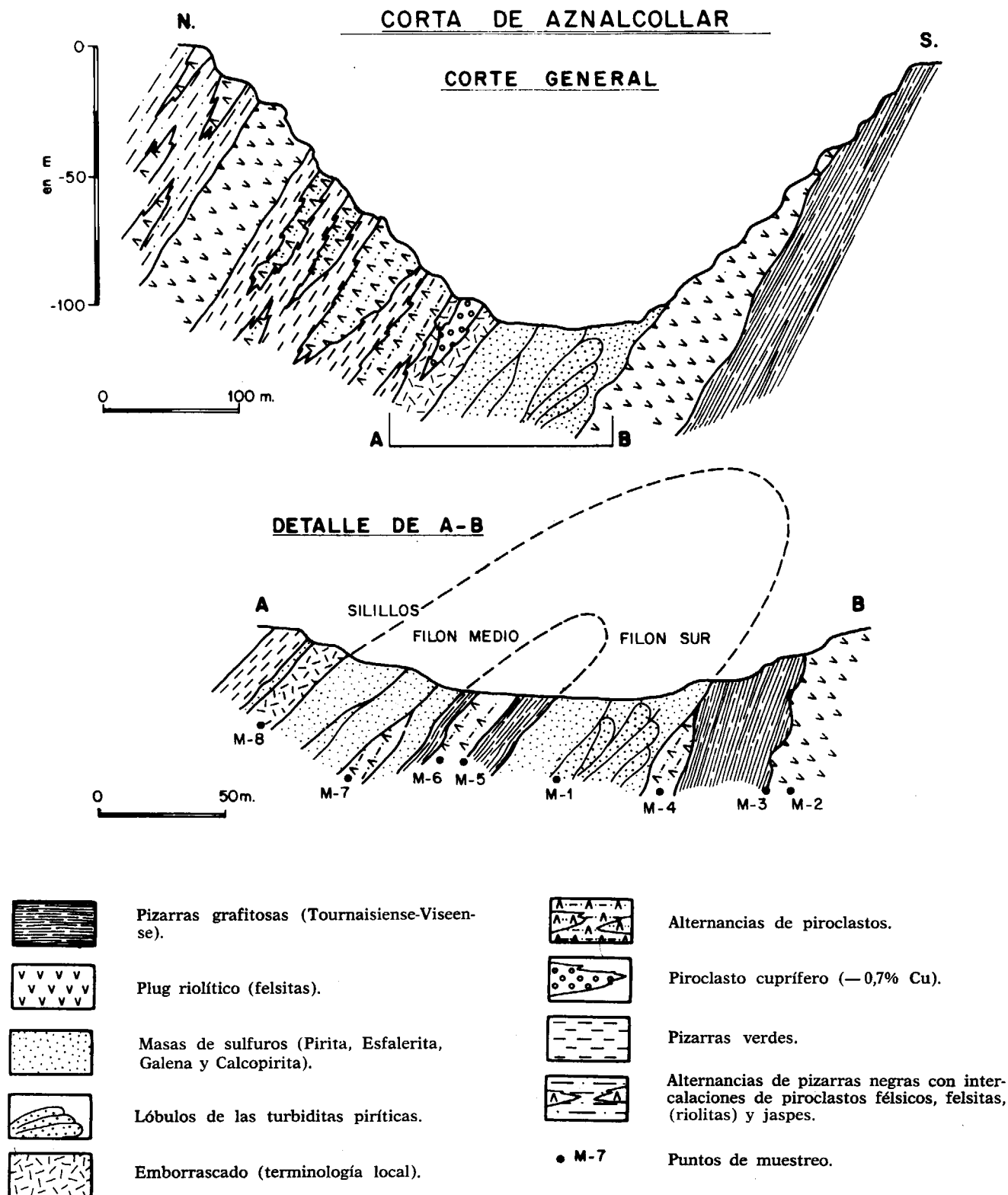


Figura 3.—Corte esquemático generalizado de Aznalcóllar.

una pizarra pelítico-cuarzosa, por eso a menudo es difícil su distinción.

La forma de los clastos varía desde angulosa, redondeada y fusiforme. Aparentemente los contornos tienen relación con la naturaleza cristalina o lítica: los cristalinos tienden a formas angulosas, mientras que en los líticos es más habitual la figura redondeada o fusiforme con una máxima longitud contenida en el plano de esquistosidad. Estos últimos clastos son fácilmente confundibles con la matriz tobácea.

De entre todas las piroclastitas, las tobas y cineritas cuarzocloríticas (fotos 10 y 11), respectivamente, son las más estudiadas.

Cuarzo y clorita son sus componentes esenciales. La sericita puede estar presente en cantidades variables, pero siempre como subordinada. La albita ha desaparecido por lixiviación del sodio. Texturalmente tienen aspecto apizarrado, marcado sobre todo por la clorita. La distribución de los componentes mayoritarios, clorita y cuarzo, puede ser uniforme o irregular, llegando a producir microbandeado alternativo de bandas cuarzosas preferentemente o cloríticas, más o menos continua o discontinua a escala de lámina derivando hacia aspectos fusiformes (foto 11).

La presencia y naturaleza de la unidad piroclástica puede ser variada. Entre los clastos dominan los cuarzos mono y policristalinos y los cloríticos. Los minerales accesorios son los comunes: apatito, circón, esfena, rutilo y opacos. La presencia de estos últimos puede ser en cantidades importantes: diseminado o segregado en lechos entre cuyos cristales se disponen igualmente cuarzo y clorita más raramente.

Estas rocas piroclásticas se presentan atravesadas por fracturas longitudinales y transversales rellenas de cuarzo, carbonatos y opacos de removilización.

Otro dato que nos indica que el yacimiento de Aznalcóllar está cercano al foco es la coincidencia de tobas y cineritas con la mineralización más potente.

El segundo grupo de piroclastitas más frecuentes son las de composición *cuarzoqueratofídica* (foto 12), seguida de las *riolíticas* (fotos 7 y 13). Ambas se distinguen de las *cuarzocloríticas* por la conservación del componente feldespático co-

mo mineral dominante. En las riolíticas están presentes ambos feldespatos (albita y feldespato potásico) y en las queratofídicas sólo la albita. Las tobas dacítico vacuolares (foto 6) aparecen en mucha menor proporción, probablemente son de tipo igmimbrítico. Han sufrido una gran sericitización por el hidrotermalismo fumarólico. Presentan vacuolas aplastadas por la presión y llevan una corona de albita sericitizada que posteriormente sufrió un relleno de cuarzo (Q_2); contienen abundantes opacos diseminados. Tanto la matriz como las vacuolas están muy sericitizadas.

La presencia de los cristalinos en las tobas es subordinada con respecto a los líticos, las formas son las citadas anteriormente. El calibre varía entre muy malo, con diferencia de 10 ó más veces, hasta casi equidimensional, característico sólo de las cineritas.

Los componentes habituales de los clastos cristalinos son plagioclasa maclada, cuarzo y ferromagnesiano cloritizado escaso. En los líticos, dependiendo de su tamaño, presentan textura porfídica con algún o varios fenocristales en matriz microcristalina.

La matriz tobácea es micro y criptocristalina de cuarzo, plagioclasa, clorita y sericita. Este componente puede ser muy abundante. Pueden observarse cantidades variables de carbonatos. A menudo su presencia va ligada a transformaciones posteriores asociadas a fenómenos hidrotermales.

Cerca de la corta, las lavas riolíticas en tránsito lateral hacia el este a una brecha volcánica (foto 14), en cuya matriz de textura fluidal se engloban fragmentos de lava riolítica.

Rocas metasedimentarias

Los niveles sedimentarios tienen extensión y potencia variable. Su localización se produce preferentemente a muro de la mineralización.

Las litologías existentes abarcan pizarras diversas, metacherts y calizas.

Entre las pizarras destacan en primer lugar las de coloración negra debido al alto contenido en materia carbonosa (foto 4).

Los componentes fundamentales son cuarzo, sericita y materia carbonosa; este último se presenta segregado a los planos de esquistosidad y

lleva algunos sulfuros diseminados, presentes en cantidades diferentes. Dando lugar a variedades cuarzosas o pelíticas, más o menos negras en función del contenido carbonoso.

Las pizarras pelíticas muestran un aspecto finamente lajoso, con ambas esquistosidades bien definidas.

Las pizarras cuarzosas derivan de los meta-cherts.

Existen pizarras limolíticas, dada la abundancia de la fracción limo; las partículas más abundantes son las de cuarzo, de aspecto aplastado y tamaños inferiores a 0,1 mm., otras son líticas. Contienen, además, microblastos de clorita o mica blanca de formación tardisincinemática (fotos 15 y 16).

Los metacherts son rocas compuestas principalmente de cuarzo microcristalino, cantidades muy escasas de clorita y sericita y materia carbonosa dispuesta a menudo en microlechos subparalelos que marcan la esquistosidad (foto 17). Suelen aparecer asociados a las pizarras negras, interestratificados y a muro de la mineralización.

Tufita cinerítica. Hemos utilizado este nombre para englobar un conjunto de materiales que presentan interestratificados fracciones de material piroclástico y de sedimentos carbonosos (fotos 18 y 19).

ROCAS INTRUSIVAS

En la periferia de la Faja, especialmente en su borde nordeste, es frecuente encontrar intrusiones frías de granitos y granodioritas con un ligero halo metamórfico (FERNÁNDEZ ALVAREZ, 1974).

Dentro de la Faja encontramos rocas filonianas, pórfidos riolíticos y andesíticos, lamprófidos y diabasas. Son posteriores al volcanismo y no tienen relación con las mineralizaciones de sulfuros (FERNÁNDEZ ALVAREZ, op. cit.). Este fenómeno parece observarse a escala mundial.

Paralelamente a una parte de la faja mineralizada y a unos 5 ó 10 K al norte de ella, se encuentran anchas masas alargadas de rocas graníticas de diversos tipos.

Los granitos hercínicos se emplazaron en el área del geoanticlinal de Beja, pero no en el Cin-

turón Pirítico (excepto localmente en el límite norte, del SO español).

Para SCHERMERHORN (1970), el hecho de que las plagioclasas dominen en las rocas volcánicas del cinturón, incitan al autor a ver el volcanismo como un precursor del plutonismo.

SOLOMON (1976) expone que normalmente estos yacimientos se encuentran en terrenos en los que hay plutones ácidos, pero que no existe una relación sistemática con rocas plutónicas.

En Aznalcóllar, en la parte norte y noroeste, aparecen importantes asomos de rocas intrusivas de tipo ácido a intermedio (granitos, tonalitas) posteriores al Carbonífero y pertenecientes a una etapa postectónica de la Orogenia Hercínica. En todas ellas suelen ser frecuentes los cristales diseminados de pirita y magnetita. Los contactos con las rocas sedimentarias suelen estar muy tectonizados. En la Mina San Miguel existe un contacto donde se desarrolla un filón de cuarzo entre pizarras y granito (MARIANO AGUILAR), de dirección N-S y con longitud y espesor considerable, es bastante puro.

MINERALOGIA

A lo largo de todo el estudio vamos a encontrar una paragénesis muy similar formada por los siguientes minerales:

— **Minerales principales:** cuarzo, plagioclasa, clorita, sericita, feldespato potásico y sulfuros. Como es lógico, las proporciones varían de unos puntos a otros.

— **Minerales accesorios:** esfena, circón, apatito, rutilo, leucóxeno, carbonatos, materia carbonosa, turmalina, caolín y barita (estos tres últimos muy escasos).

Cuarzo

Asociada a los tramos mineralizados existe una silicificación que comienza con la actividad volcánica y continúa durante la tectónica que le favorece (foto 20). Probablemente su presencia se debe a las acciones fumarólicas en un medio submarino, que producen la saturación en sílice y dan lugar a una silicificación masiva.

El cuarzo presenta varias generaciones de formación o de recristalización.

CUARZO 1. Es el cuarzo de procedencia ígnea clara. Constituye en primer lugar los fenoclastos cristalinos de aspecto anguloso y subredondeado, fenocristales automorfos, unas veces de forma exagonal, fracturados o no, y que producen en la matriz la formación de colas (foto 19) con golfos de corrosión (foto 7), en los cristales líticos y masas microcristalinas en las mesostasis de los mismos.

CUARZO 2. Es el atribuido al fenómeno de silicificación en masa y constituyente fundamental de las manifestaciones cuarzo cloríticas, tanto lávicas como piroclásticas. Este cuarzo está ligado al proceso exalativo mismo. En la actualidad aparece recristalizado durante la fase metamórfica inicial de esquistos verdes.

CUARZO 3. Es el cuarzo microfibrroso neoforado y segregado durante el metamorfismo en torno a los sulfuros exclusivamente (foto 10). Estas manifestaciones se desarrollan esencialmente en los extremos de los cristales piríticos orientados a favor de la esquistosidad, a modo de colas o sombras de presión, a menudo sufren flexiones u ondulaciones debido a la rotación de los opacos (foto 9).

CUARZO 4. Al final o después de la fase principal tectónica se genera un nuevo cuarzo que rellena fisuras (fotos 21 y 22). La disposición de estas fracturas se produce tanto a favor como en sentido secante a los planos de esquistosidad S_1 . La cristalinidad de este cuarzo es superior a los cuarzos anteriores y su aspecto automórfico suele aparecer trastocado por acciones deformantes (extinción ondulante fuerte, fraccionamiento y granulaciones que incluyen texturas en mortero).

CUARZO 5. Es un cuarzo prismático (foto 23) que rellena fracturas y cavidades. Su formación debe asociarse a recristalizaciones y exudaciones posteriores. Un ejemplo se observa en el contacto entre la felsita y las pizarras y piroclastos (foto 5).

PLAGIOCLASA

Existen dos generaciones claras. La primera es la originada en facies magmáticas. Es el constituyente mayoritario de lavas y tobas cuarzoque-

ratofídicas y riolíticas (fotos 12 y 13), en fenoclastos cristalinos, fenocristales microlitos tabulares o masas microcristalinas de la mesostasis.

La segunda generación va ligada a fenómenos hidrotermales responsables del relleno de fracturas con cuarzo (Q_4) (foto 24).

CLORITA

La clorita es un producto de desvitrificación de la mesostasis vítrea y de alteración del ferromagnesiano original (biotita). Su formación se produce en condiciones metamórficas (fase de metamorfismo principal). Esta clorita, como ocurre con el Q_2 y Q_3 , se puede separar en dos variedades. La primera dominante y componente esencial junto con cuarzo de las tobas y cineritas cuarzo-cloríticas (fotos 10, 11, 18 y 25). La segunda, asociada a las sombras de presión junto con el cuarzo (Q_5) de los sulfuros (foto 10); otra clorita, la tercera, poco frecuente, es de aspecto vermicular ligada a las fracturas con Q_4 y Q_5 ; es una recristalización de la clorita en una clorita vermicular (foto 22).

SERICITA

Al igual que la clorita, es el producto de desvitrificación del material volcánico, el componente esencial de los metasedimentos pelíticos (fotos 18 y 26) o la sustancia de alteración más habitual de la plagioclasa (fotos 6, 7 y 13).

En el primer caso, su presencia conjunta con cuarzo y clorita es bastante irregular, ya que existen tramos de piroclastitas en los que se excluye su existencia; en otros tramos acompaña al cuarzo fibroso.

A veces se presenta recristalizada a mica blanca y ocasionalmente constituye pajuelas algo mayores asociadas al hidrotermalismo.

FELDESPATO POTÁSICO

Es componente esencial de las tobas riolíticas (foto 7). Constituye fenoclastos cristalinos, fenocristales y masas microcristalinas de los fragmentos lávicos o líticos. En la mayor parte de estas piroclastitas, este feldespato potásico se genera en sustitución de la plagioclasa inicial (foto 13)

ígnea, por fenómenos de potasificación ligados al hidrotermalismo.

MATERIA CARBONOSA

Es un componente esencial en los metasedimentos: pizarras negras y limolíticas (fotos 15 y 16) y metacherts o silixitas (foto 17).

Se distribuye en finas hiladuras señalando cualquier superficie: estratificación (residual), esquistosidad principal y crenulación posterior.

CARBONATOS

Las sustancias carbonatadas más frecuentes son: calcita y siderita.

La calcita presenta un maclado polisintético fino deformado (foto 24). La siderosa acompaña a menudo al cuarzo y clorita de los lechos mineralizados (foto 23) y se distribuye de manera normal aunque escasa en la mayoría de las tobas cuarzo-cloríticas.

ESFENA, RUTILO Y LEUCOXENO

Los minerales de titanio son bastante abundantes y comunes en las volcanitas. Unas veces configuran restos de ferromagnesiano (foto 27), cristal o clasto lixiviado. Otras parece diseminado como producto liberado a partir de la cloritización del material vítreo.

APATITO

Accesorio común, la mayoría de las veces con hábito prismático.

CIRCON

Es también un accesorio común, a veces con relativa buena talla y estructura zonada y con halos pleocroicos en contacto con la clorita.

TURMALINA

Accesorio poco común de algunos metasedimentos.

BARITA

Su presencia es muy local, únicamente en ambientes carbonatados, en barritas prismáticas.

CAOLIN

Al igual que los dos anteriores, es un mineral poco frecuente. Suele acompañar a los productos de relleno de fracturas (foto 23). Algunas de ellas son monominerales (caolín exclusivamente).

CONSIDERACIONES MICROTECTONICAS

Microscópicamente se observan dos de las fases de deformación que afectaron a la zona durante la hercínica.

La estratificación queda en gran parte enmascarada por la esquistosidad de subflujo (S_1), bien desarrollada, penetrativa y que viene marcada especialmente por los filosilicatos.

La esquistosidad de fractura (S_2) abarca todos los rangos. Así (foto 15), en el ángulo superior izquierdo se observan microfallas discontinuas y *stran slip* en la parte central, y ligeras crenulaciones, son visibles entre otras (fotos 16 y 17).

5. CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES

El yacimiento de Aznalcóllar es un yacimiento pre-tectónico, que al igual que el resto de la Faja Pirítica fue afectado por varias fases de deformación de la Orogenia Hercínica, de las cuales la principal dio lugar a una esquistosidad de flujo que, en muchos casos, ha borrado la estratificación. El metamorfismo que acompañó a la primera fase es de bajo grado, y pertenece a las facies de los esquistos verdes.

En general, la mayoría de los autores admiten una cierta uniformidad en la historia estructural de la zona.

El plegamiento general de toda la zona corresponde principalmente a la fase Astúrica, que tuvo lugar entre el Westfaliense y el Estefaniense.

La estructura regional se caracteriza por una tectónica en escamas. En la zona de Aznalcóllar se observa una serie de accidentes cabalgantes hacia el sur. FELGUEROSO et al. (1973) distinguen los tres siguientes: Escama norte, Escama del río Crispinejo y Escama sur. La mina de Aznalcóllar está situada en la Unidad del río Crispinejo, en la que se han reconocido las siguientes fases de deformación:

Primera Fase

Es la fase principal y da lugar a las estructuras presentes del área de la mina. Producen pliegues isoclinales, apretados y de vergencia sur, cuyos ejes tienen una orientación aproximada EO.

Un corte esquemático generalizado de Aznalcóllar (fig. 3) muestra el estilo tectónico de estos pliegues.

Como es normal en este tipo de pliegues, los flancos inversos suelen estar fallados, dando lugar a una «tectónica en escamas», llegando incluso a originarse cabalgamientos subparalelos a la esquistosidad.

En detalle, la masa de pirita denominada «Fión Sur», muestra este estilo de plegamiento (foto 28) con ejes de dirección N 100-110° E y planos buzando 50-60° N.

Esta primera fase originó una esquistosidad de

flujo (S_1) que buza al N, y que se observa tanto en las pizarras como en las rocas piroclásticas.

La estratificación (S_0) queda enmascarada por la esquistosidad (S_1) en muchos casos. Si bien, en algunas zonas se observa claramente la lineación (L_1).

El comportamiento de los materiales es diferente de acuerdo con su litología, como se pone de manifiesto en el contacto mecánico que se observa entre la riolita y las pizarras negras y a favor del cual se han formado cuarzos de segregación (foto 5).

Estas deformaciones están acompañadas por un metamorfismo regional epizonal, sintectónico ($S_{in}F_1$), de grado débil, que determina la orientación de los minerales, en especial de los filosilicatos.

Segunda Fase

La segunda fase de deformación produce pliegues de menor amplitud y dirección entre 90° E y 120° E, coaxiales con los de la primera, y que tienen también vergencia sur. Son pliegues asimétricos, con el flanco septentrional más desarrollado y con menor ángulo de buzamiento que el meridional, que van acompañados de una esquistosidad (S_2) de fractura, de dirección aproximadamente E-O y buzamiento norte, que nunca llega a alcanzar el desarrollo y la intensidad de la (S_1). La esquistosidad (S_2) se observa localmente y sólo en los materiales más pelíticos, donde se manifiesta por lo general como una crenulación (foto 16) o una esquistosidad de pliegue fractura (foto 15).

Este segundo período, que deforma las estructuras de la primera fase, ha sido considerado en esta zona como de edad Estefaniense (SCHERMERHORN, 1971).

Tercera Fase

Son deformaciones tardías que, en algunas zonas dan lugar a verdaderos *Kink-bands* de dirección E-O (foto 29). Estas estructuras pueden ser conjugadas y según HERNÁNDEZ ENRILE (1981) estarían relacionadas con la tectónica de cabalgamiento y fallas inversas posteriores a las dos primeras fases de deformación.

TABLA 1

MAGMATICO		FASE PRINCIPAL DE DEFORMACION (1)		FASE (2)	
Ortomagmático y sedimentario	Postmagmático	Episodio metamórfico	Tardí post	Sincinemático	Sin-post
Q ₁ Plagioclasas Op Apatito Circón Turmalina *	Q ₂ Carbonato K-feldespato Plagioclasa Rutilo Esfena	Q ₃ chl _{1,2} Sericita Siderita Esfena Rutilo Mat. carbonosa	Q ₄ chl ₃ Plagioclasa K-feldespato Siderita Mica blanca Barita Caolín	Esquistosidad de= Fractura	Q ₅ Carbonatos Oxido de Fe
* Sólo detrítica	Hidrotermalismo Ligado al proceso exalativo	Desvitrificación recristalización en condiciones metamórficas	Hidrotermalismo ligado al metamorfismo		Actividad fisural restringida

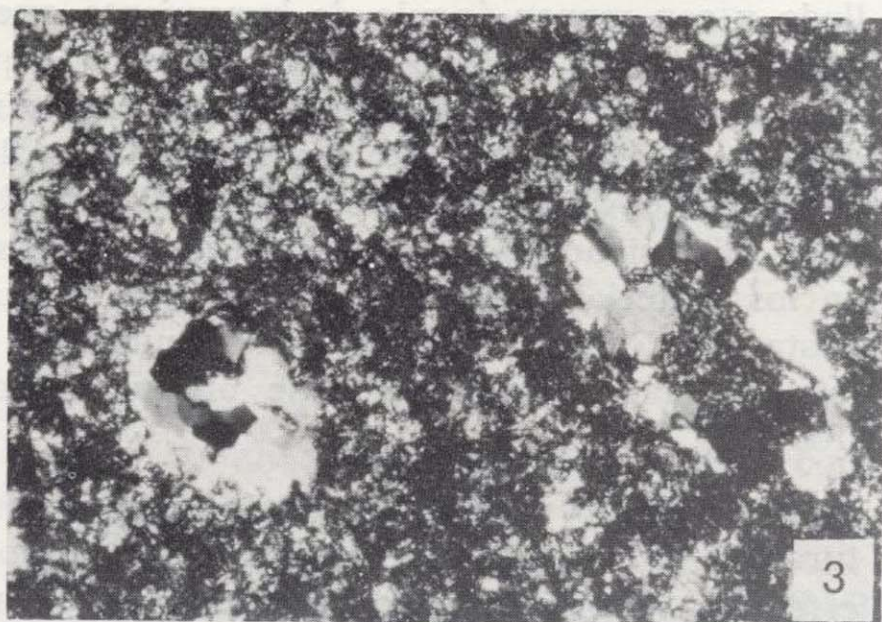
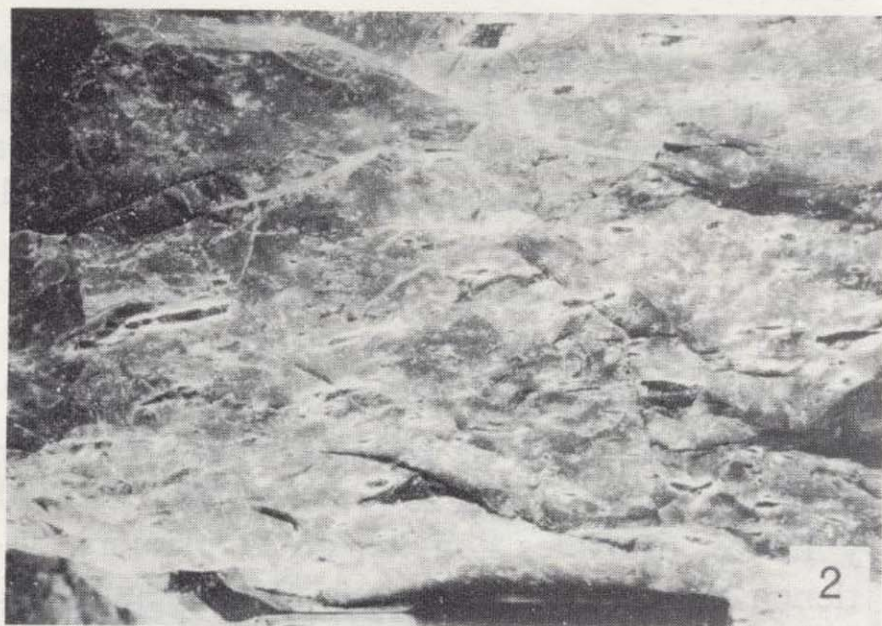
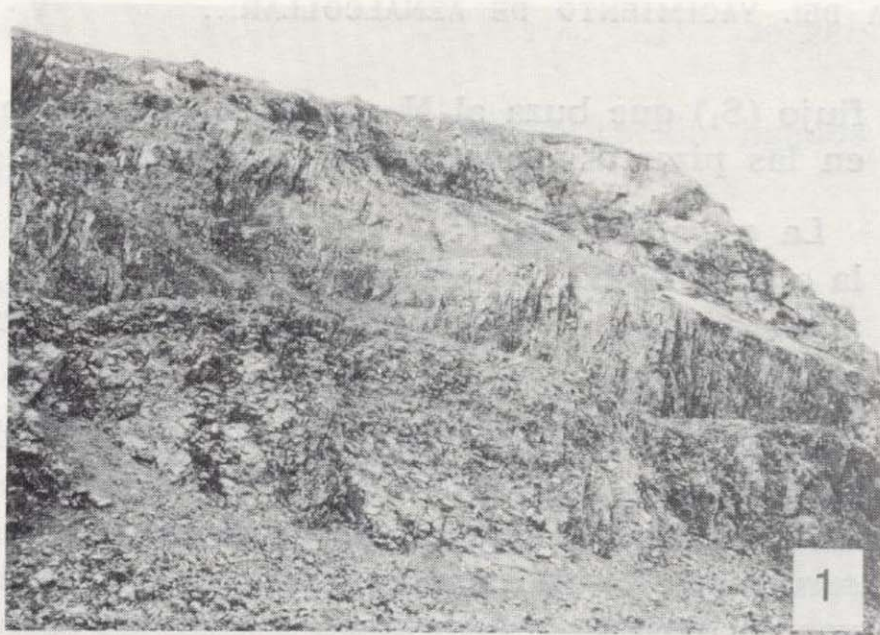


Foto 1.—Aspecto del Cerro de la Felsita desde el fondo de la corta de Aznalcóllar. Obsérvese la marcada disyunción prismática pseudocolumnar de la intrusión riolítica, que está fuertemente silicificada.

Foto 2.—Detalle de la riolita (Felsita) en el que se pueden observar las abundantes vacuolas, característico de una lava tan viscosa, rellenas de producto de alteración hidrotermales, especialmente clorita, cuarzo, carbonatos y hematites.

Foto 3.—Secc. Trans. L N×25. Aspecto de la riolita vacuolar que intruye la serie de Aznalcóllar en el extremo SE de la corta. Las vacuolas están rellenas, en este caso de cuarzo y clorita (derecha) y cuarzo y hematites (izquierda).

Foto 4.—Sec. Trans. N C×25.

A muro del Filón Sur, los esquistos sericíticos se han formado por el metamorfismo de un material cinerítico que contiene abundantes fragmentos detríticos de cuarzo, feldespatos y otros minerales volcánicos muy alterados.

Foto 5.—Detalle del contacto mecánico que forma el muro del Filón Sur entre la riolita (derecha) y las pizarras carbonosas (izquierda). Obsérvese que la superficie de contacto está resaltada por los cuarzos de exudación en las pizarras.

Foto 6.—Sec. Trans. N C×25.

Toba dacítica fuertemente sericitizada y piritizada, amigdular. Las vacuolas tienen un borde de plagioclasa sericitizada y están rellenas de cuarzo y sericita. Obsérvese las plagioclasas fuertemente sericitizadas a la izquierda de la primera figura.

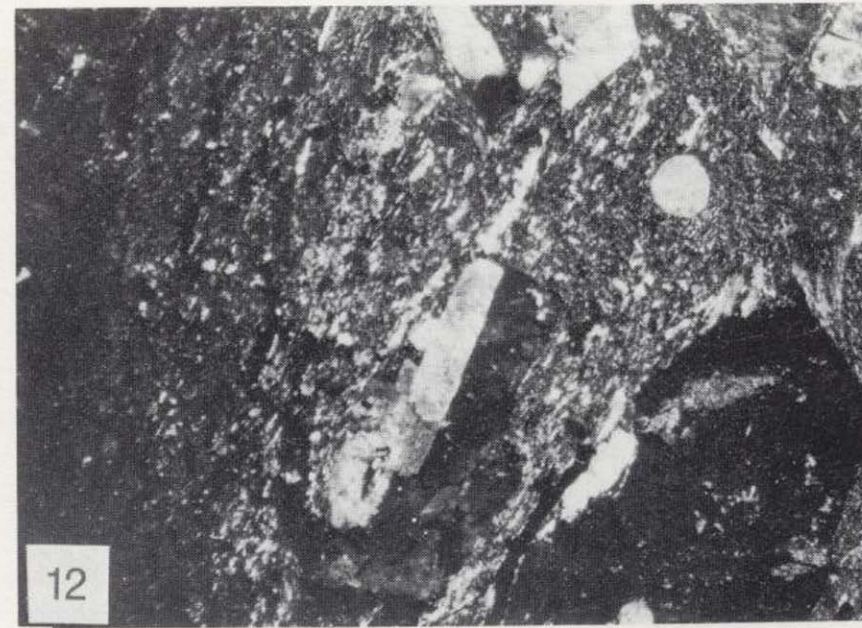
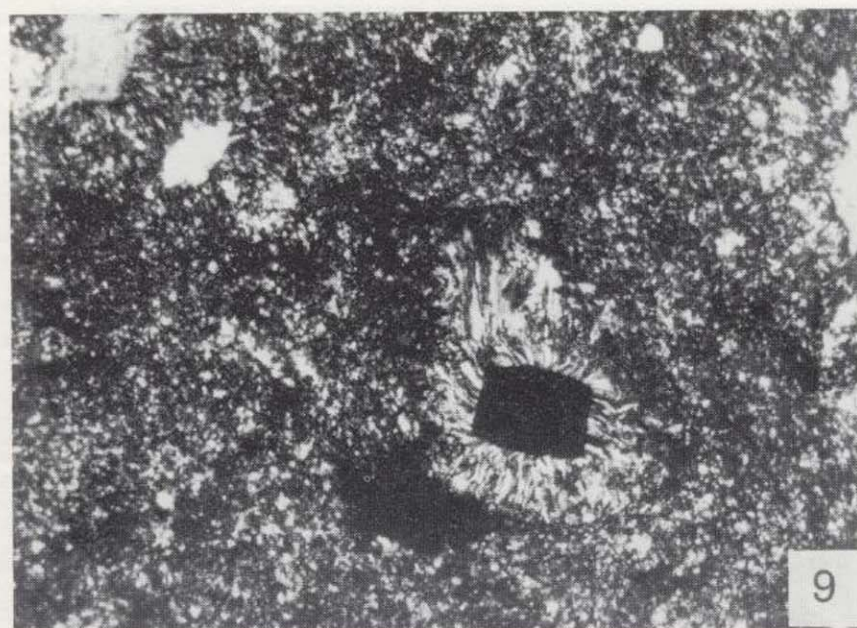
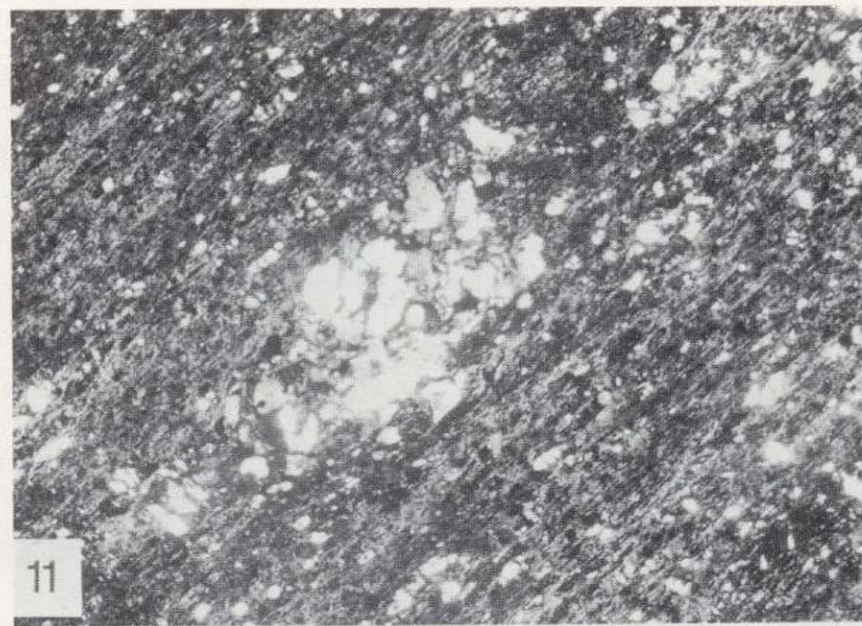
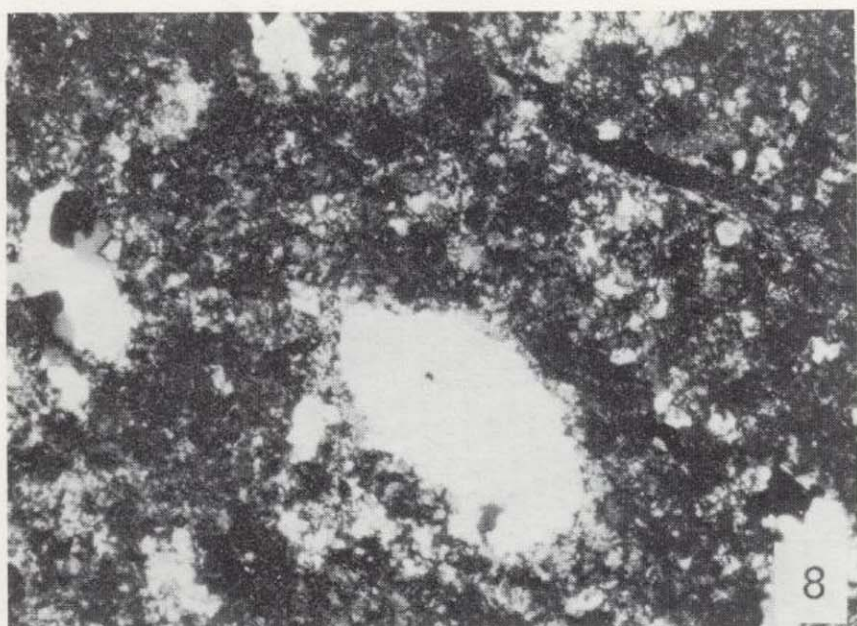
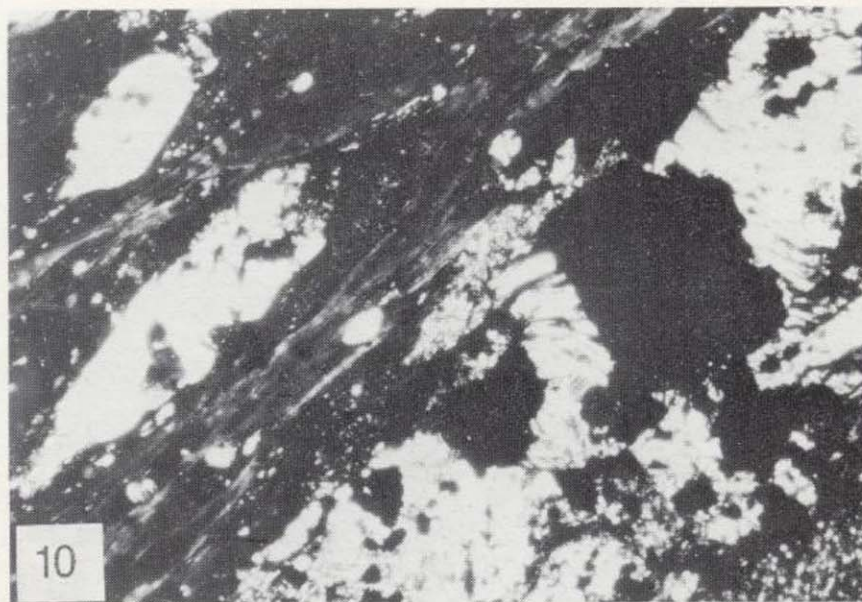
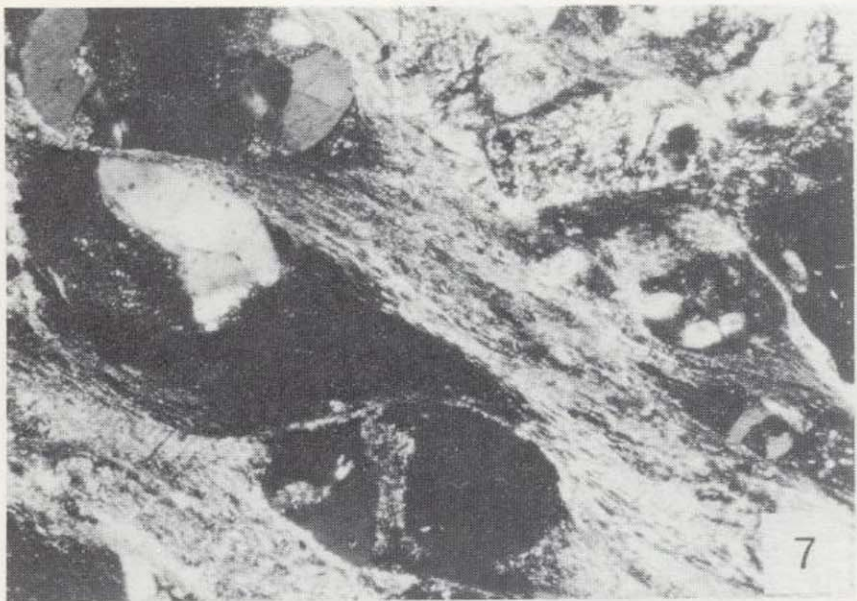


Foto 7.—Sec. Trans. L N×25.

Aspecto de las tobas riolíticas cristalinas situadas entre los Filones Sur y Medio. Obsérvese los abundantes cristales de cuarzo y feldespatos, con figuras de corrosión y fuertemente sericitizadas, respectivamente, y la textura fluidal de la matriz.

Foto 8.—Sec. Trans. N C×25.

Otro aspecto de la felsita, en el que se ve, junto a dos vacuolas ocupadas por cuarzo y hematites, otra rellena de calcita (centro).

Foto 9.—Sec. Trans. N C×16.

Lava cuarzo clorítica desvitrificada. Restos de fenocristales de cuarzo (blanco) y pirita cuadrangular rodeada de cuarzo fibroso Q_3 . El Q_3 está flexionado por la tendencia de la pirita a rotar.

Foto 10.—Sec. Trans. L N×25.

Aspecto de las tobas cuarzo-cloríticas mineralizadas que separan al Filón Silillos del llamado «Piroclasto Cuprífero». En ellas se pueden apreciar las figuras de carga producidas por los cristales de cuarzo en la matriz cinerítica y los abundantes sulfuros de hierro que, junto con el cuarzo hidrotermal, fue depositado durante los procesos fumarólicos.

Foto 11.—Sec. Trans. N C×6,3.

Cinerita cuarzo-clorítica. Detalle de fenoclasto lítico de cuarzo y clorita, dispuesto a favor de la esquistosidad S_1 (en diagonal).

Foto 12.—Sec. Trans. N C×6,3.

Toba cuarzo-queratofídica gruesa. Obsérvese parte de un clasto lítico con fenocristales de cuarzo corroído y exagonal; plagioclasa maclada en Carabald y fraccionada, matriz tobácea esquistosa.

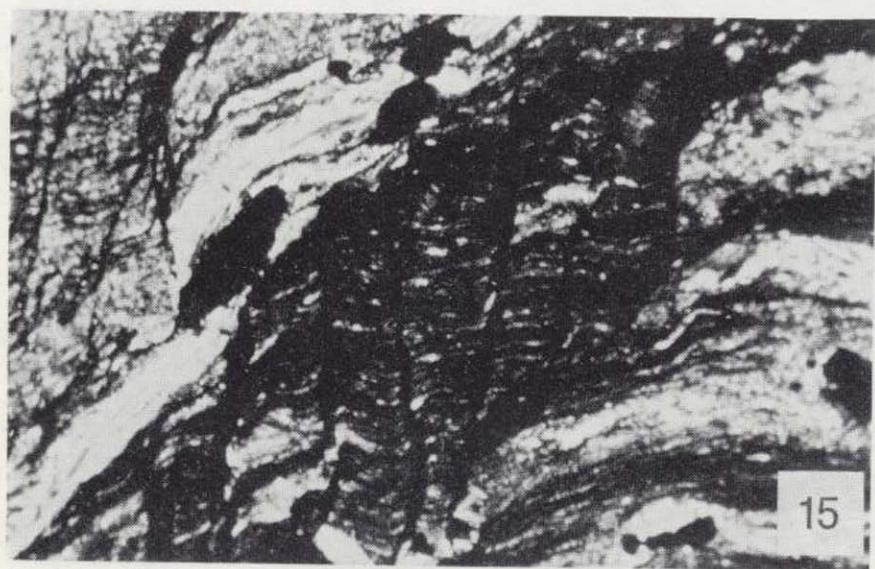
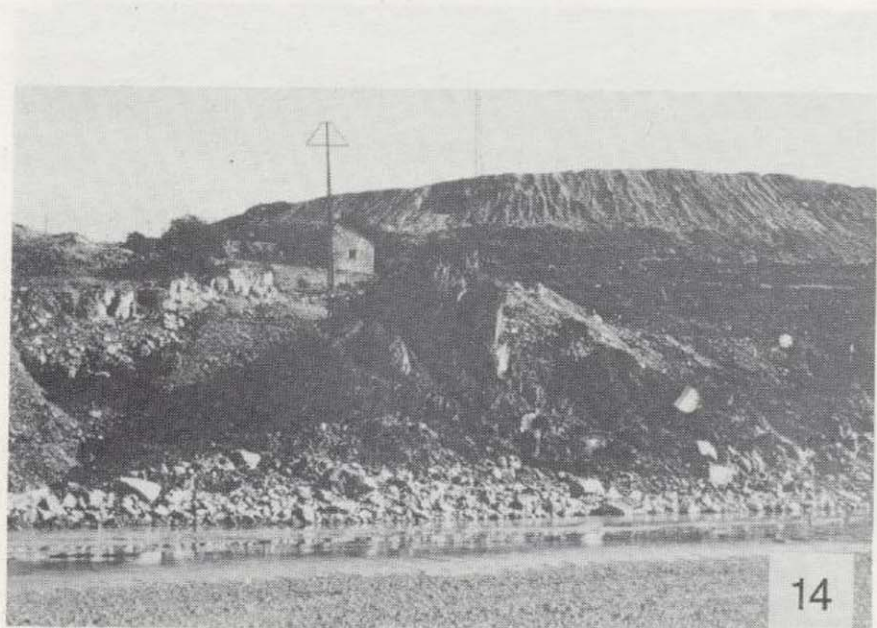
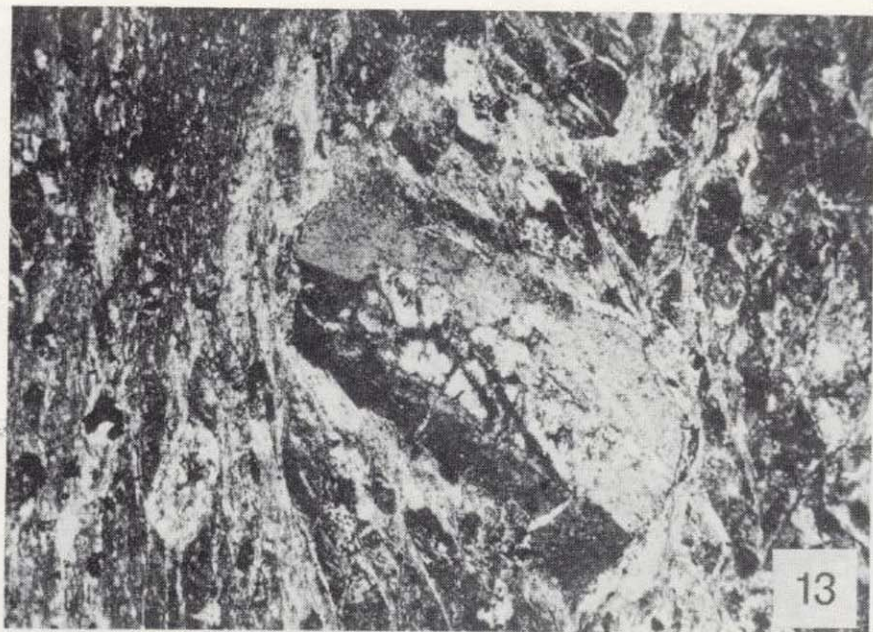


Foto 13.—Sec. Trans. N C×10.
Toba riolítica. Obsérvese fragmento cristalino de plagioclasa maclada en estado de potasificación, núcleo argilítico.

Foto 14.—Aspecto de la brecha volcánica que aflora entre las lavas riolíticas y las rocas piroclásticas en el extremo oriental de la corta de Aznalcóllar. Esta brecha representaría un episodio explosivo del emplazamiento de la felsita.

Foto 15.—Sec. Trans. N C×10.
Pizarra limolítica. Dos esquistosidades bien visibles, la primera principal (S_1) en sentido horizontal cruzada por la segunda en forma de microfallas marcadas por la materia carbonosa (izquierda superior y vertical) y en forma de *strain slip* (en el centro).

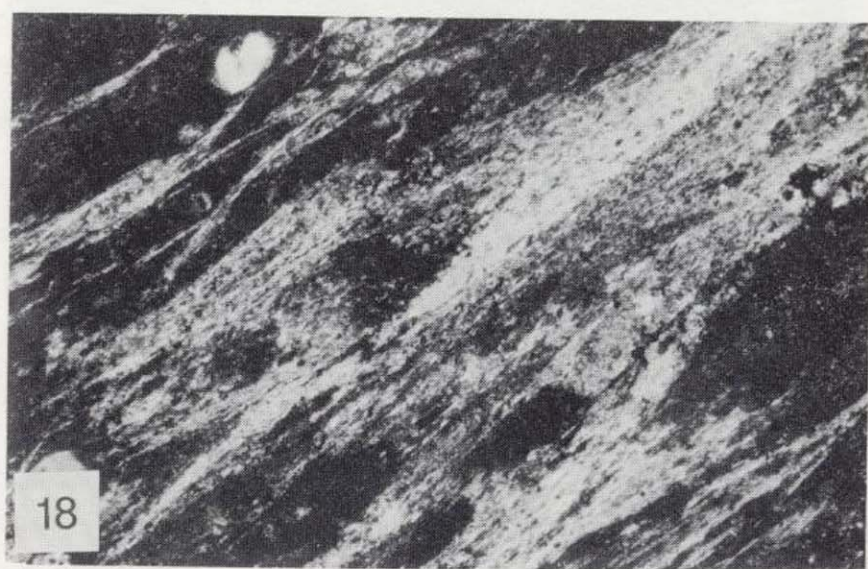
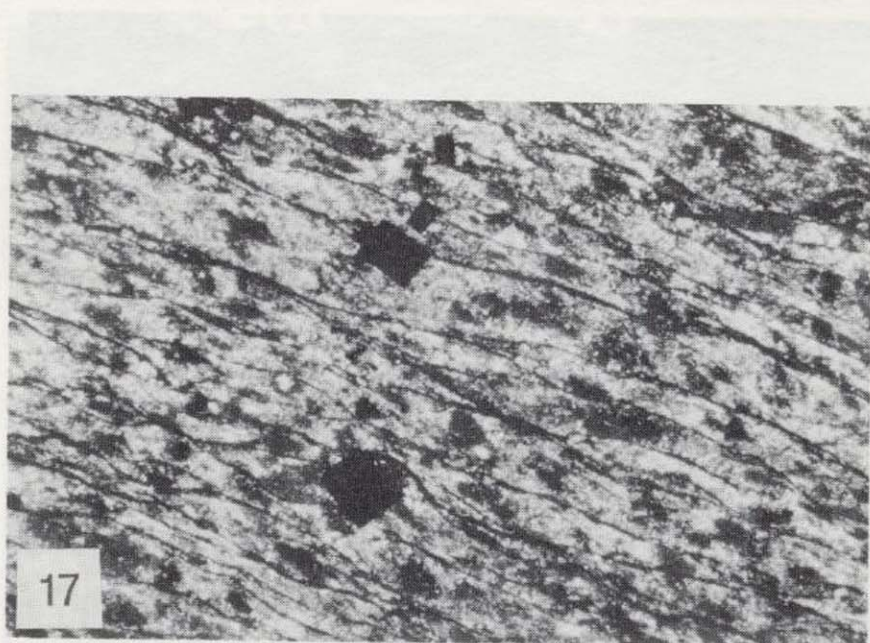
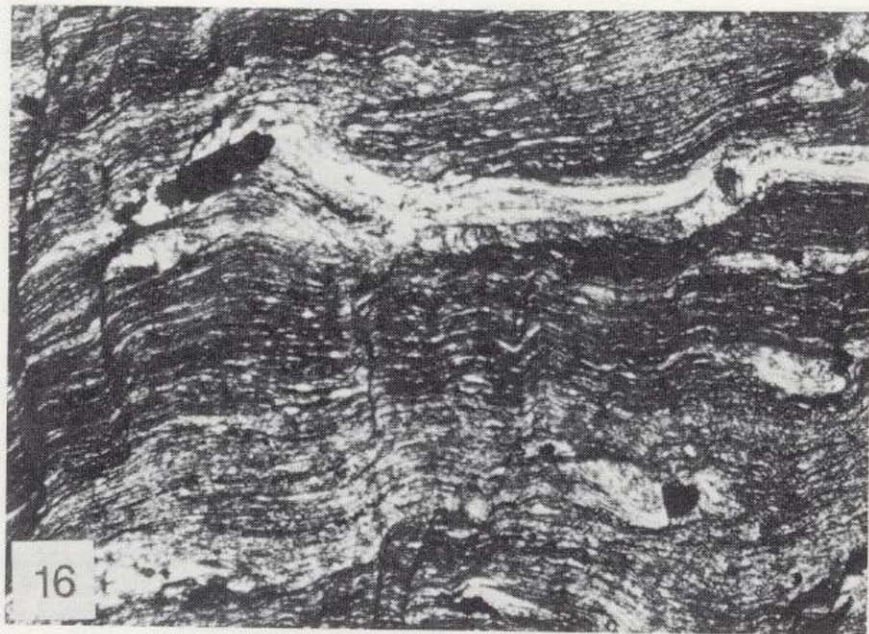
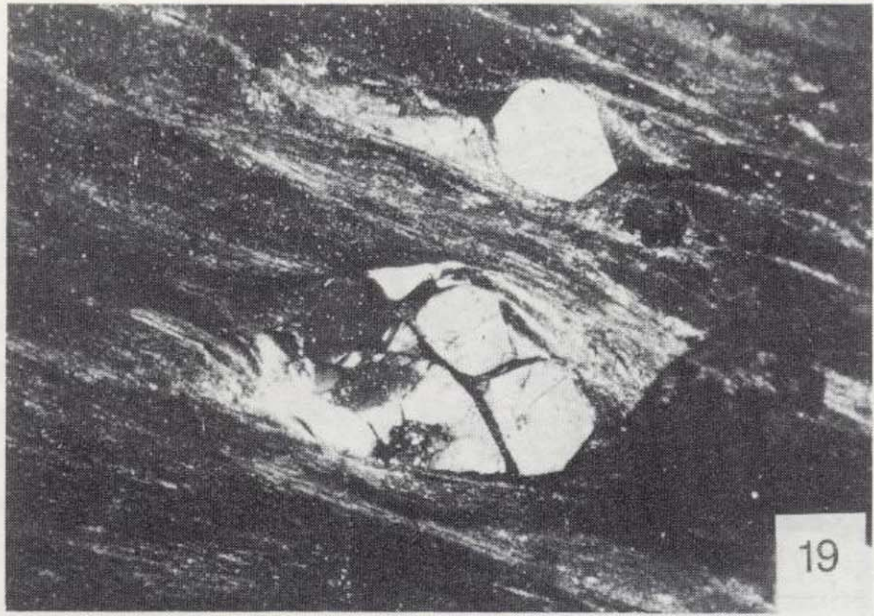


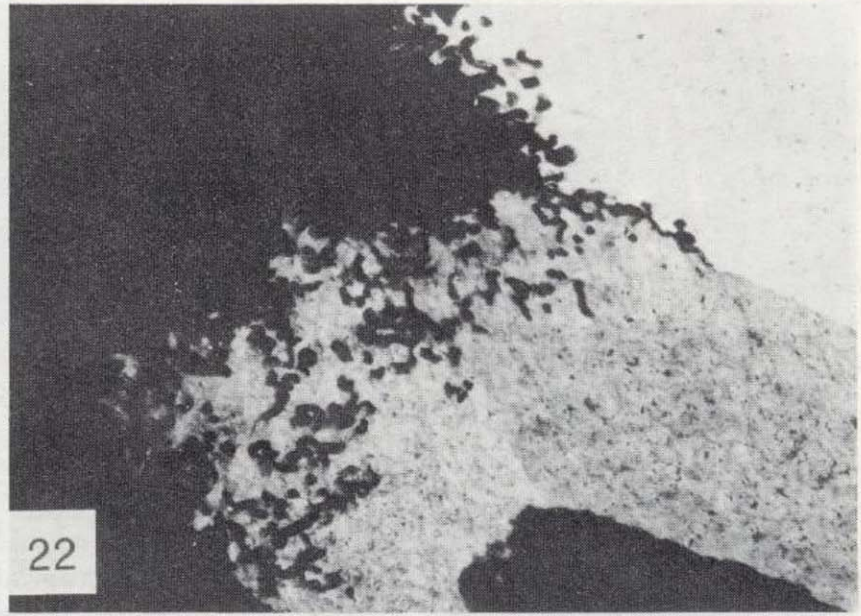
Foto 16.—Sec. Trans. N C×10.
Pizarra limolítica, dada su condición pelítica puede observarse el efecto de crenulación de la segunda esquistosidad.

Foto 17.—Sec. Trans. N C×25.
Asociados a los esquistos sericíticos del muro, representados en la foto 4, aparecen unos niveles de silexitas, correspondientes al metamorfismo de un chert carbonoso y con abundantes sulfuros de hierro, que demuestran el ambiente fuertemente reductor de la cuenca sedimentaria. En este caso, la S_1 , que coincide generalmente con la S_0 , aparece ligeramente crenulada.

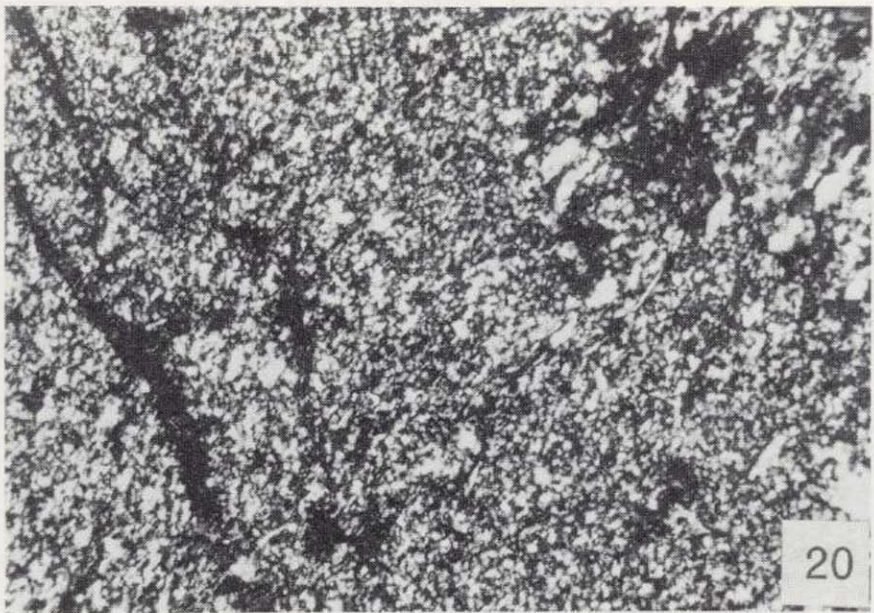
Foto 18.—Sec. Trans. L×25.
Esquisto sericítico y clorítico procedente del autometamorfismo de una toba cinerítica.



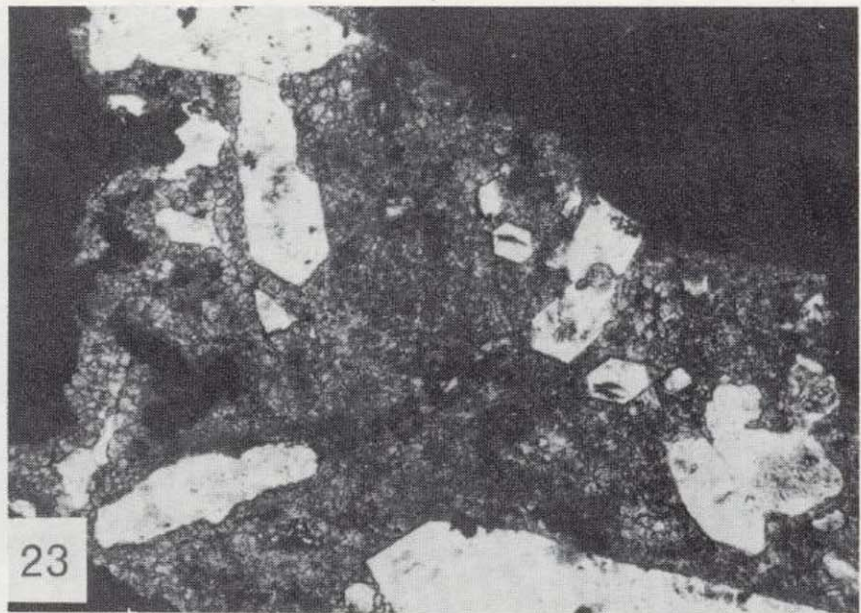
19



22



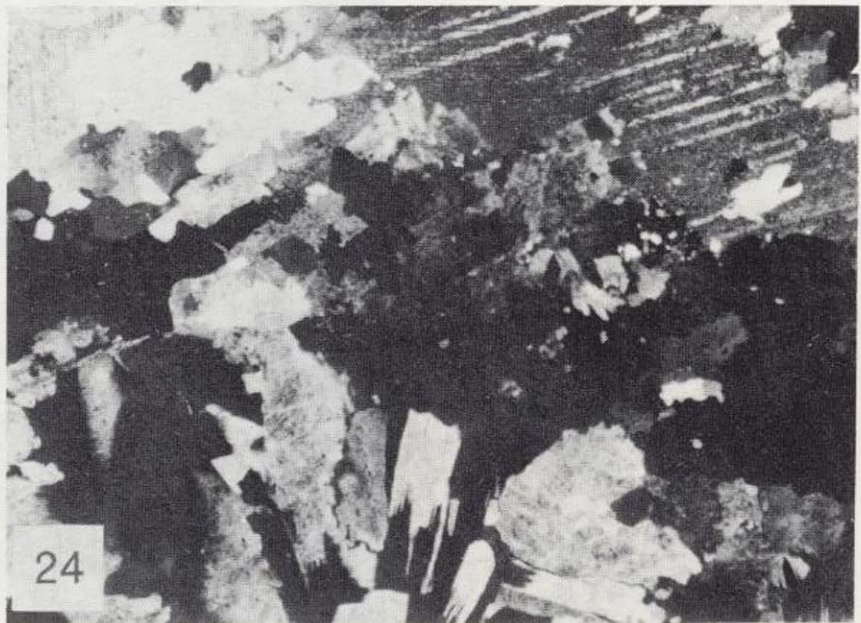
20



23



21



24

Foto 19.—Sec. Trans. N C×10.

Cinerita pelítica. Clastos exagonales de cuarzo ígneo (Q_1) y otro mayor fragmentado (centro). Obsérvese las colas de presión, pronunciadas sobre fondo pelítico, como producto de desvitrificación.

Foto 20.—Sec. Trans. N C×25.

Cinerita pizarrosa con una gran silicificación por efecto del hidrotermalismo fumarólico. Masa microcristalina de cuarzo y clorita. Esquistosidad principal S_1 (en sentido diagonal) mal desarrollada.

Foto 21.—Sec. Trans. N C×6,3.

Cinerita silíceá atravesada por fractura rellena de cuarzo prismático (Q_4) radial, en compañía de clorita vermicular.

Foto 22.—Sec. Trans. N C×16.

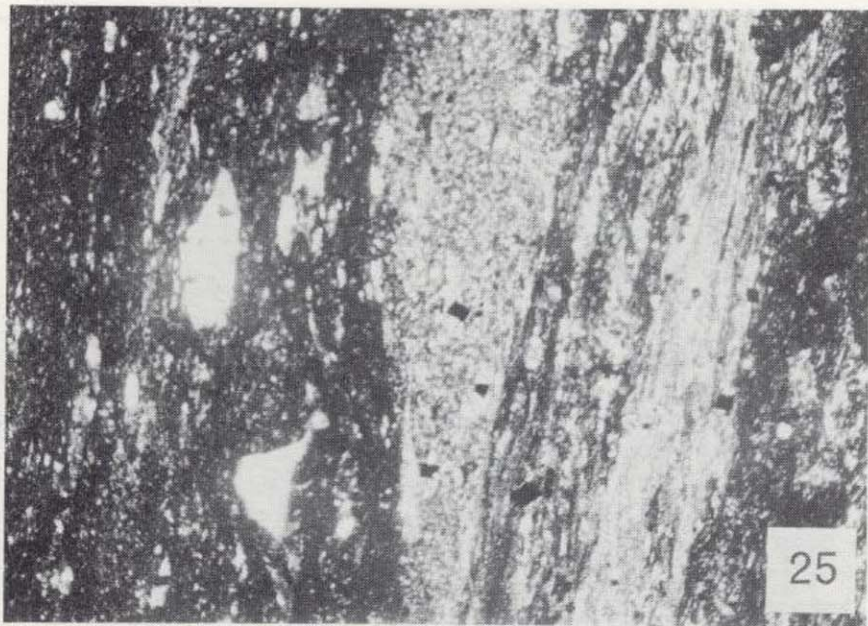
Detalle de la foto anterior, obsérvese el cuarzo (Q_4) con mayores aumentos y la clorita vermicular.

Foto 23.—Sec. Trans. N C×16.

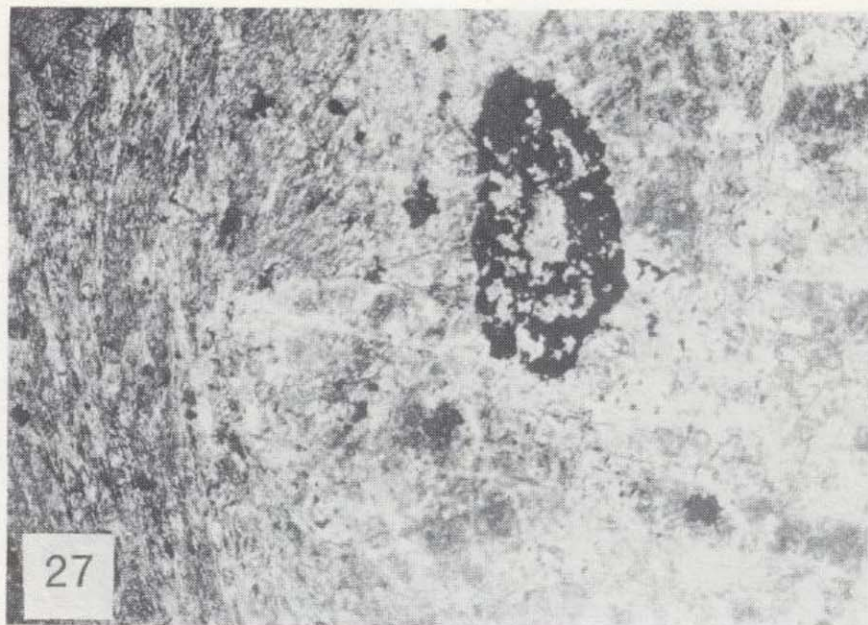
Pirita masiva con vetilla rellena de cuarzo (Q_5) en prismas automorfos (blanco), siderita (fondo gris) y caolín microlaminar raro.

Foto 24.—Sec. Trans. N C×10.

Asociación formada por cuarzo (Q_4) blanco, situado en la zona superior, calcita finamente maclada y plagioclasa (dominante) con maclado polisintético y tipo sierra.



25



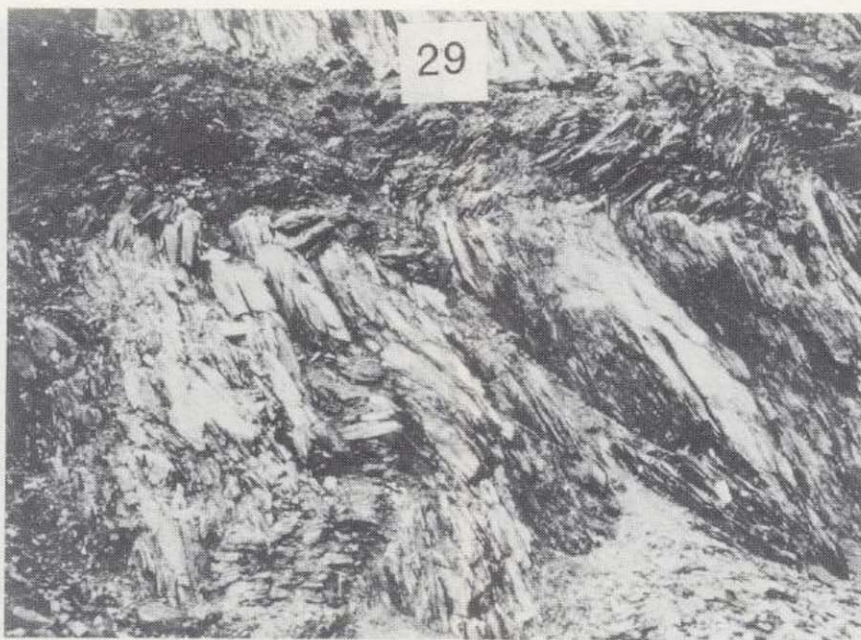
27



26



28



29

Foto 25.—Sec. Trans. N C×12,5.
Toba cuarzo-clorítica. Detalle de un clasto lítico fusiforme dispuesto paralelo a la esquistosidad S_1 .

Foto 26.—Sec. Trans. N C×10.
Tufita. Obsérvese los lechos de pirita, junto con bandas de sericita (claras) y otras de clorita (oscuras) y clastos de cuarzo ígneo (Q_1). Obsérvese el cambio lateral de facies tan acusado.

Foto 27.—Sec. Trans. L N×10.
Toba cuarzoqueratofídica. Obsérvese cristal fantasma de ferromagnesiano, enmarcado por un rosario de pequeños cristales de esfena (negro).

Foto 28.—Panorámica del anticlinal de la corta de Aznalcóllar. El eje lleva dirección N 100-115° E y buza al O. En la fotografía se aprecian las rocas encajantes del Filón Sur (centro), desde la riolita (derecha) a la masa Silillos (izquierda).

Foto 29.—Detalle de los *Kink bands* conjugados en las pizarras de la rampa de bajada en el muro de la mineralización.

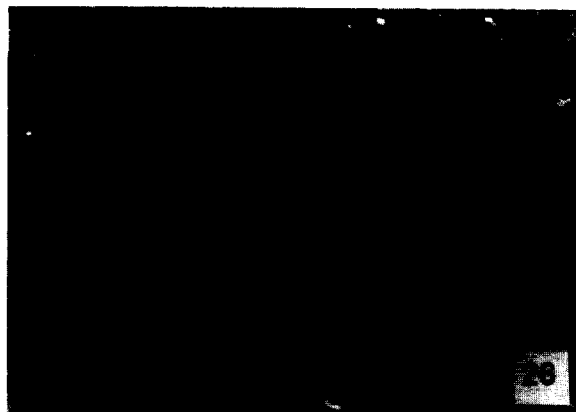
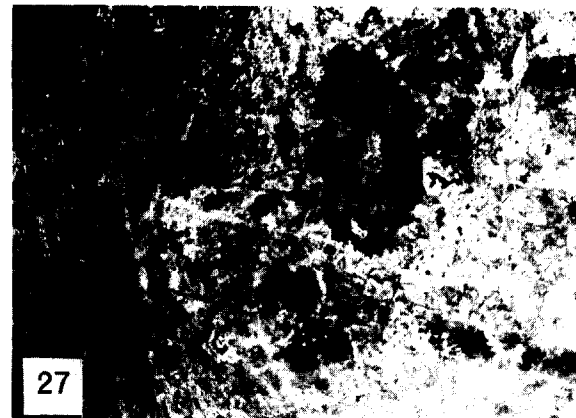


Foto 25.—Sec. Trans. N C×12,5.
Toba cuarzo-clorítica. Detalle de un clasto lítico fusiforme dispuesto paralelo a la esquistosidad S_1 .

Foto 27.—Sec. Trans. L N×10.
Toba cuarzo-ferromagnésica. Obsérvese cristal fantasma de ferromagnésico, enmarcado por un rosario de pequeños cristales de esfena (negro).

Foto 26.—Sec. Trans. N C×10.
Tufita. Obsérvese los lechos de piritita, junto con bandas de sericita (claras) y otras de clorita (oscuras) y clastos de cuarzo ígneo (Q_1). Obsérvese el cambio lateral de facies tan acusado.

Foto 28.—Panorámica del anticlinal de la corta de Aznalcóllar. El eje lleva dirección N 100-115° E y buza al O. En la fotografía se aprecian las rocas encajantes del Filón Sur (centro), desde la riolita (derecha) a la masa Silillos (izquierda).

Foto 29.—Detalle de los *Kink bands* conjugados en las pizarras de la rampa de bajada en el muro de la mineralización.

TECTONICA DE FRACTURACION

Se pone de manifiesto, por un sistema de fallas conjugadas de desgarre tardihercínicos, que pueden presentar saltos de algunos centenares de metros. Según su orientación, pueden ser fallas longitudinales y transversales. Las primeras son paralelas a la esquistosidad y llevan dirección aproximadamente E-O, mientras que las segundas atraviesan a aquélla con un gran ángulo, en dirección NE-SO. Asociados a estas fallas, se encuentran localmente pliegues de eje vertical o sub-vertical y dirección N-10° - 30°-E que coinciden con la cuarta fase de HERNÁNDEZ ENRILE.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a la doctora AURORA ARGÜELLES, y a los doctores ANTONIO ARRIBAS y PABLO GUMIEL por su continua ayuda.

BIBLIOGRAFIA

- CAÑEDO, F., y CONTRERAS, J.: *Proyecto de explotación de Minas de Aznalcóllar*. «J. Minero Metalúrgicas», t. VI, Bilbao, pp. 15-38 (1975).
- FELGUEROSO, C.; LÓPEZ VILCHEZ, L.; HERNÁNDEZ ENRILE, J. L., y AGUILAR, M.: *Estudio Geológico-Minero de los permisos de Aznalcóllar*. Compañía General de Sondeos, S. A., Madrid, abril (1973).

FERNÁNDEZ ALVAREZ, G.: *Los yacimientos de sulfuros polimetálicos del SW Ibérico y sus métodos de prospección*. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca, Facultad de Ciencias.

HERNÁNDEZ ENRILE, J. L.: *Marco Geológico Estructural de los yacimientos de sulfuros de Aznalcóllar (Región Oriental de la banda Piritica Ibérica)*. Reunión de Xeología e Minería do Noroeste Peninsular (1981).

HOFSTETTER, J. P.: *L'amas sulfure a Cu-Pb Zn D'Aznalcóllar (Sevilla). España. Geologie, Paleogeographie et metallogenie de l'extremite sud-orientale de la ceinture sud-iberique*. Thesis 3, Ciclo Universidad Pierre Marie Curie, París (1980).

LOTZE, F.: *Zur Gliederung der Vazisziden der Iberischen Meseta*. «Geolekt. Forsch», núm. 6. 78-92 pp. Berlín (traducido por J. M. Ríos: *Observaciones respecto a la división de las variscides de la Meseta Ibérica*. «Publ. Extr. Geol. Esp.», tomo V, 149-166 pp., Madrid, 1950) (1945).

SCHERMERHORN, L. J. G.: *The Deposition of Volcanics and Pyritite in the Iberian Pyrite Belt*. «Mineral Deposita» (Berl.), 5, pp. 273-279 (1970).

SCHERMERHORN, L. J. G.: *An outline stiatigraphy of the Iberian Pyrite Belt*. «Bol. Geol. y Min.», t. 82, pp. 239-268 (1971 a).

SCHIPPERS, H.: *Una contribución al problema de la explotación económica de depósitos minerales sedimentarios de fuerte buzamiento por el método denominado a cielo abierto. Depósito de Cu-Pb y Zn y Piritita de Aznalcóllar, provincia de Huelva (España)*. Congreso Mundial de Minería, Lima (Perú) (1974).

SOLOMON, M.: *Volcanic massive sulphide deposits and their host rocks. A review and on exploration*. «Handbook of Strata-bound and stratiform Ore deposits», vol. 6, cap. 2, pp. 20-49. Wolf Editor (1976).

Recibido: Septiembre 1984

AGUAS SUBTERRANEAS

Tratamiento automático de limnigramas en microcomputador (1)

Por J. JAVIER CRUZ SAN JULIAN (2)

RESUMEN

Se describe el método puesto a punto en el Departamento de Geomorfología y Geotectónica de la Facultad de Ciencias de Bilbao de la Universidad del País Vasco para el tratamiento automático de limnigramas en microcomputador. Dicho tratamiento incluye, en primer lugar, la digitalización automática del limnigrama mediante tableta gráfica; en segundo lugar, el cálculo del caudal cada dos horas, el caudal medio diario, el caudal medio mensual (así como los logaritmos decimales o los valores $1/\sqrt{Q}$ correspondientes) y la aportación volumétrica mensual; finalmente, los resultados citados se obtienen en forma de tablas y gráficos. La configuración necesaria para este tratamiento está constituida por la unidad central, monitor, impresora, dos unidades (o sólo una) de disco, tableta gráfica y «plotter». El tiempo empleado en el tratamiento completo de un limnigrama mensual es del orden de 15 minutos, incluyendo la impresión de los resultados.

RESUME

On décrit la méthode mise au point dans le Département de Géomorphologie et Géotectonique de la Faculté des Sciences de Bilbao de l'Université du Pays Basque pour le traitement automatique de limnigrammes sur microprocesseur. Ce traitement comporte, tout d'abord, la digitalisation automatique du limnigrama à l'aide de la table graphique; ensuite, le calcul des débits toutes les deux heures, les débits moyens journaliers, le débit moyen mensuel (ainsi que les logarithmes décimaux ou les valeurs $1/\sqrt{Q}$ correspondants) et l'apport volumétrique mensuel; en fin, tous les résultats sont édités en tableau et graphiquement. L'équipe nécessaire pour ce traitement est constitué par: unité centrale, écran, imprimante, deux unités (ou seulement une) de disquette, table graphique et «plotter». Le temps employé dans le traitement complet d'un limnigrama mensuel est de l'ordre de 15 minutes, y comprise l'édition des résultats.

1. INTRODUCCION

No es necesario insistir en el interés creciente que alcanza día a día el tratamiento automático de datos en los más diversos campos de la Ciencia.

Naturalmente, los datos hidrológicos no podían sustraerse a esta tónica, máxime cuando se trata de series de diversa naturaleza, con frecuencia cronológicas, de considerable longitud.

(1) No se considera procedente la inclusión del programa detallado en el artículo, pues el listado correspondiente tiene una decena de páginas de impresora. En cuanto a su disponibilidad, es total; basta para ello que los interesados se pongan en contacto con este Departamento, donde puede ser utilizado libremente.

(2) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias de Bilbao. Universidad del País Vasco. Bilbao.

Un buen ejemplo de ello lo representa el tratamiento de limnigramas convencionales que añade la complejidad adicional de requerir, por una parte, una digitalización previa de los datos experimentales, obtenidos en forma de un gráfico continuo, y, por otra, la presentación de los resultados de los cálculos en forma gráfica, además de en las oportunas tablas.

Todo ello confiere al tratamiento manual de tales datos una considerable lentitud, al par que una cierta pérdida de información, pues los cálculos $[Q=f(h)$, en el caso que nos ocupa] se realizan tan sólo sobre una serie de puntos (ya sea equidistantes, ya sea especialmente significativos: crestas, mínimos, etc.), interpolando el resto.

Cuando el número de estaciones de aforo a con-

trolar es relativamente elevado parece inevitable buscar la necesaria economía del tiempo empleado en esta labor puramente mecánica, mediante la automatización del tratamiento correspondiente.

De hecho, existen algunos trabajos en los que se aborda este problema resolviendo la automatización de una parte del proceso. Es el caso, por ejemplo, del trabajo de DEREK (1971), en el que se describe el programa PLUME, que permite la representación gráfica automática de datos almacenados en memoria en un fichero en coordenadas aritméticas, logarítmicas o semilogarítmicas; sin embargo, tal procedimiento no evita todas las etapas previas de trabajo que, en el caso de obtención de un hidrograma, consistirían en la digitalización del limnigrama y los cálculos de caudales en función de las cargas facilitadas por aquél.

2. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROGRAMA

En virtud del número de estaciones de aforo instaladas por este Departamento, se procuró responder a la necesidad de automatizar el proceso de tratamiento de limnigramas mediante un equipo modesto (microcomputador), aunque capaz de adoptar una configuración dotada de los periféricos necesarios para la entrada y salida de datos en forma gráfica, labor que, de otro modo, representaría una fracción importante del tiempo total empleado en el trabajo.

Dicha configuración consta de una unidad central (Apple II), con el correspondiente monitor, impresora (CX-1550 de C. ITOH, de 136 columnas), Tableta gráfica Apple, Plotter (CX-4800 de C. ITOH) y dos unidades de disco (aunque para la ejecución de este programa bastaría con sólo una de ellas).

La primera parte del programa tiene por misión la digitalización del limnigrama. Para ello se realiza una «lectura» automática, con la tableta gráfica, del diagrama experimental, a intervalos de un milímetro, de modo que con las coordenadas resultantes se crea un fichero que se almacena en disco. Dada la escala de tiempos de los limnigramas utilizados, dicho intervalo entre dos lecturas sucesivas representa un lapso de dos horas, lo que supone una notable recuperación de la información gráfica. La precisión de la lectura, por su

parte, es más que suficiente (véase fig. 3), dado que es coherente con la precisión de la medida de la carga que parece razonable exigir en atención a la escala utilizada en los limnigramas instalados (generalmente 1:5, con menos frecuencia 1:10).

En cuanto a la mecánica de la lectura, se realiza simplemente deslizando sobre el gráfico experimental el punzón de que va provista la «tableta». Debido a que la longitud del limnigrama excede de la de la tableta, cada limnigrama mensual debe ser digitalizado en dos pasadas sucesivas sobre sendas mitades del gráfico experimental, aunque los dos ficheros creados son tratados en una sola fase de cálculo y en los gráficos de resultados aparecen sin solución de continuidad, lo que permite trabajar cómodamente con datos mensuales (*).

La segunda etapa del programa consiste en el cálculo del caudal para cada una de las lecturas de carga almacenadas en los ficheros correspondientes. Dichas subrutinas de cálculo representan la escritura en BASIC de las fórmulas habituales para vertederos de lámina delgada o de pared gruesa (en este caso hemos admitido que las pequeñas variaciones del coeficiente de desagüe entre cargas enteras sucesivas, expresadas en centímetros, son lineales) o bien el caso más complejo de traducción a dicho lenguaje de la curva de gastos obtenida experimentalmente en estaciones instaladas en secciones naturales (ver CRUZ-SANJULIÁN, ERASO y ANTIGÜEDAD, I., in litt.).

Los resultados correspondientes a este cálculo se almacenan en un fichero a partir del cual pueden obtenerse dos tipos de salidas; en primer lugar, una tabla en la que se expresan los caudales de la estación cada dos horas y el caudal medio diario, obtenido por integración numérica realizada por el propio programa, así como el caudal medio mensual (obtenido por el mismo procedimiento) y el volumen total evacuado en el período (tabla 1); dicho fichero puede ser obtenido gráficamente en plotter (fig. 1), previa la elección de la escala adecuada en función del caudal máximo facilitado en la pantalla del monitor; este plotter

(*) Una versión remozada de este mismo programa permite introducir un limnigrama mensual en una sola etapa utilizando para ello el Digitalizador WATANABE DT-1000. Se agradece a Rafael Ramón Lluch su importante labor en la adecuación del programa a esta nueva versión.

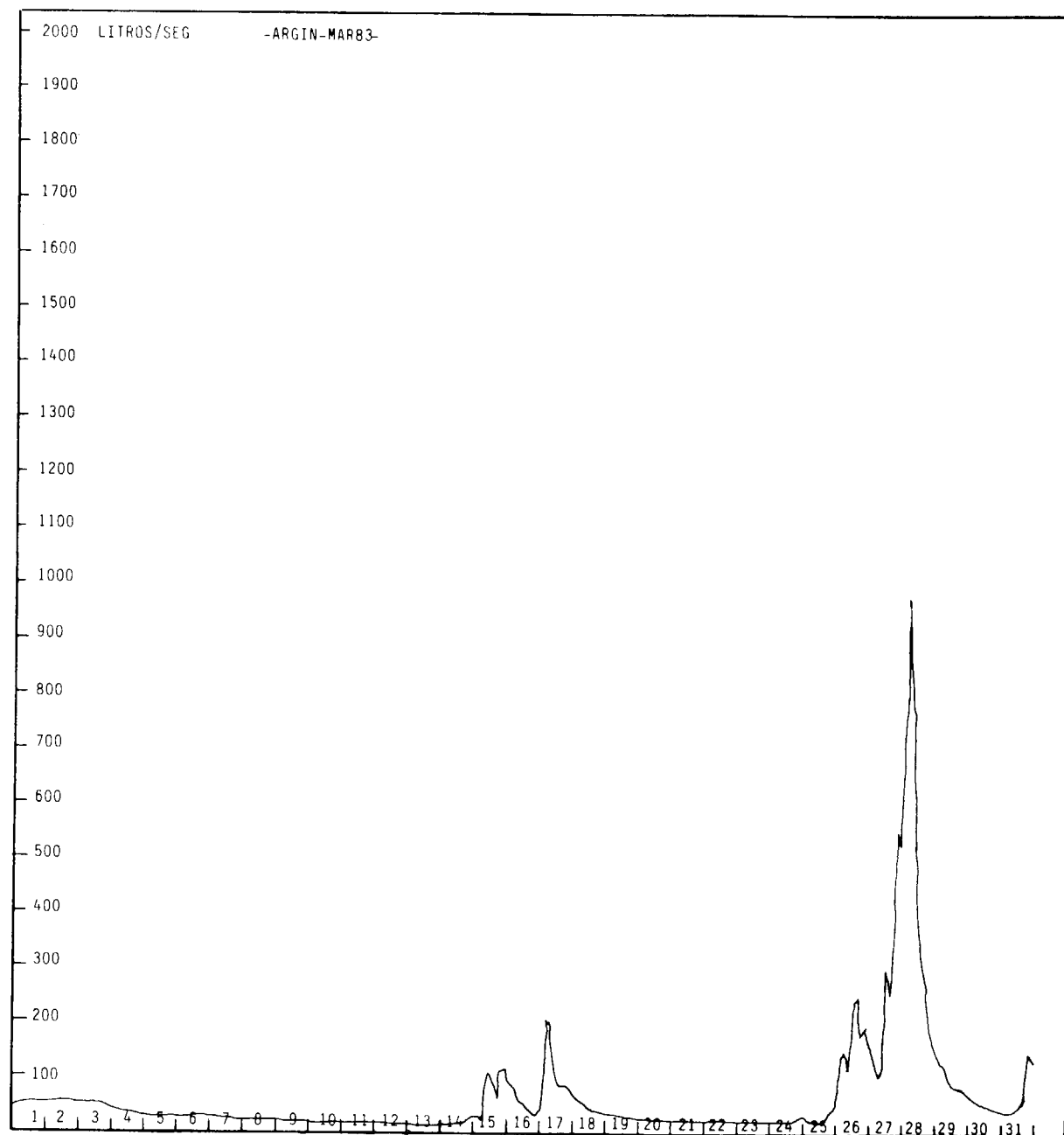


Figura 1.—Hidrograma del manantial de Argin en el mes de marzo de 1983, obtenido directamente en «plotter».

(de cuatro plumillas) admite diversos tipos de papel, entre ellos el vegetal, lo que facilita la edición de resultados; los gráficos que acompañan a este trabajo han sido obtenidos directamente en dicho periférico, aunque utilizando para ello

sólo el color negro; sus dimensiones reales son 192x204 mm. (**).

(**) Los requisitos de impresión exigieron reproducir manualmente los gráficos obtenidos directamente del «plotter» en papel vegetal.

TABLA 1

Listado de datos de caudal y aportación volumétrica mensual obtenida por el método descrito en el texto para cada estación de aforo. Los datos correspondientes a este ejemplo, mostrados en todas las tablas y gráficos de este trabajo, proceden del estudio realizado en este Departamento por A. Eraso

TABLA DE CAUDAL DE «ARGIN-MAR. 83» UNIDADES EN LITROS/SEG.

DIA	HORA												QM
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
1	53.059	53.716	54.372	55.028	55.685	56.341	56.998	57.340	57.682	58.024	58.367	58.709	53.830
2	59.051	59.393	59.736	60.078	60.420	60.763	61.105	60.568	60.032	59.496	58.959	58.423	59.847
3	57.887	57.350	56.814	56.277	55.741	55.205	54.668	54.132	53.596	53.059	51.173	49.288	54.980
4	45.680	43.957	42.235	40.592	38.949	37.906	36.863	35.820	35.077	34.333	33.590	32.846	38.839
5	32.376	31.906	31.435	30.965	30.495	30.024	30.730	31.435	32.141	32.846	30.024	30.589	31.341
6	31.153	31.717	32.282	32.846	32.564	32.282	32.166	31.717	31.435	31.153	30.871	30.589	31.717
7	30.307	30.024	29.134	28.243	27.352	28.688	30.024	27.352	27.141	26.931	26.721	26.510	28.372
8	26.300	26.089	25.879	25.668	25.458	25.247	25.037	24.826	24.562	24.297	24.033	23.768	25.211
9	23.504	23.239	22.974	22.710	22.445	21.885	21.325	20.765	20.205	20.128	20.050	19.972	21.758
10	19.894	19.816	19.739	19.661	19.583	19.505	19.247	19.349	19.272	19.194	19.116	19.038	19.505
11	18.960	18.883	18.805	18.727	18.649	18.571	18.493	18.416	18.338	18.260	18.182	18.104	18.571
12	20.205	19.905	19.605	19.305	19.535	18.705	18.405	18.104	17.973	17.842	17.711	17.580	18.717
13	17.449	17.318	17.187	17.056	16.925	16.794	16.663	16.532	16.401	16.270	16.139	16.008	16.813
14	16.794	17.122	17.449	17.777	18.104	18.973	19.841	20.709	21.577	22.445	27.352	30.024	20.116
15	32.846	27.352	24.826	30.024	94.771	111.949	89.420	74.463	65.383	111.949	115.372	118.057	71.292
16	94.771	89.512	84.253	69.835	56.998	53.059	49.288	45.680	42.235	38.949	40.044	41.140	62.019
17	42.235	79.268	207.021	198.462	137.552	111.949	94.771	89.420	86.837	84.253	79.268	74.463	105.736
18	69.835	65.383	61.105	56.998	53.059	49.288	45.680	43.957	42.235	41.413	40.592	39.770	52.222
19	38.949	37.906	36.863	35.820	34.829	33.838	32.846	32.141	31.435	30.730	30.024	29.757	34.179
20	29.490	29.223	28.955	28.688	28.421	28.154	27.886	27.619	27.352	26.847	26.342	25.837	28.064
21	25.332	24.826	24.735	24.643	24.552	24.460	24.369	24.277	24.185	24.094	24.269	23.911	24.529
22	23.819	23.727	23.636	23.544	23.453	23.361	23.270	23.178	23.086	22.995	22.903	22.812	23.361
23	22.720	22.628	22.537	22.445	22.615	22.785	22.955	23.126	23.296	23.466	23.636	23.806	22.960
24	23.976	24.146	24.316	24.486	24.656	24.826	25.668	26.510	27.352	30.024	32.846	35.820	26.552
25	34.333	32.846	27.352	24.826	24.033	23.239	22.445	24.899	27.352	38.949	45.680	49.288	30.709
26	61.105	130.856	151.544	137.552	118.057	180.746	243.435	253.090	181.985	190.117	198.462	166.350	162.897
27	151.544	137.552	118.057	111.949	124.359	304.767	278.929	253.090	452.866	555.756	525.077	743.414	289.069
28	986.188	839.622	781.062	510.125	374.466	315.794	293.974	262.971	207.021	181.985	166.350	151.544	447.253
29	137.552	134.204	130.856	118.057	111.949	100.309	94.771	92.096	89.420	84.253	79.268	76.865	107.245
30	74.463	69.835	65.383	63.244	61.105	59.051	56.998	55.028	53.059	51.802	50.545	49.288	60.299
31	48.386	47.484	46.582	45.680	47.484	49.288	51.173	53.059	61.105	106.034	151.544	144.447	
32	137.552												

NUMERO DE HORAS=746

CAUDAL MEDIO=66.6682303 LITROS/SEG.

VOLUMEN TOTAL=179044.199 METROS CUBICOS

A continuación, si el usuario así lo requiere, el programa permite el cálculo del logaritmo decimal y de la razón $1/\sqrt{Q}$ de cada dato de caudal y la creación de los correspondientes ficheros almacenados nuevamente en disco. Los resultados

pueden obtenerse tabulados en impresora (tabla 2) o gráficamente en el plotter (fig. 2), en ambos casos con las mismas características señaladas anteriormente. Si bien podría abordarse a continuación el procesamiento automático de datos, he-

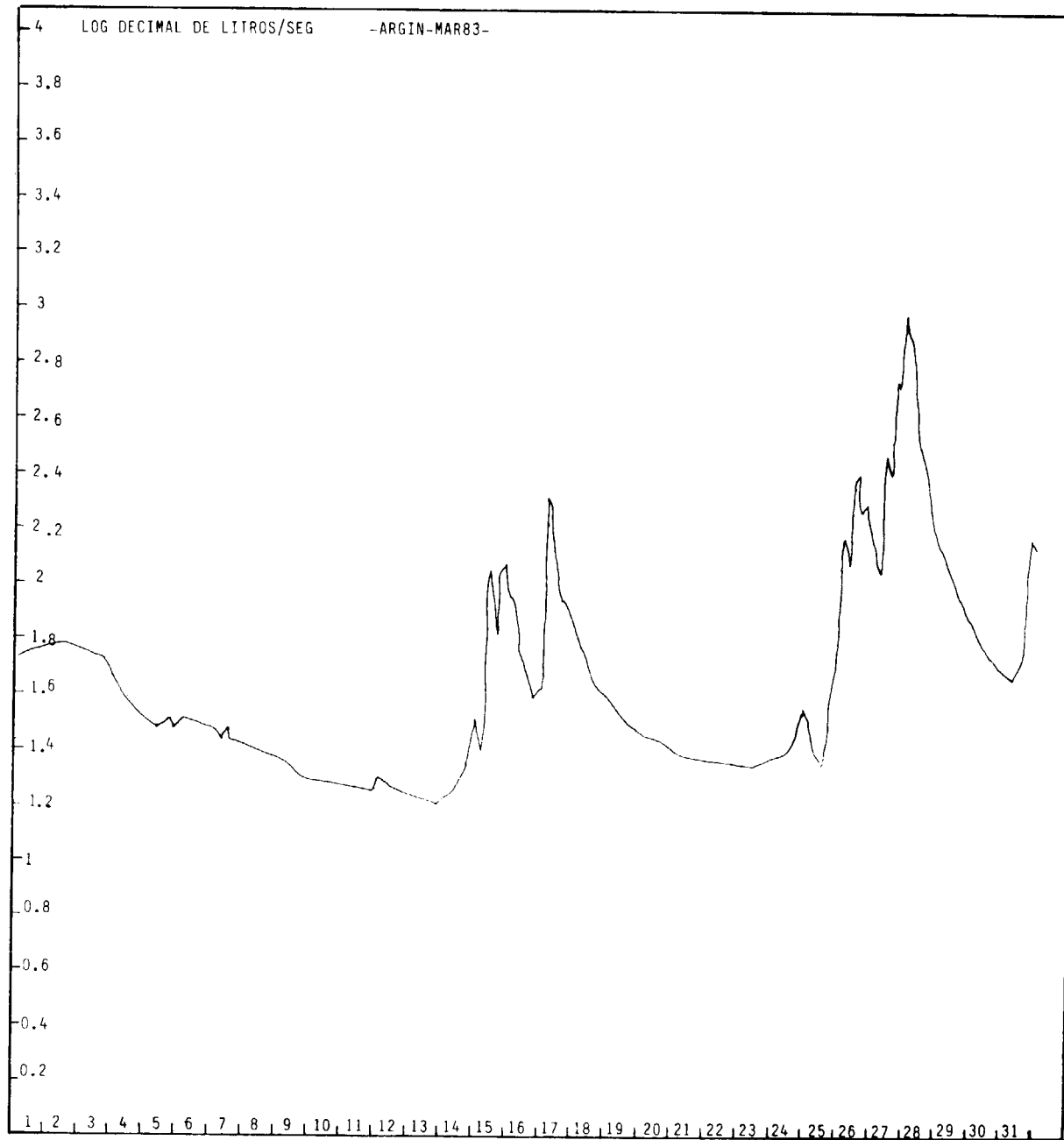


Figura 2.—Gráfico log Q versus t obtenido en «plotter».

mos optado por el momento por el tratamiento manual de los mismos.

Entre otras opciones que ofrece el programa, se encuentra, por ejemplo, la visualización en

pantalla de gráficos y ficheros, antes de su grabación en disco o de su impresión, para evitar errores, así como el borrado, a petición del usuario, de todos los ficheros correspondientes a un mes dado, con vistas a economizar soportes de

TABLA 2
Listado de logaritmos de caudal

TABLA DE LOGARITMOS DE CAUDAL DE «ARGIN-MAR83»
UNIDADES EN LOGARITMO DECIMAL DE LITROS/SEG.

DIA	HORAS												LOG (QM)
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
1	1.724	1.730	1.735	1.740	1.745	1.750	1.755	1.758	1.761	1.763	1.766	1.768	1.731
2	1.771	1.773	1.776	1.778	1.781	1.783	1.786	1.782	1.778	1.774	1.770	1.766	1.777
3	1.762	1.758	1.754	1.750	1.746	1.741	1.737	1.733	1.729	1.724	1.709	1.692	1.740
4	1.659	1.643	1.625	1.608	1.590	1.578	1.566	1.554	1.545	1.535	1.526	1.516	1.589
5	1.510	1.503	1.497	1.490	1.484	1.477	1.478	1.497	1.507	1.516	1.477	1.485	1.496
6	1.493	1.501	1.508	1.516	1.512	1.508	1.505	1.501	1.497	1.493	1.489	1.485	1.501
7	1.481	1.477	1.464	1.450	1.436	1.457	1.477	1.436	1.433	1.430	1.426	1.423	1.452
8	1.419	1.416	1.412	1.409	1.405	1.402	1.398	1.394	1.390	1.385	1.380	1.376	1.401
9	1.371	1.366	1.361	1.356	1.351	1.340	1.328	1.317	1.305	1.303	1.302	1.300	1.337
10	1.298	1.297	1.295	1.293	1.291	1.290	1.288	1.286	1.284	1.283	1.281	1.279	1.290
11	1.277	1.276	1.274	1.272	1.270	1.268	1.267	1.265	1.263	1.261	1.259	1.257	1.268
12	1.305	1.298	1.292	1.285	1.278	1.271	1.264	1.257	1.254	1.251	1.248	1.245	1.272
13	1.241	1.238	1.235	1.231	1.228	1.225	1.221	1.218	1.214	1.211	1.207	1.216	1.225
14	1.225	1.233	1.241	1.249	1.257	1.278	1.297	1.316	1.334	1.351	1.436	1.477	1.303
15	1.516	1.436	1.394	1.477	1.976	2.049	1.951	1.871	1.815	2.049	2.060	2.072	1.851
16	1.976	1.951	1.925	1.844	1.755	1.724	1.692	1.659	1.625	1.590	1.602	1.614	1.792
17	1.625	1.899	2.316	2.297	2.138	2.049	1.976	1.951	1.938	1.925	1.899	1.871	2.024
18	1.844	1.815	1.786	1.755	1.724	1.692	1.659	1.643	1.625	1.617	1.608	1.599	1.717
19	1.590	1.578	1.566	1.554	1.541	1.529	1.516	1.507	1.497	1.487	1.477	1.473	1.533
20	1.469	1.465	1.461	1.457	1.453	1.449	1.445	1.441	1.436	1.428	1.420	1.412	1.448
21	1.403	1.394	1.393	1.391	1.390	1.388	1.386	1.385	1.383	1.381	1.380	1.378	1.389
22	1.376	1.375	1.373	1.371	1.370	1.368	1.366	1.365	1.363	1.361	1.359	1.358	1.368
23	1.356	1.354	1.352	1.351	1.354	1.357	1.360	1.364	1.367	1.370	1.373	1.376	1.360
24	1.379	1.382	1.385	1.388	1.391	1.394	1.409	1.423	1.436	1.477	1.516	1.554	1.424
25	1.535	1.516	1.436	1.394	1.380	1.366	1.351	1.396	1.436	1.590	1.659	1.692	1.487
26	1.786	2.116	2.180	2.138	2.072	2.257	2.386	2.403	2.260	2.279	2.297	2.221	2.211
27	2.180	2.138	2.072	2.049	2.094	2.483	2.445	2.403	2.655	2.744	2.720	2.871	2.461
28	2.993	2.924	2.892	2.707	2.573	2.499	2.468	2.419	2.316	2.260	2.221	2.180	2.650
29	2.138	2.127	2.116	2.072	2.049	2.134	1.976	1.964	1.951	1.925	1.899	1.885	2.030
30	1.871	1.844	1.815	1.801	1.786	1.771	1.755	1.740	1.724	1.714	1.703	1.692	1.780
31	1.684	1.676	1.668	1.659	1.676	1.692	1.709	1.724	1.786	2.025	2.180	2.159	

LOG (QM)=2.13846787

almacenamiento de información. A pesar de ello, recurrimos a un borrado parcial, conservando para su archivo los ficheros correspondientes a las coordenadas del limnigrama original, a partir de las cuales es muy simple y rápido todo el proceso.

El tratamiento completo de un limnigrama mensual, obteniendo todas las salidas de datos citadas, se realiza en unos 15 minutos, economía de tiempo que no es preciso ponderar.

Por último, mediante la oportuna adaptación del programa de cálculo, puede obtenerse también una tabla de lecturas limnimétricas cada dos horas y el dibujo del limnigrama (fig. 3) en for-

mato idéntico al del hidrograma, lo que supone unas ventajas evidentes de edición, muy en especial si se desea representar simultáneamente ambos gráficos.

3. CONCLUSIONES

La utilización del método puesto a punto en este Departamento para el tratamiento automático de limnigramas, tal como se describe en este trabajo, evidencia la idoneidad de los microcomputadores para resolver eficazmente problemas ruti-

Algunos aspectos prácticos de la aplicación de la Sísmica de Alta Resolución a la Geología Minera

Por JUAN LUIS PLATA TORRES

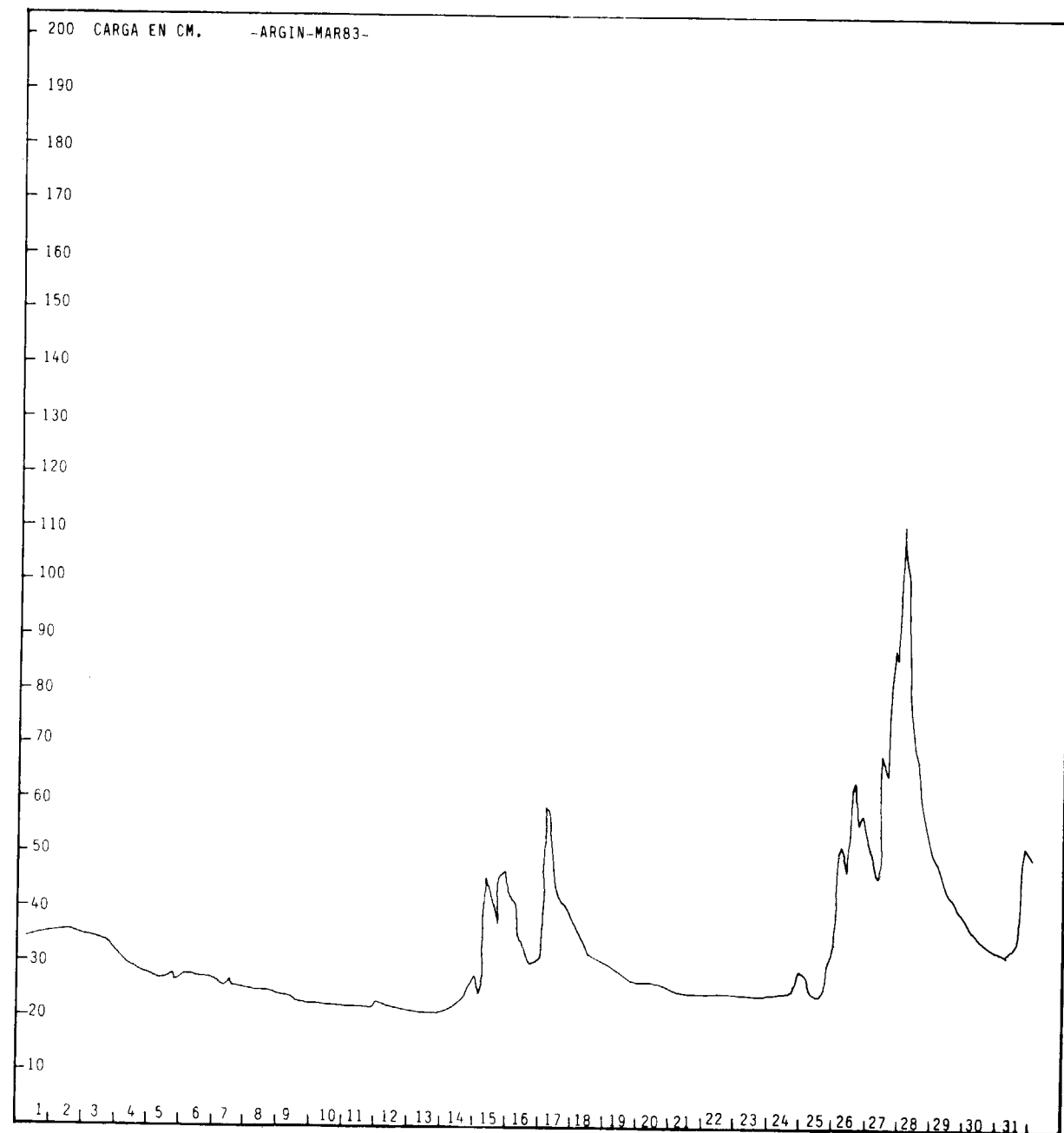


Figura 3. Trazado automático del limnigrama a partir de los datos experimentales.

narios en muchos campos y muy especialmente en el de la Hidrogeología, cuya resolución manual requiere un excesivo empleo de tiempo que se ve así notablemente economizado. La configuración del equipo necesario es relativamente simple, a pesar de lo cual goza de una gran versatilidad.

BIBLIOGRAFIA

- CRUZ-SANJULIÁN, J.; ERASO, A., y ANTIGÜEDAD, I.: *Elaboración de la curva de gastos del río Butrón (Vizcaya) con vistas al tratamiento automático de limnigramas en microcomputador.* «Estudios Geológicos» (in litt.).
- DEREC, F.: *Applications d'un programme de tracé automatique de courbes en Hydrogéologie.* «B. R. G. M., Serv. Geol. Nac., Dépt. Hydrogéologie, Orléans», 71, SGN 332 HYD, 83 pp. (1971).

Recibido: Marzo 1984

RESUMEN

La aplicación del método sísmico de reflexión a la resolución de los problemas planteados por la prospección minera somera plantea una serie de condicionantes que deben optimizarse para la obtención de secciones sísmicas de buena calidad.

En esta comunicación se analizan los mismos, centrándose fundamentalmente en la fase de registro de los datos. Se concluye que los aspectos más importantes, aparte de una correcta definición del problema que trata de resolverse y la adecuación de la logística a la economía del método, son la elección de la fuente de energía y dispositivo de registro.

ABSTRACT

Getting good quality seismic sections when the targets are shallow reflectors in mining exploration demands the optimization of several parameters. In this paper, some of them are analyzed, mainly those relating to the collection of data in the field.

The conclusions are that the most important aspects are the right election of the seismic source and pattern design of the traces, as well as a correct definition of the problem to be solved and the balance between the economics and the theoretical logistic to be used.

1. INTRODUCCION

La utilización del método sísmico para obtener datos sobre la forma y constitución de la corteza terrestre, cuenta ya con más de medio siglo de existencia.

Aunque los principios fundamentales del método siguen siendo evidentemente los mismos, la instrumentación empleada y el tratamiento de los registros o sismogramas para extraer de ellos la información buscada, ha evolucionado más que en ningún otro método geofísico, sobre todo en los últimos veinte años.

Básicamente el método consiste en la medición del tiempo transcurrido entre la liberación de energía mecánica en un lugar y su recepción en otro lugar. A la medición de este tiempo se añade la obtención de la forma o carácter de la onda, tal y como llega al sistema receptor, tras su viaje por las capas del subsuelo.

Al no ser, pues, un método de medición de un campo energético natural de la tierra, en cuyo caso nos tenemos que limitar a muestrearlo, existe un amplio margen de libertad en la disposición geométrica del punto de provocación de la energía y del punto de recepción.

De esta forma, puede clasificarse la utilización de la sísmica en diversas áreas de investigación geológica:

- 1) Sismología, donde la fuente de energía son los fenómenos sísmicos naturales, y el objeto es la localización de su origen, o foco y obtención de conclusiones sobre la constitución de la tierra.

Una variante de esta aplicación es la microsismología, de gran interés en los estudios de emplazamientos de instalaciones tales como presas, centrales nucleares, etc.

- 2) Sísmica profunda, para estudios encaminados a conocer la corteza terrestre en sus

grandes rasgos. El método normalmente empleado es la refracción de las ondas producidas en superficie. Numerosos programas de investigación incluyen perfiles sísmicos profundos como herramienta fundamental para sus objetivos («Programa de perfiles sísmicos profundos», de España; Geotransversal Europea; programa «Ecors» de Francia (incluye reflexión), etc.

La longitud de los perfiles puede ser de centenares de kilómetros.

- 3) Sísmica del petróleo, normalmente empleando la reflexión de las ondas producidas en la superficie, abarcando hasta unos 10 kilómetros de profundidad de investigación. Su objetivo es la detección de estructuras hábiles como trampas de hidrocarburos.

Los perfiles suelen ser de decenas de kilómetros de longitud, formando una malla de la que puedan deducirse isocronas de los distintos niveles geológicos.

- 4) Sísmica minera, diferenciada de la anterior, en que sus objetivos son más someros. Sus aplicaciones se centran en determinaciones de relieves de cuencas sedimentarias o potencias de recubrimiento hasta llegar a rocas metamórficas o ígneas, así como en la localización y seguimiento de niveles productivos, o que sirvan de control estructural de yacimientos.

El cambio de escala en profundidad y dimensiones de los objetivos en esta aplicación sísmica, produce notables modificaciones en los procedimientos empleados en su registro y proceso, siendo el objeto central de esta comunicación.

La longitud de perfiles utilizada es del orden de unidades de kilómetros. Como variante, puede considerarse la microsísmica y sísmica en capas, de usos más restringidos en problemas de explotación minera, más que de prospección de yacimientos en sí.

- 5) Sísmica geotécnica, que utiliza fundamentalmente la refracción, medidas en sondeos (*up-hole*, *cross-hole*) y en laboratorio, teniendo por objeto la determinación de los parámetros geomecánicos de las rocas.

Pueden incluirse también aquí los estudios de vibraciones.

Esta clasificación no pretende ser exhaustiva, y sólo nos sirve para clarificar a qué nos vamos a referir en lo sucesivo.

Una sección sísmica, como las que pueden encontrarse en libros y revistas de geofísica y sobre todo en folletos técnico-comerciales, tiene el aspecto de una fotografía del corte geológico. Esta es una de sus principales ventajas sobre otros métodos, y también uno de sus grandes peligros: porque no es una fotografía.

Muchas etapas han transcurrido hasta obtener esa sección (y bastante complejas). La evolución de la metodología sísmica a que antes hemos hecho referencia hace posible extraer de las secciones sísmicas mucha información: estratigráfica, tectónica e incluso litológica. Pero esta posibilidad no puede confundirse con una seguridad. Es decir, el método tiene sus limitaciones.

El investigador geológico con frecuencia se pregunta qué técnica auxiliar debería emplear para tratar de resolver un problema concreto que tiene planteado. Desea saber si aquellos rasgos que tan claramente se reflejan en una sección sísmica obtenida en un lugar, podrán hacerse visibles en el contexto geológico en el que él trabaja. Un trabajo en equipo de especialistas en geología y geofísica es la manera más recomendable de encontrar respuesta a esos interrogantes.

Como parte de ese diálogo está dirigida esta comunicación. En ella se va a hacer una somera revisión de los aspectos que limitan la explotación de una sección sísmica, en función de los pasos que se han dado hasta su obtención, ya que la limitación impuesta por el contexto geológico en sí, creo que es mejor conocida.

Esta revisión se va a restringir a la experiencia adquirida por la Sección de Geofísica del IGME en los últimos años, y fundamentalmente a la fase de registro de los datos, a fin de no plantear aspectos teorizantes, fáciles de encontrar en cualquier libro.

2. CONDICIONANTES EN LA OBTENCION DE UNA SECCION SISMICA

La sucesión de etapas hasta la obtención de una sección sísmica puede sintetizarse en las siguientes:

- Planteamiento del problema geológico-minero
- Elección de la posición de los perfiles
- Definición de los parámetros de registro
- Obtención de los registros
- Proceso de los datos:
 - Deconvolución
 - Correcciones estáticas
 - Correcciones dinámicas
 - Adición
 - Migración
 - Filtrado
 - Representación

La finalidad de la sección es proceder a su interpretación en términos geológicos:

- Identificación de los horizontes sísmicos
- Seguimiento de los mismos
- Localización de accidentes
- Obtención de profundidades

El primer condicionante, no por obvio, es menos importante: el problema planteado debe ser concreto; la geofísica es una herramienta al servicio de la geología, útil para tratar de dar respuesta a problemas concretos que se le planteen. No es infrecuente que la geología acuse a la geofísica de darle respuestas ambiguas, y, en mi opinión, esto puede ser debido a la naturaleza del método geofísico, a sus limitaciones; pero lo que es cierto es que si la pregunta no es concreta, la respuesta tampoco puede serlo.

Una manera eficaz de resolver esta condición es la presentación de un corte ideal de lo que la geología espera encontrar. La Sección Sísmica podrá o no confirmarlo, verificándose un proceso de realimentación, de donde se obtendrá la solución más probable.

En el correcto planteamiento para la ejecución de una prospección sísmica, juegan pues un papel fundamental los conocimientos geológicos que se tengan sobre la zona. En general, no debe utilizarse el método sísmico en aquellos contextos de geología desconocida, salvo naturalmente que sea la última posibilidad de obtener algún dato del subsuelo.

Los planteamientos pueden llevar en ocasiones a situaciones contradictorias: por ejemplo, localización de un horizonte a 40 m. de profundidad y del fondo de una cuenca a 400 m., como se comentará más adelante en la definición de los parámetros de registros.

Una vez admitido el planteamiento, hay que elegir dónde van a situarse los perfiles sísmicos.

Aquí intervienen dos tipos de factores: geológicos y logísticos. Desde el punto de vista geológico, el perfil debe situarse transversal a las estructuras buscadas, partiendo de afloramientos de los niveles de interés (si existen) y pasando por los sondeos mecánicos (si existen). Si el planteamiento propuesto exige la obtención de mapas de isocronas, debe formarse una malla de perfiles, es decir, los diversos perfiles deben tener puntos en común a fin de garantizar el seguimiento de los horizontes sísmicos.

La logística de la implantación de perfiles puede plantear dificultades a los requerimientos geológicos. En primer lugar, un perfil ideal es rectilíneo; aún empleando equipos sísmicos de poco o nulo destrozo ecológico y fácilmente transportables, el realizar un perfil rectilíneo puede suponer unas cargas económicas que la sísmica minera no puede soportar. Por ello es recomendable utilizar al máximo la red de caminos disponibles, haciendo uso de las técnicas de tratamiento para toma de datos en perfiles con pequeñas curvaturas. El radio admisible de las curvas que haga el perfil en su trazado es función de la longitud del dispositivo empleado, no debiendo emplearse en ningún caso dispositivos más cortos que la longitud de desarrollo de las curvas de pequeño radio a seguir, ya que esto distorsionaría fuertemente la sección sísmica, al representar ésta un plano vertical único. En algunas geografías españolas esto no es fácil de conseguir, y la solución adoptada habrá de tenerse en cuenta a la hora de interpretar las secciones, ya que influye notablemente en la calidad de los resultados.

La definición de los parámetros de registro tiene todavía más repercusión que los puntos anteriores sobre la calidad de los resultados, por lo que va a tratarse con mayor detalle.

La primera cuestión a definir es la distancia entre trazas. Traza se denomina a una posición del terreno ocupada por uno o varios geófonos. Una elemental optimización del equipo de registro exige emplear todos los canales disponibles, por lo que habrán de utilizarse todas las salidas de toma de señal en los cables. La distancia física entre dichas salidas es, por tanto, un límite práctico a dar a la intertraza. De todas formas, este límite no es más que económico del equipamiento,

y los cables empleados suelen estar ya dimensionados para permitir la utilización de distancias máximas entre trazas adecuadas a los problemas de la sismica minera (del orden de 20 m. entre salidas en general).

Por debajo de ese límite, contra más juntas se pongan las trazas, con mayor detalle se obtendrá la información. Debido a la geometría de la reflexión se obtiene información de un reflector cada $D/2$ m., siendo D la distancia entre trazas. Contra más somero sea el reflector, más juntas deben estar las trazas, a fin de no obtener reflexiones que incidan con ángulos muy alejados de un máximo de 30° . Es evidente que la disminución de la intertraza lleva aparejado un aumento lineal en el costo total de las operaciones, tanto de campo como de tratamiento de datos: la producción de un equipo sísmico hay que evaluarla por el número de registros efectuado por día, por lo que el pasar de 20 m. a 10 m. de intertraza lleva aparejado un doble de tiempo para registrar la misma longitud de perfil.

Si se desea obtener información tanto de horizontes profundos como someros, la intertraza necesaria para estos últimos puede resultar sobredimensionada para los profundos, lo que únicamente quiere decir que costará más cara esa información. De ahí nuevamente la necesidad de un correcto planteamiento del problema a resolver.

El problema de la producción de un equipo que debe usar una intertraza pequeña no se resuelve aumentando el número de canales del aparato registrador, ya que como hemos indicado existe la limitación de la longitud del dispositivo para conservar ángulos de reflexión dentro de límites tolerables.

Otro parámetro de registro es el número de geófonos a emplear por traza y su disposición espacial. El número de geófonos en sí puede venir más bien condicionado de nuevo por el equipamiento, mientras que su disposición se deduce del análisis de las señales y ruidos que se están registrando. Por disposición de los geófonos se entiende la longitud de terreno que ocupan y por tanto la distancia entre geófonos de una misma traza. El no limitarse a poner un solo geófono, o varios agrupados, en cada traza, tiene por finalidad eliminar en fase analógica, en el mismo momento de registrar las vibraciones del suelo,

la presencia de frecuencias indeseables en el dominio del espacio. Esta técnica de «filtro-terreno» es completamente habitual (y necesaria) en sismica del petróleo. Yo no voy a plantear aquí su necesidad en sismica minera, donde ciertamente también hay ruidos que eliminar, si no su conveniencia y su repercusión en la sección sísmica. El empleo de una imagen puede facilitar grandemente el concepto que se está exponiendo.

En la figura 1-a se trata de un dispositivo de 5 trazas, separadas la distancia D y ocupando cada traza con un solo geófono (o varios geófonos agrupados, juntos, en cada centro de traza). Al producirse una liberación de energía, genéricamente un disparo, en el punto PT, en cada traza se recoge información de un punto del reflector, distanciados estos puntos de información la cantidad $D/2$.

Al extender los geófonos (fig. 1-b) de cada traza, de tal forma que ocupen, por ejemplo, una distancia igual a la intertraza D , se recibirá información, no ya de un solo punto del reflector para cada canal, si no de un segmento de longitud $D/2$, quedando contiguos los segmentos de trazas contiguas.

Si la extensión de los geófonos es aún mayor (figura 1-c), los segmentos del reflector de donde se recoge información en cada traza se solapan.

Si lo que se persigue (de nuevo, el planteamiento del problema), es un gran detalle, para tratar, por ejemplo, de identificar pequeñas fallas; obtener caracteres que permitan deducciones estratigráficas, etc., es evidente que esta mezcla de información en una misma traza del comportamiento en un segmento del reflector, puede oscurecer esos detalles.

Creo que es, por tanto, recomendable en estos casos, no extender los geófonos, efectuando los filtros aconsejables por el análisis de ruido, en la fase de proceso, siempre claro está que sea posible eliminar el ruido por un filtro en el dominio del tiempo.

Otro parámetro de registro es la distancia de tiro (distancia desde el punto de disparo a la primera traza). Nada cabe decir sobre este parámetro, deducido del análisis de señales y ruidos previo a cualquier operación de registro, salvo recordar su incidencia en la longitud total del dispositivo. El avance del punto de tiro, junto con

el número de trazas registradas define la cobertura o número de veces que se obtiene información del mismo punto del reflector. Como norma debe utilizarse siempre la máxima cobertura que permita el equipo de registro, es decir,

el número de canales disponibles, y por tanto hacer avanzar el punto de tiro una distancia igual al intervalo entre trazas. No obstante, si el objetivo es profundo (en términos mineros) y no se requiere gran detalle, disponiendo de suficientes canales (p. e., 48), puede realizarse una sustancial economía avanzando más distancia el punto de tiro y manteniendo coberturas relativamente elevadas (p. e., 12). La cobertura tiene como finalidad sumar en la fase de proceso todos los registros que aporten información del mismo punto del reflector, mejorando así la relación señal/ruido. Numerosas operaciones de proceso se basan en tratamientos estadísticos, que optimizan su resultado lógicamente contra más trazas se sumen, o sea, cuanto mayor sea la cobertura de registro.

Este problema es de tal calibre, que puede poner en entredicho la utilización de operaciones de proceso, diseñadas para las grandes coberturas empleadas hoy día en la sismica del petróleo, en el tratamiento de datos de sismica minera, donde la cobertura es drásticamente inferior.

Insistimos en que la utilización de un elevado número de canales (p. e., 98) en sismica minera, llevaría a longitudes de dispositivo incompatibles con la geometría de las trayectorias reflejadas en los horizontes que se encuentran a la profundidad de interés minero, o a costos muy elevados de registro y proceso al disminuir mucho la intertraza, por lo que no podría resolverse de esta manera el tema de la cobertura elevada, llegando nuevamente a la conclusión de que la sismica aplicada a la minería está planteando interrogantes en la manera de llevarla a cabo, que ya estaban resueltos en la sismica del petróleo, y de donde, mientras se resuelvan, provienen las limitaciones que debemos esperar en nuestras secciones sísmicas.

Por lo que respecta a la fuente de energía empleada, el uso cada vez más abundante del método sísmico en investigación geológico-minera, es debido al diseño y construcción de equipos y métodos de registros que precisan de menos personal, y servicios, resultando por tanto los costes de explotación más asequibles a la economía minera. En los parámetros de registro analizados hasta aquí, ya se ha insinuado cierta contradicción entre la ligereza y economía de los equipos empleados y las servidumbres del método para conseguir secciones óptimas. Es, sin embargo, en el

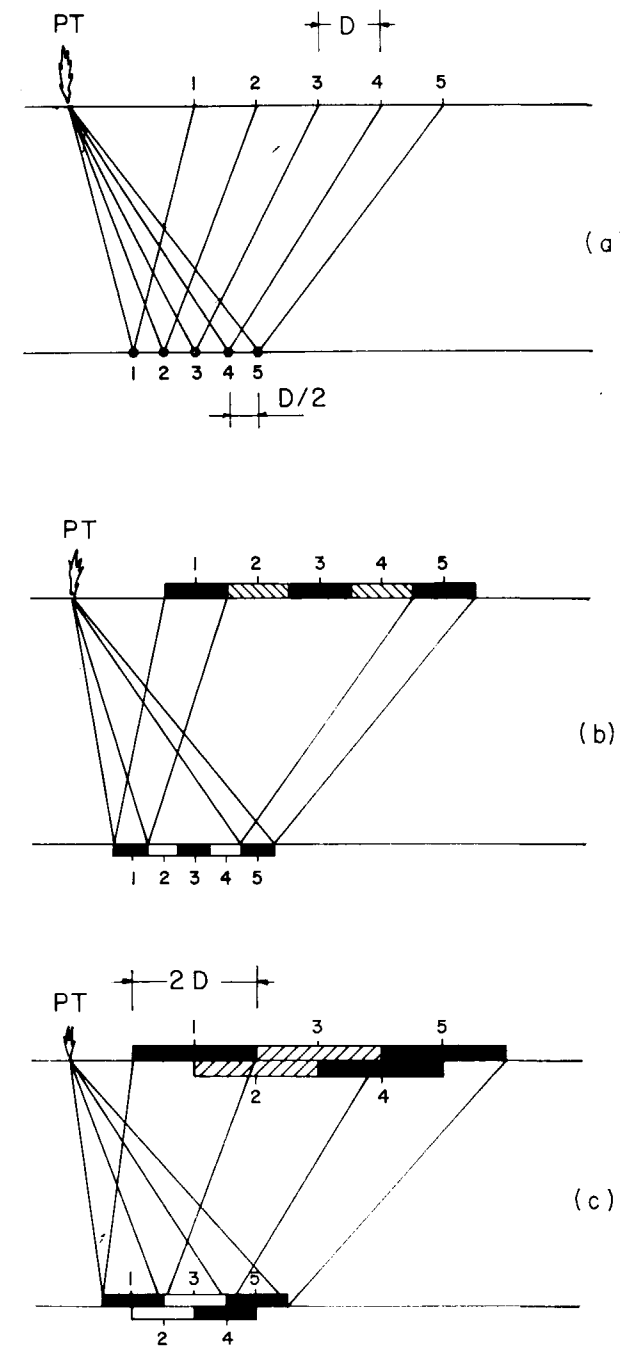


Figura 1

parámetro fuente de energía empleada donde esto se pone más de manifiesto.

La utilización de explosivos colocados en sondeos por debajo de la zona meteorizada, técnica normal en sismica del petróleo, puede ser económicamente prohibitiva en sismica minera. Las fuentes empleadas son normalmente de impulsión mecánica o vibración, o cargas explosivas no profundas. Si se utilizan vibradores potentes, instalados en grandes camiones, la operatividad del equipo es poco versátil para adaptarse a las topografías e itinerarios que suele ofrecer la prospección minera. Por tanto, en general, podemos sintetizar las características de las fuentes de energía empleadas en:

- son superficiales (la energía se emite desde la misma superficie del suelo)
- son poco potentes, de poca energía

dándose la circunstancia de que estas dos características simultáneas conducen a una limitación importante en la profundidad de investigación. Puede pensarse que esto es precisamente lo que se buscaba: nuestros objetivos no son profundos y por tanto lo lógico es conseguir equipos sísmicos que sean económicos al emplear estas fuentes de energía. En la práctica, sin embargo, se producen severas limitaciones de aplicación.

En efecto, por una parte las primeras capas del suelo, la zona meteorizada es una gran consumidora de energía, y productora de ruido, sobre todo en determinadas litologías, restando de esta forma demasiada poca energía para los reflectores de interés. Por otra parte, la existencia de capas con alto coeficiente de reflexión (yesos, lignito, arcilla, p. e.), al devolver gran parte de la ya menguada energía que reciben a la superficie, dejan pasar muy poca para reflectores más profundos, apantallando en cierta forma la sección sísmica por debajo de ellos.

Esta situación, más que ninguna otra, está conduciendo a la aparición de una nueva categoría de prospección sísmica, intermedia entre la del petróleo y la minera de fuentes débiles. La incidencia aquí del planteamiento del problema, concretando lo más rigurosamente posible los objetivos, y el mejor conocimiento geológico previo de la zona, vuelve a ser de enorme trascendencia para la elección de la fuente a emplear a fin de conseguir secciones sísmicas capaces de dar la respuesta adecuada.

Otro problema relacionado con la fuente de energía, objetivo perseguido y el parámetro de registro intervalo de muestreo, es el contenido en frecuencias de la señal transmitida al terreno por la fuente. La señal reflejada, recibida en forma analógica por los geófonos, es muestreada cada un cierto intervalo de tiempo, digitizando estas muestras y almacenándolas en una cinta magnética, que será la que posteriormente se someterá al proceso en ordenador para obtención de la sección. El objetivo de la prospección señalará la potencia de las capas que interesa detectar. Las frecuencias de la señal harán o no posible su detección. El muestreo en registro hará o no posible su reproducción.

En los equipos de sismica minera es casi norma el emplear muestreos de 2 ms. o 1 ms. (contra los 4 ms. que se emplean más normalmente en el petróleo) por lo que queda asegurada la posible detección de frecuencias de hasta 500 Hz. El problema realmente radica en si la fuente de energía proporciona las frecuencias necesarias (y con la amplitud necesaria). Al ser las fuentes superficiales, por un lado, gran parte del contenido de altas frecuencias, se absorbe en los primeros metros del recorrido, a no ser que se trate de formaciones muy compactas, con coeficientes de absorción y dispersión pequeños. Por otro lado, la introducción de tiempos de corrección por zona meteorizada, tanto en las trazas como en los puntos de tiro, unido a la relativamente poca cobertura empleada y pobre conocimiento que en este tipo de sismica se tiene de las variaciones en potencia y velocidad de la zona meteorizada, hacen que, en mi opinión, diferencias de tiempo en los reflectores inferiores a 10 ms. (tiempo doble) no sean forzosamente significativas. Esta resolución en tiempo de 10 ms. exige frecuencias entre 100 y 200 Hz para representar potencias de capa o accidentes inferiores a los 15 m., aunque en un planteamiento rigurosamente teórico esto no sea exacto y las conclusiones sean más optimistas. Es bastante dudoso que estas frecuencias estén presentes a profundidades superiores a 200-300 m., con las fuentes empleadas y en algunos casos ni para capas más someras.

Hay que reconocer que este tema de la resolución da lugar a bastante confusión, y yo creo que tienen más valor las conclusiones empíricas que las teóricas. Para garantizar una resolución elevada en sismica minera habrá de em-

plearse posiblemente explosivos o fuentes de energía que vuelven a alejarse nuevamente de las posibilidades de equipos ligeros (económicos).

Finalmente, el último parámetro de registro que señalaremos es el tiempo de registro. Para profundidades de hasta 500 m. suele ser suficiente registros de 0,5s, y en cualquier caso, con 1s de registro se cubren sobradamente las profundidades de interés minero. Comparado con los 4 a 8s de registro normal en sismica de petróleo, esto puede suponer una fuente de economía para el método. Ahora bien, 1s muestreado a 1 ms., suponen 1.000 muestras a procesar por traza..., igual que 4s a 4 ms.

Una vez finalizado el registro en campo, comienza el trabajo de proceso de los datos. Ciertamente que este es un mundo aún más especializado que el anterior, en el que el diálogo se va a establecer más entre procesador y geofísico que entre procesador y geólogo.

Los errores que se hayan cometido en el registro, no pueden corregirse en el proceso: me refiero a que si la intertraza fue inadecuada, la fuente no contenía las frecuencias o energía necesarias, etc., el proceso no puede conseguir una sección que supere esos condicionantes.

Esto no quiere decir lo contrario, ya que un proceso inadecuado puede echar a perder la información registrada, y un proceso acertado puede contribuir enormemente al éxito de una exploración. Se saldría fuera del contexto de esta comunicación, revisar la influencia de las diversas etapas de proceso, algunas de las cuales ya han sido comentadas en su relación con los parámetros de registro.

3. EJEMPLOS DE LA INFLUENCIA DE LOS CONDICIONANTES DE REGISTRO Y PROCESO EN SECCIONES SISMICAS

Todos los ejemplos que van a comentarse han sido obtenidos con un equipo Mini-Sosie, propiedad del IGME. La fuente de energía empleada son pisoños vibratorios de 60 y 100 Kg.

Lo que se va a mostrar son las partes más conflictivas de algunas secciones, como aclaración de los límites que a veces impone la ejecución

real de un perfil sobre los planteamientos teóricos.

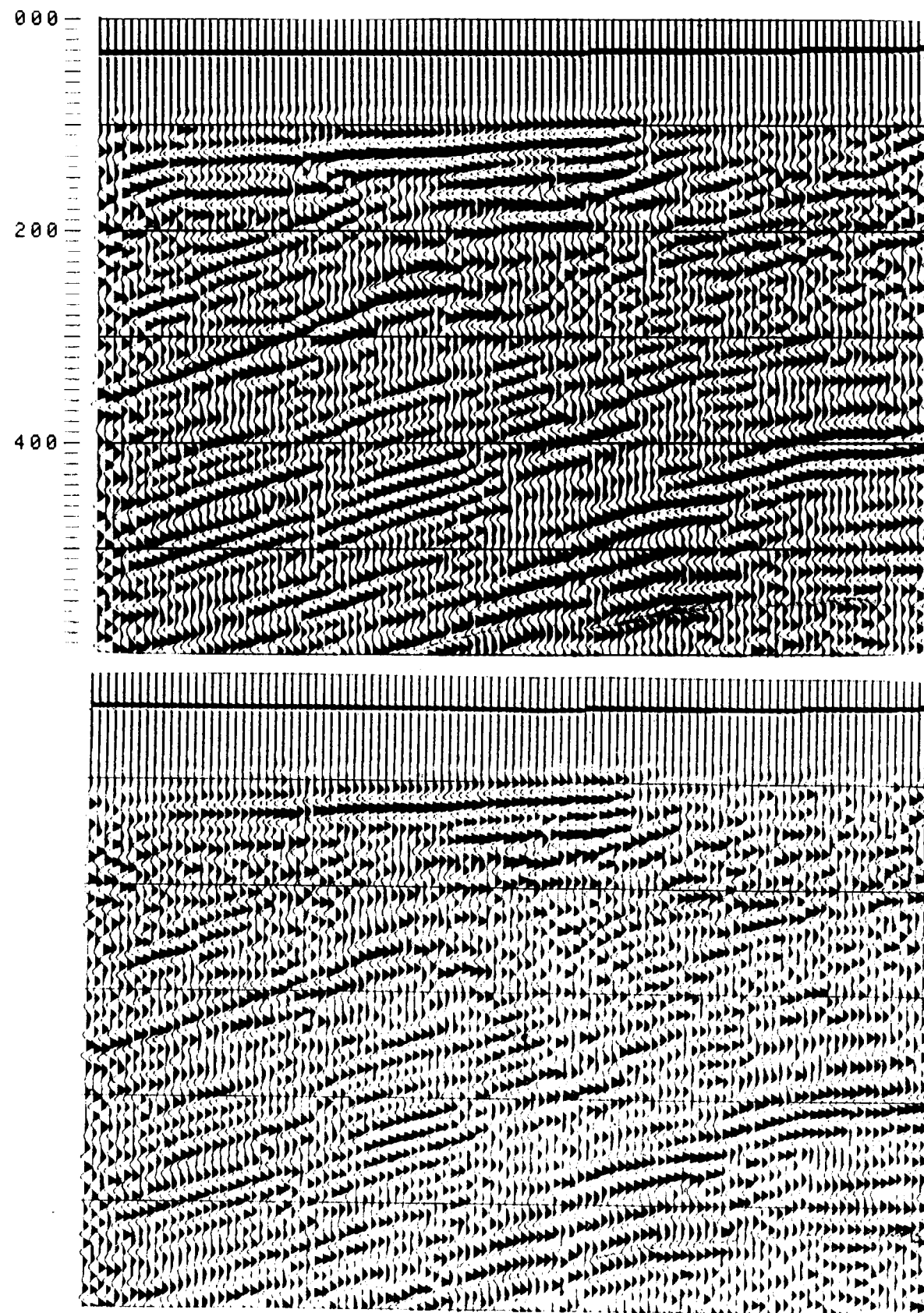
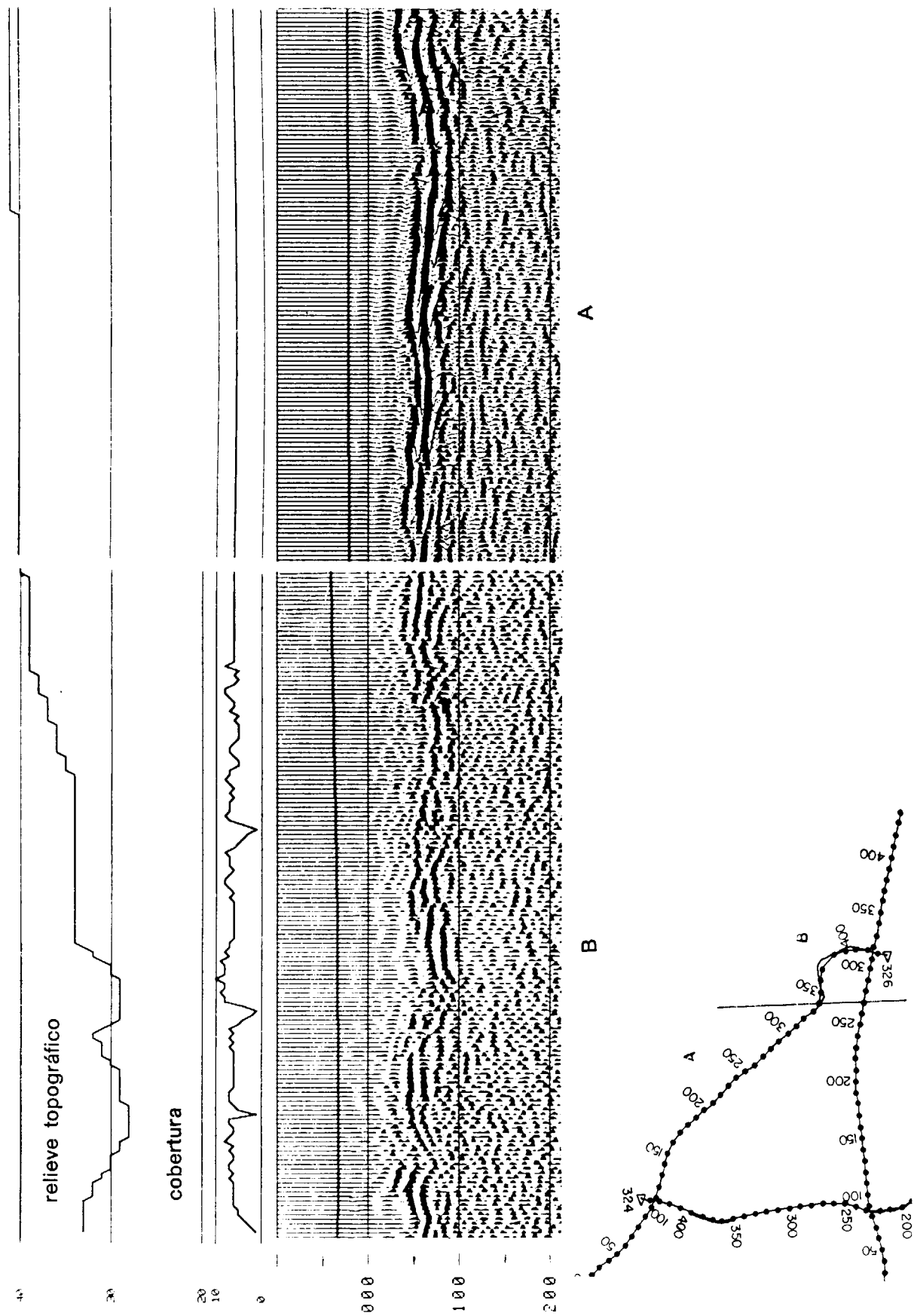
La figura 2 muestra parte de una sección obtenida en una cuenca sedimentaria en un borde poco profundo (menos de 100 m. de sedimentos). La distancia entre trazas empleadas fue de 10 m., con un total de 155 m. de longitud de dispositivo. Cada traza está ocupada por 18 geófonos extendidos en una longitud de 10 m. Como puede observarse, en la parte A del perfil el reflector es bueno, marcando bien la topografía del basamento, y pudiéndose detectar con claridad las fallas presentes. Sin embargo, en la porción B, el reflector está muy distorsionado. La parte A se encuentra dentro de una porción rectilínea del perfil y de topografía llana. La parte B, realizada al objeto de empalmar este perfil con otros de la misma zona, es muy curva y de topografía más acusada. La influencia de las curvas es notable en la variación sufrida por el grado de cobertura. Esto, unido a que la mayor variación altimétrica puede haber provocado mayores errores en las correcciones estáticas, es la causa más atribuible a las distorsiones del horizonte sísmico, siendo un caso claro en el que la atribución de sus variaciones a efectos del zócalo podría ser errónea.

La figura 3 muestra la misma porción de un perfil sísmico, donde el objeto era localizar la posición de un piso estratigráfico, como control de posibles yacimientos de carbón. La distancia entre estaciones es de 15 m., empleando 18 geófonos por traza extendidos en 30 m. Esta gran mezcla o filtro de terreno es aquí permisible porque se va buscando la marcha de las capas en sus grandes rasgos, sin interesar pequeños saltos. El dispositivo es de 217 m. y el perfil rectilíneo.

La figura permite comparar los resultados de efectuar un registro en cobertura 6 y en cobertura 12.

Es evidente la mejora de la relación señal/ruido obtenida en cobertura 12, aunque en este caso las conclusiones geológicas que puedan obtenerse de una y otra versión son idénticas. Como, naturalmente, esto *a priori* no se conoce, es siempre mejor registrar en la mayor cobertura posible, como ya hemos indicado.

La figura 4 muestra otra porción de perfil de la misma zona con la misma comparación de grado de cobertura. Ambas secciones son idénticas:



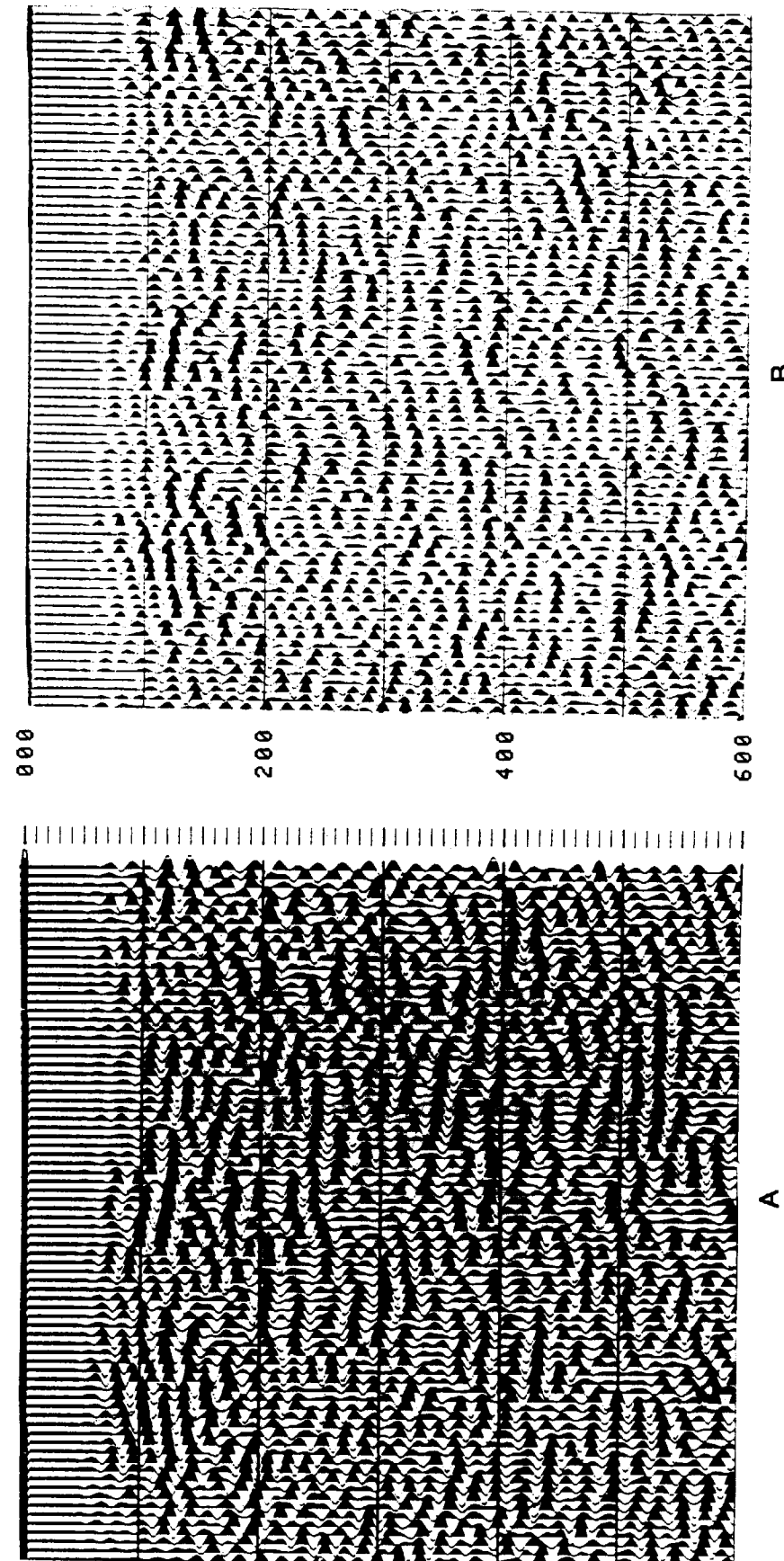


Figura 4.—Comparación entre una misma sección registrada en cobertura 12 (A) y 6 (B), en una zona donde no hay buenos reflectores. Distancia entre trazas 7,5 m.

en ninguna se ve nada o casi nada. Esta falta de información, también informa, ya que es evidente que en igualdad de condiciones de registro y proceso, si no aparecen reflectores, lo más probable es que sea porque no los hay, es decir, que ha variado la situación geológica.

En la figura 5 se reproduce parte de la sección obtenida en una cuenca sedimentaria de profundidad inferior a 200 m. El basamento es granito y en los sedimentos hay un paquete de una potencia del orden de 10 m. de arcillas/lignito. La distancia entre trazas es de 10 m., utilizando 9 geófonos extendidos en 10 m. por traza. En el proceso se ha utilizado un filtro que sólo deja pasar las frecuencias entre 35 y 65 Hz.

En la figura 5-a se aprecia un reflector buzante (entre 200 y 300 ms.) que es el fondo de cuenca. Sin embargo, cerca de los 400 ms. aparece un nuevo reflector. Se trata de un efecto falso conseguido en el proceso de la sección, al forzar excesivamente la coherencia entre trazas, tras una mala aplicación de los operadores de deconvolución y proceso de migración. La figura 5-b es la misma porción, pero procesada correctamente. En este caso, el gran interrogante geológico del significado de tal reflector por debajo del fondo de cuenca ha permitido rectificar los parámetros de proceso. Hemos de advertir que este caso no es en absoluto normal que suceda, y que sólo lo hemos elaborado para demostrar la importancia de un correcto proceso de los registros. El reflector superior (sobre los 150 ms.) es el paquete arcilloso/lignífero.

Hay otra cosa notable en esta sección. El reflector del fondo de cuenca se sitúa unos 30-40 m. por debajo de la posición dada por los sondeos mecánicos para el inicio del granito. La explicación es que geológicamente el fondo de cuenca está donde terminan las arenas y sísmicamente se encuentra donde termina el granito descompuesto, de comportamiento a las ondas sísmicas análogo al de las arenas.

En la figura 6 se trata de nuevo de datos provenientes de una cuenca sedimentaria. Las trazas están situadas cada 10 m. con 18 geófonos agrupados por traza. La sección se ha filtrado entre 30 y 100 Hz, permitiendo por tanto la obtención de frecuencias mayores que en el caso anterior,

lo que unido al agrupamiento de geófonos da un mayor detalle a la sección.

La diferencia entre ambas secciones es la utilización de una menor velocidad de corrección dinámica en la parte B y su representación a escala horizontal 1:3.000, mientras que la parte A está a escala 1:5.000. La variación de velocidad de un caso a otro es de 100 m/s, suficiente, como puede apreciarse, para que en trabajos de este detalle se incorpore el suficiente ruido en la adición de trazas para oscurecer la resolución de los distintos reflectores.

Compárese también cómo la resolución ha mejorado respecto a la figura 5, al conservar frecuencias más elevadas.

CONCLUSIONES

Esta comunicación habrá cumplido el objetivo que me propuse, si el lector que ha llegado hasta aquí ha podido sacar sus propias conclusiones.

A las personas ya familiarizadas con la utilización del método sísmico no creo haberles dicho nada nuevo. Me contentaría con haber sabido sintetizar los aspectos más fundamentales y que deben ser de conocimiento general de las limitaciones de la sísmica en geología minera.

A las personas menos familiarizadas con el método, desearía que no sacaran conclusiones pesimistas. Espero que en otra ocasión tendremos oportunidad de comentar las excelencias del método y de mostrarles las partes buenas de las secciones buenas. Pero a esto ya estamos todos más acostumbrados y por ello he creído que podía esperar a otro momento.

Mi conclusión es que cuando se piense, se hable o se proyecte una prospección sísmica, no hay más remedio que ponerle algunos adjetivos. Estos surgirán de un correcto planteamiento del problema a resolver y del análisis del mismo. De esta forma se conseguirá definir la mejor adecuación técnica y económica para la posición de los perfiles, parámetros de registro y proceso de los datos.

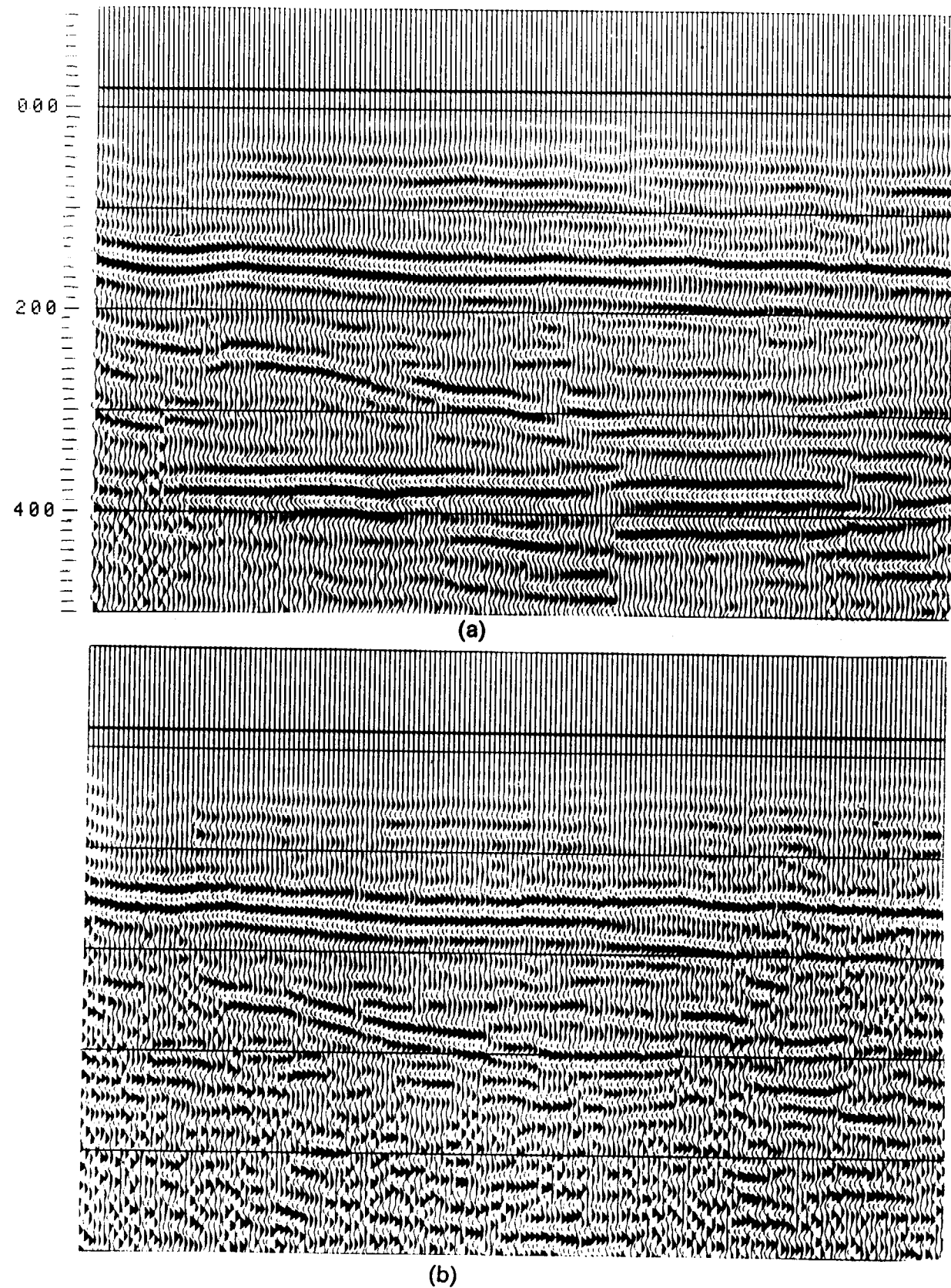


Figura 5.—Diferencia entre sección con buen aspecto (a) pero mal procesada, con un reflector falso a 370 ms. y la misma, procesada correctamente (b). Distancia entre trazas 5 m.

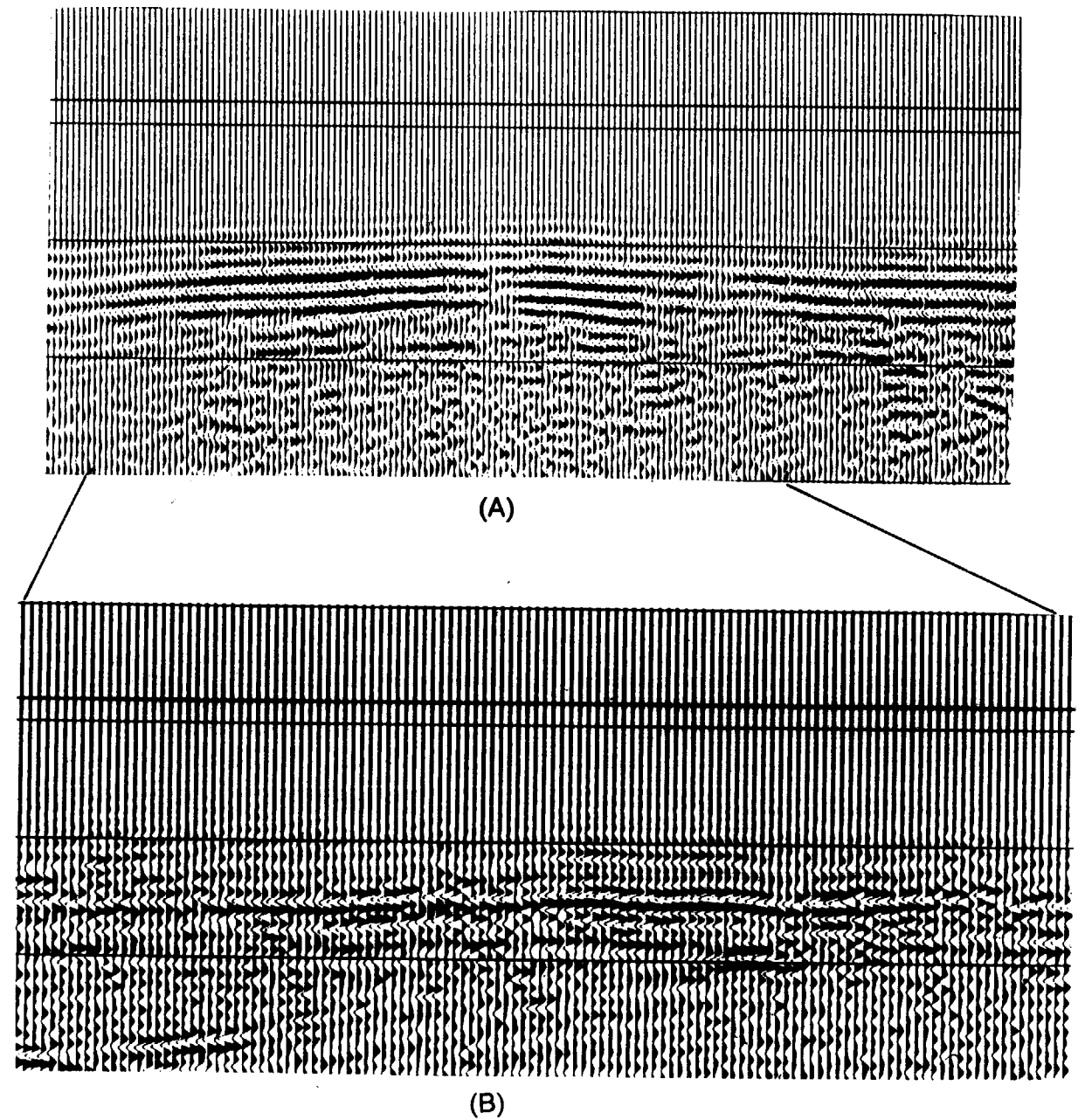


Figura 6.—Comparación de la misma sección representada en distinta escala horizontal (A 1:5.000, B 1:3.000). Las velocidades de corrección dinámica empleadas en A serán 100 m/s más rápidas que en B. Distancia entre trazas 5 m. 2 cm=100 ms.

La fuente de energía que se emplee es uno de los aspectos que más condicionan la utilidad de la sección obtenida y la economía del método. No todas las fuentes de energía valen para resol-

ver todos los problemas, y las que puedan manifestarse teóricamente buenas, pueden resultar incompatibles con el medio ambiente y la economía en que se desarrolle la campaña.

Recibido: Julio 1984

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Las costras calcáreas cuaternarias del Bajo Cinca
(Prov. de Huesca)

Por C. SANCHO MARCEN (*) y A. MELENDEZ HEVIA (*)

RESUMEN

Se estudian las costras calcáreas que aparecen sobre niveles morfogénéticos cuaternarios y pliocuaternarios de la región del Bajo Cinca. El desarrollo de estas acumulaciones pone de manifiesto la existencia de distintos niveles (costra pulverulenta, brechoide, nodular y laminada), cuyas características texturales y de facies permiten interpretarlos como resultado de procesos acumulativos (químicos y/o bioquímicos y mecánicos) y post-acumulativos (edáficos y diagenéticos).

ABSTRACT

The paper deals on the study of calcareous crusts overlaying Quaternary and Plio-Quaternary levels of the Bajo Cinca. The development of these deposits evidences the existence of some several different levels (chalky; breccia-like; nodular and laminate crusts) whose textural and facial features make it possible to interpretate them as resulting from accumulative (chemical and/or biochemical, as well as mechanic) and postaccumulative (edafic and diagenetic) processes.

1. INTRODUCCION

En este trabajo se aborda el estudio de los distintos niveles de desarrollo de costras calcáreas presentes en la región del Bajo Cinca, habiéndose realizado una descripción detallada de los perfiles presentes y haciendo especial hincapié en sus características texturales y de facies y su relación con los posibles procesos generadores.

Regionalmente el área objeto de estudio se sitúa en la parte centro-oriental de la Depresión del Ebro, al sur de la provincia de Huesca (Monegros oscenses). Más concretamente comprende los alrededores de la confluencia de los ríos Alcanadre y Cinca, entre las localidades de Candanos y Albalate de Cinca (fig. 1).

Desde el punto de vista geológico (fig. 1), la región se puede incluir dentro de la unidad de plataformas calcáreas centrales de la Depresión del Ebro. Afloran materiales carbonatados de las

Formaciones Mequinenza y Alcubierre y detríticos de la Fm. Sariñena (QUIRANTES, 1978). Dentro de la estructura de la región se diferencian una zona afectada por pliegues de gran radio y otra con series monoclinales de buzamientos muy suaves.

Con posterioridad al Neógeno Superior, tiene lugar en la región una intensa actividad morfogénica cuyo resultado se traduce en la presencia de las siguientes unidades geomorfológicas:

- Glacis pliocuaternarios, con origen en las Sierras Exteriores oscenses y en las plataformas centrales de la Depresión.
- Sistema de terrazas fluviales perteneciente a los ríos Alcanadre y Cinca.
- Glacis cuaternarios desarrollados en relación con las terrazas anteriores.

A techo de estos niveles se produce preferentemente la acumulación de las costras calcáreas.

Estos materiales han sido estudiados, dentro de la región, por ALBERTO et al. (1983), estableciendo una aproximación a la problemática de

(*) Departamento de Geomorfología y Geotectónica. Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza.

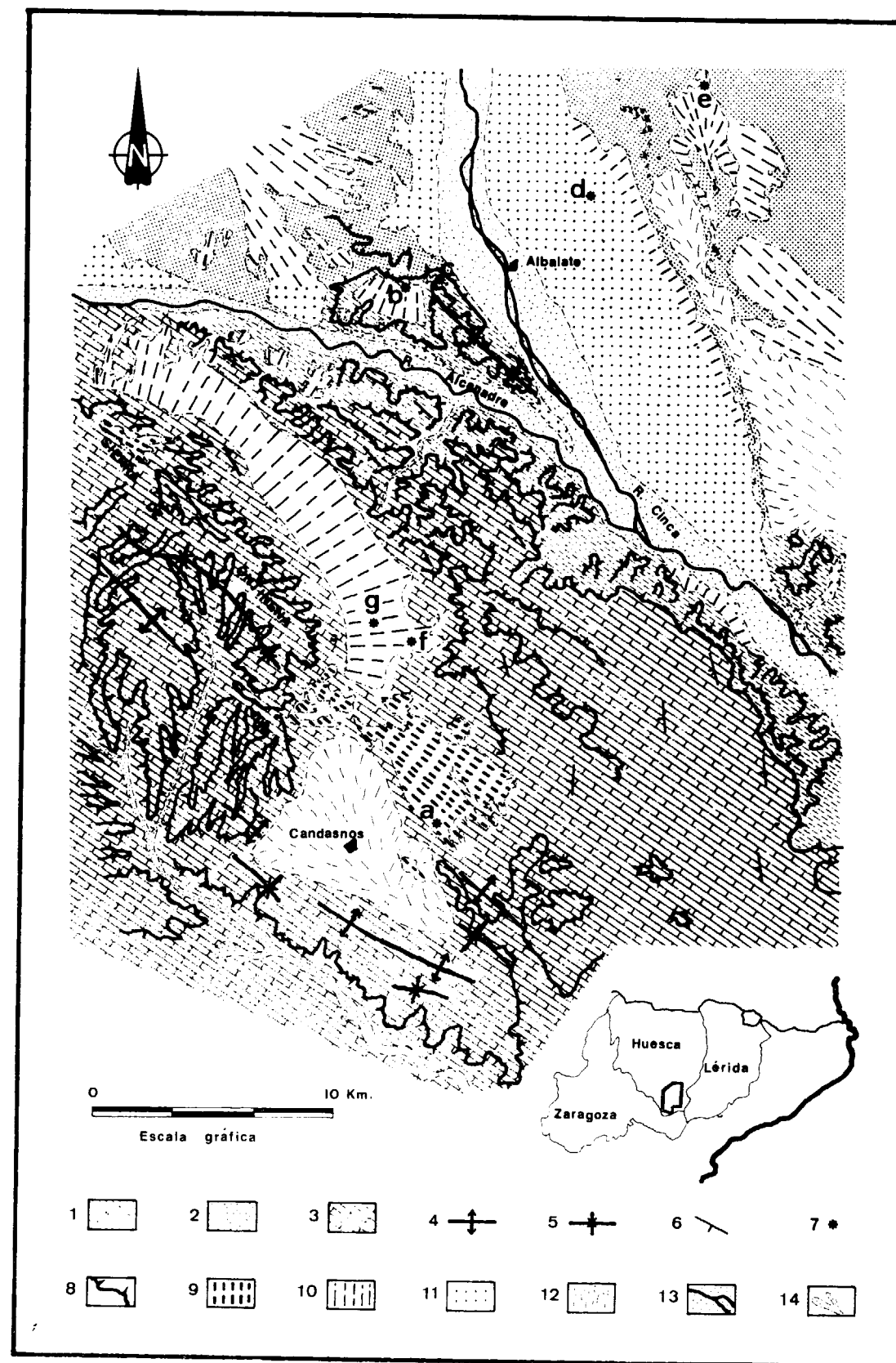


Figura 1.—Mapa geológico-geomorfológico de la región Albalate de Cinca-Candanos.
1 - Fm. Mequinenza. 2 - Fm Sariñena. 3 - Fm. Alcubierre. 4 - Anticlinales. 5 - Sinclinales. 6 - Dirección y buzamiento. 7 - Localización de los perfiles. 8 - Escarpes de estructuras terciarias. 9 - Glacis pliocuaternarios. 10 - Glacis cuaternarios. 11 - Terrazas cuaternarias. 12 - Derrames subactuales. 13 - Terrazas subactuales. 14 - Valles de fondo plano («vales»)

las costras calcáreas desarrolladas sobre los niveles pliocuaternarios del sector central pirenaico, no habiendo sido tratada anteriormente desde el punto de vista regional. Posteriormente, SANCHEZ MARCEN (1984) estudia las costas calcáreas desarrolladas sobre los diferentes niveles morfogénéticos que aparecen en la región. La nomenclatura, definición, clasificación e hipótesis genéticas formuladas, ponen de manifiesto la controversia existente en torno a estos materiales, tal y como se deduce de los trabajos de FREYET (1964, 1965, 1975 y 1979), REEVES (1976), ESTEBAN y KLAPPA (1983), JULIÁ y CALVET (1983) y VOGTH (1984).

2. DESCRIPCION

Los niveles de desarrollo de costras calcáreas se agrupan espacial (fig. 1) y temporalmente en tres conjuntos:

2.1. Costras calcáreas desarrolladas sobre niveles pliocuaternarios (figs. 1, perfil a, y 2 a).

En este apartado se incluyen los niveles de costra que aparecen sobre materiales detríticos de origen fluvial y modelados en glacis. Un perfil tipo que sintetiza estas acumulaciones es el siguiente:

NIVEL 1: Costra pulverulenta masiva con litoclastos dispersos con una potencia que llega hasta los 60 cm. Está formada por microesparita masiva con alta porosidad intercrystalina y algunas intercalaciones de costra laminada irregular. Puede estar afectada por procesos de fisuración y nodulización y presenta perforaciones tapizadas de esparita.

NIVEL 2: Costra brechoide que puede llegar hasta 50 cm. de potencia, en cuerpos lenticulares que contienen litoclastos subredondeados y subangulosos, fragmentos de otras costras y bioclastos, trabados por cemento microesparítico. Los cantos presentan bordes irregulares por corrosión y envueltas micríticas. Pueden aparecer agregados individualizados por envueltas laminares, así como huecos de disolución tapizados por calcita.

NIVEL 3: Costra nodulosa con niveles discontinuos de costra laminar, con gran variedad de componentes texturales entre los que hay que citar: micrita masiva, con ooides, con laminación

irregular ligeramente adomada, microesparita con nodulización y fisuración, litoclastos de pequeño tamaño con bordes irregulares y envueltas micríticas. Existe una porosidad alta y huecos de disolución. La potencia es superior a los 50 cm.

NIVEL 4: Costra acintada-laminada, formada por micrita con laminación irregular. Son niveles continuos de algunos centímetros de potencia.

NIVEL 5: Costra nodulosa con restos vegetales a muro y grietas de retracción a techo. Está formada por micrita-microesparita nodulizada y fisurada, micrita masiva con litoclastos y ooides. A techo puede aparecer un nivel de micrita laminada coronando el perfil. La potencia es de 20-30 cm.

2.2. Costras calcáreas desarrolladas sobre niveles del Pleistoceno antiguo (figs. 1, perfiles b, c, d, y e, y 2 a).

Se incluyen los niveles de costra desarrollados sobre acumulaciones detríticas de origen fluvial y con modelado en glacis o terraza, o sobre materiales miocenos que lateral y topográficamente equivalen a los niveles morfogénéticos anteriores. Un perfil tipo que refleja las características de todos ellos es el siguiente:

NIVEL 1: Gravas y arenas cementadas con un encostramiento progresivo a techo. Los cantos presentan envueltas carbonatadas en la parte inferior.

NIVEL 2: Costra pulverulenta y/o brechoide con intercalaciones de costra laminada discontinua. La potencia se acerca a los 70 cm. Los niveles laminados presentan estructuras de pseudo-anticlinales y están formados por un tramo inferior de micrita laminada y otro superior de microesparita masiva. El resto de este nivel está constituido por una costra pulverulenta lateralmente brechoide, formada por microesparita masiva porosa, litoclastos y fragmentos de costra retrabajada.

NIVEL 3: Costra nodulosa de 40 cm. de potencia, formada por nódulos rodeados de niveles laminares. Los nódulos incluyen ooides, pisolitos, agregados micríticos irregulares y litoclastos con bordes corroidos y coronas esparíticas cementados por esparita. Existe una malla entrelazada de fisuras que individualiza los nódulos y que se encuentran total o parcialmente rellenas de calcita.

NIVEL 4: Costra laminada formada por placas no continuas de algunos centímetros de potencia, constituidas por micrita laminada que se puede distribuir en varios niveles que incluyen ooides, litoclastos subangulosos de pequeño tamaño y agregados circulares cementados por microesparita-esparita. En la parte basal de este nivel pueden aparecer huecos de raíces.

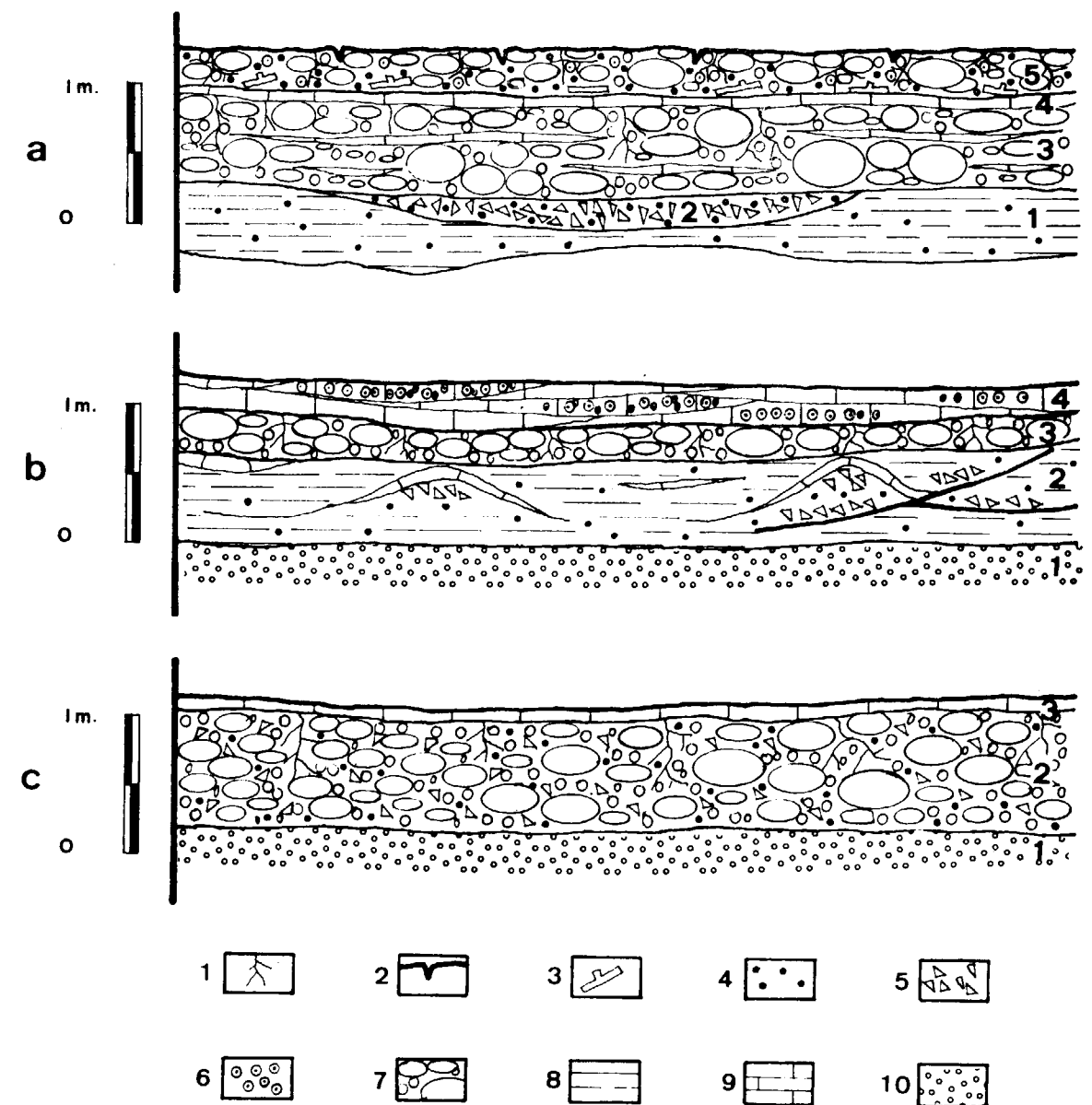


Figura 2.—Perfiles tipo de costras calcáreas desarrolladas en:

- a) Niveles morfogénéticos pliocuaternarios.
 b) Niveles morfogénéticos del Pleistoceno antiguo.
 c) Niveles morfogénéticos del Pleistoceno medio.
 1-Huecos y restos de raíces. 2-Grietas de desecación. 3-Restos vegetales transportados. 4-Litoclastos.
 5-Brechas cementadas y costras retrabajadas. 6-Ooides. 7-Nódulos. 8-Microesparita masiva poco consolidada. 9-Micrita laminada. 10-Gravas y arenas del sustrato cementadas.

2.3. *Costras calcáreas desarrolladas sobre niveles del Pleistoceno Medio (figs. 1, perfiles f y g, y 2 c).*

Se incluyen los niveles de costra desarrollados sobre acumulaciones detríticas de origen fluvial y con modelado en glacis o terraza. Las características de estos encostramientos aparecen reflejadas en el siguiente perfil tipo:

NIVEL 1: Gravas y arenas pertenecientes al sustrato con intercalaciones de costra laminada discontinuas.

NIVEL 2: Costra brechoide y nodulosa, que contiene litoclastos y fragmentos de costra retrabajados, cementados por microesparita. Su potencia varía entre 70 y 100 cm.

NIVEL 3: Costra laminada de pocos centímetros de espesor formada por micrita laminada y microesparita pulverulenta, con litoclastos de pequeño tamaño.

3. FACIES Y PROCESOS

Los perfiles descritos anteriormente ponen de manifiesto la presencia de cuatro niveles diferentes de encostramientos, que presentan las siguientes características texturales y morfológicas.

3.1. *Costra pulverulenta.*

Corresponde al nivel inferior del desarrollo de la costra, directamente sobre el sustrato que puede presentar un encostramiento gradual. Está constituido por calcita microesparítica masiva de alta porosidad, poco consolidada y muy deleznable. Son frecuentes las variaciones laterales, presencia de zonas más compactadas y huellas de actividad de raíces. Estas acumulaciones se interpretan como precipitación de CO₃Ca controlada bioquímicamente en los primeros estadios de desarrollo del perfil (ESTEBAN y KLAPPA, 1983). Esta precipitación se produciría de forma rápida en períodos de evaporación, tal y como señala PURSER (1980). De acuerdo con VOGT (1984), el origen del CO₃Ca es sedimentario y su acumulación se debe a fenómenos bioquímicos de acción de algas, hongos y bacterias.

3.2. *Costra nodular.*

Se encuentra generalmente sobre los niveles de costra pulverulenta y presenta una diferenciación en nódulos a diversas escalas: afloramiento y muestra de mano. Los nódulos se encuentran rodeados por envueltas micríticas laminadas, y están constituidos por litoclastos, fragmentos de costras retrabajadas, ooides e incluyen zonas laminadas discontinuas y otras de micrita masiva. Estos constituyentes presentan una cementación microesparítica. Todo el nivel se encuentra afectado por un desarrollo de fisuras, debidas a raíces en mallas tridimensionales que individualizan los nódulos. Este tipo de procesos se interpreta como resultado de la reestructuración del material original debida a procesos de fisuración por desecación del material homogéneo y de la actividad de las raíces que provocarían la individualización en nódulos y masas irregulares, tal y como señala FREYTET (1964). Esta idea es también compartida por ESTEBAN y KLAPPA (1983), ya que señalan la actividad biológica presente en un horizonte incipiente de suelo, generado sobre la costra, como causante de este tipo de procesos de reestructuración y nodulización. Las envueltas laminadas micríticas que rodean a los nódulos suelen aparecer en la parte superior de los niveles nodulosos. Para TRUC (1975) estas películas micríticas son revestimientos laminares de origen microorgánico que se instalan en la superficie del sedimento y que progresan en profundidad a favor de cualquier tipo de discontinuidad: fisuras, huecos, grietas de desecación, etc.

3.3. *Costra brechoide.*

Aparece sobre niveles de costra pulverulenta o costra nodulosa. Con esta última presenta frecuentes pasos laterales. Se caracteriza por la presencia de litoclastos de diversa naturaleza, así como fragmentos de costra retrabajada y bioclastos trabados con cemento esparítico, dando lugar a texturas «floating», equivalentes a las descritas por GOUDIE (1983) para las costras brechificadas. Los litoclastos presentan bordes irregulares y envueltas micríticas. A veces están muy fracturados. Existen frecuentes huecos de disolución que rodean a los cantos y a veces están rellenos de esparita. Estos materiales se interpretan como procesos de acumulación mecánica y retrabajamiento de otros niveles encostrados. La acción de

las raíces provocaría la aparición de huecos alrededor de los litoclastos que favorecerían la acción microbiológica, con generación de envueltas micríticas constructivas y la precipitación de calcita micrítica-microesparítica (CALVET, 1982).

3.4. *Costra laminada.*

Se presenta a techo de los perfiles de encostramiento. Está constituida por niveles de pocos centímetros y de gran compacidad. Se caracteriza por la presencia de laminaciones planas y continuas e irregulares y discontinuas, formando a veces pequeños domos. Alternando con esta laminación pueden encontrarse niveles con litoclastos de pequeño tamaño, ooides, micrita masiva pulverulenta y agregados circulares, todos ellos cementados por microesparita. El conjunto de la costra laminada está afectada por trazas verticales de raíces, grietas de desecación y pseudoanticlinales. Su continuidad lateral es importante. Este tipo de costras se interpreta como acumulaciones formadas por actividad algal que daría lugar a las laminaciones (VOGT, 1984), que alternan con niveles de acumulación y recementación de diferentes tipos de clastos (ESTEBAN y KLAPPA, 1983). El conjunto puede verse afectado por procesos edafológicos (huellas de raíces), etapas de desecación (grietas de retracción) y deformacio-

nes posteriores a la acumulación (pseudoanticlinales).

4. DISCUSION

Los distintos perfiles de costras estudiados en la región permiten establecer una sucesión temporal de los diferentes estadios genéticos presentes.

Estadio 1: Durante este estadio se produce la cementación del sustrato por precipitación de CO₃Ca, que se acentúa hacia techo de la formación.

Estadio 2: Tiene lugar la precipitación de microesparita masiva controlada fundamentalmente por factores bioquímicos, dando lugar de forma general a la aparición de la costra pulverulenta.

Estadio 3: Se produce la acumulación mecánica de litoclastos, costras retrabajadas, ooides y bioclastos, producida por esporádicas corrientes intermitentes que darían lugar a los niveles de costras brechoides. A la vez o posteriormente, tiene lugar la instalación de áreas colonizadas por vegetación, cuya actividad provocaría la reestructuración y fisuración de los

PERFIL	TIPO	PROCESOS	CARACTERISTICAS
Suelo		ACTIVIDAD ALGAL --- desecación	Micrita laminada y niveles con ooides
Costra laminada		(Lámina de agua ---)	
Costra nodulosa		REESTRUCTURACION DEBIDA A LA VEGETACION. (Aumento de la aridez)	Micrita y microesparita nodulizada y fisurada.
Costra brechoide		ACUMULACION MECANICA (Dinámica acuosa)	Litoclastos costras retrabajadas cementados por esparita
Costra pulverulenta		PRECIPITACION BIOQUIMICA (Etapa de aridez)	Microesparita masiva porosa
Roca soporte			

Fig. 3.—Perfil tipo y principales procesos actuantes.

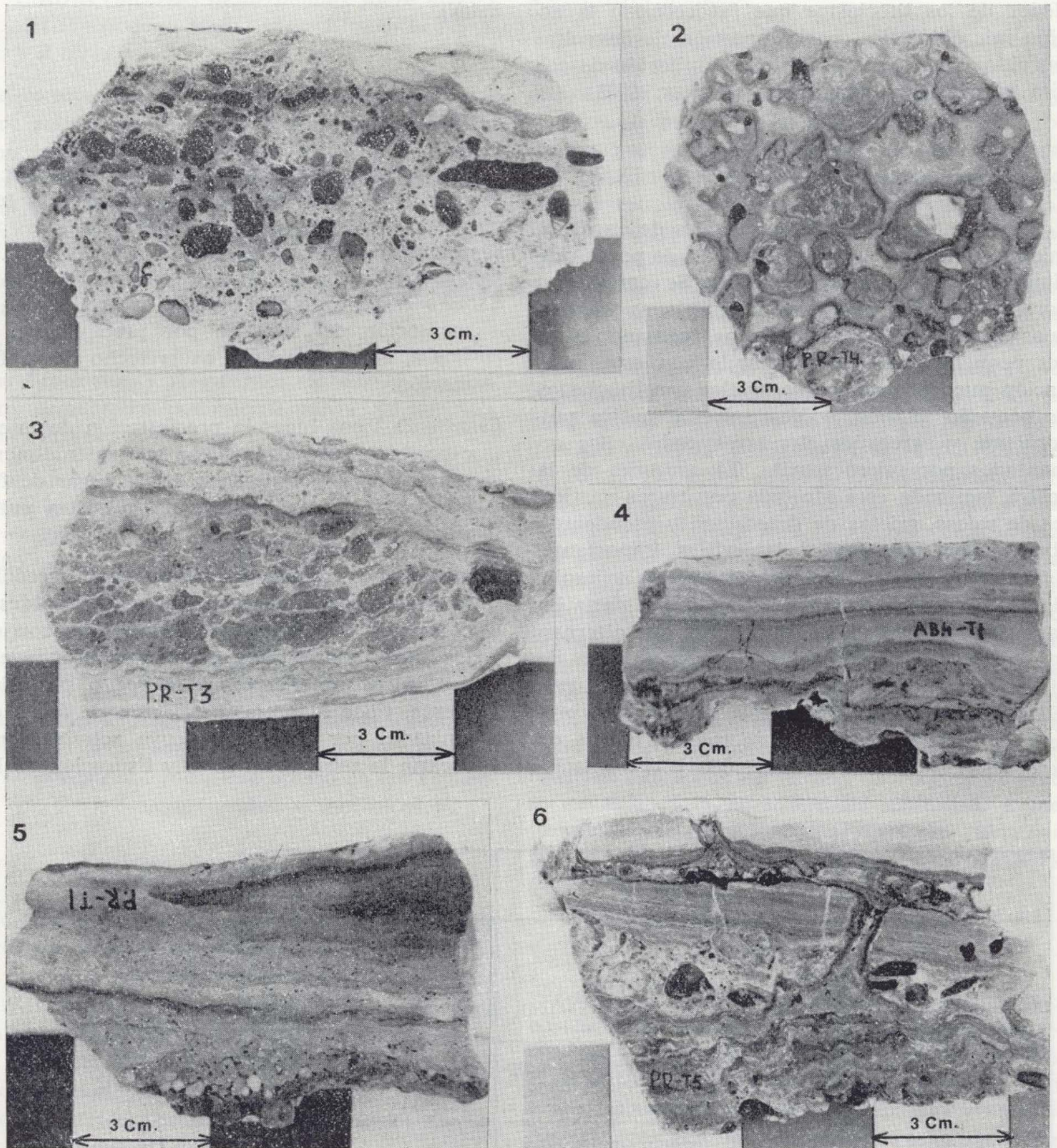


Foto 1.—Costra brechoide con textura «floating». Litoclastos y fragmentos de costra retrabajada con cemento microesparítico.

Foto 2.—Costra brechoide. Los litoclastos presentan envueltas micríticas y están cementadas por microesparita.

Foto 3.—Nódulo diferenciado con reestructuración nodular y fisuración en su parte interna.

Foto 4.—Costra laminada con superposición de varios niveles y restos de raíces

Foto 5.—Costra laminada que incluye un nivel de ooides en la base.

Foto 6.—Costra laminada con grietas de desecación en la que aparecen dos etapas de desarrollo

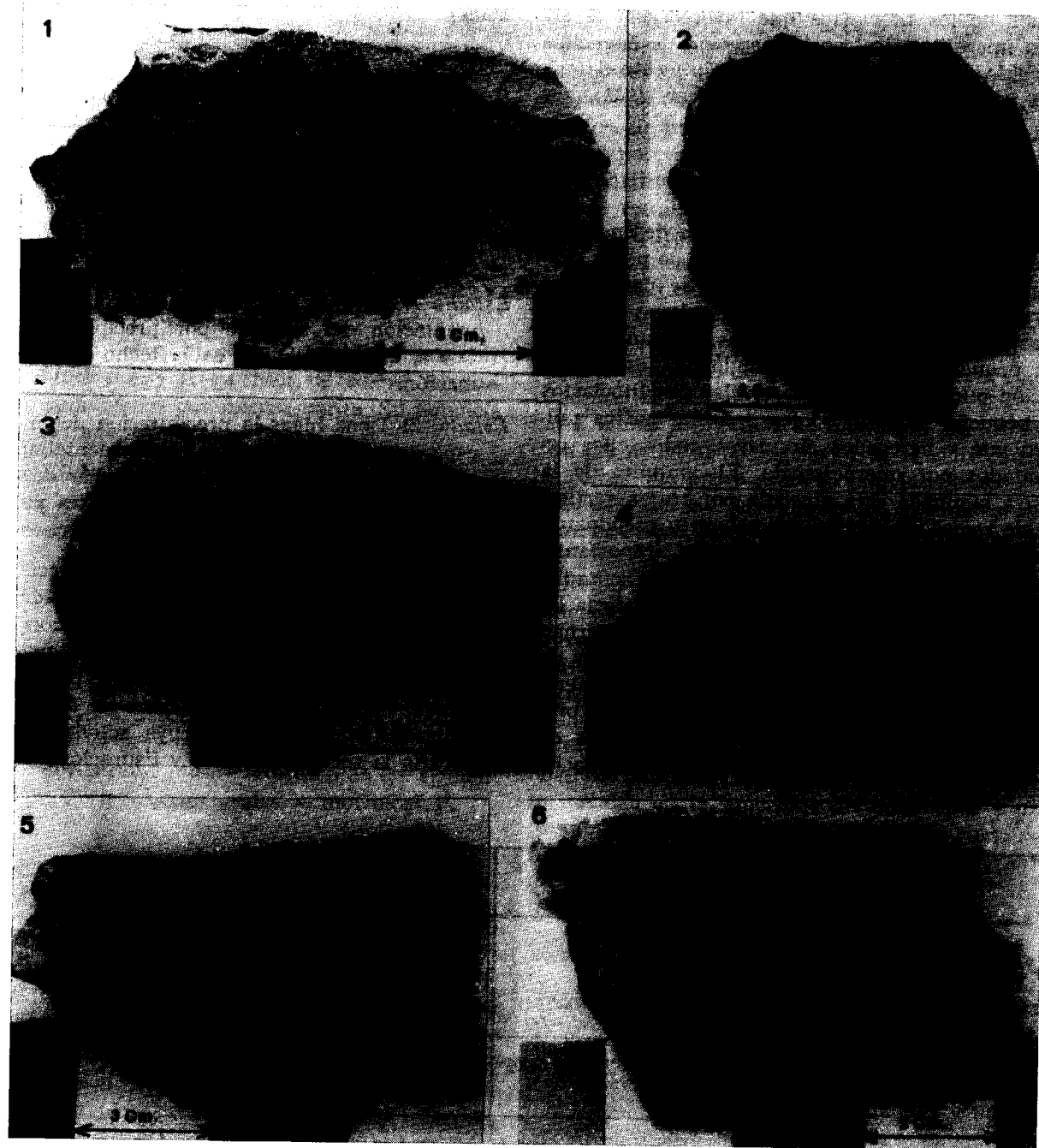


Foto 1.—Costra brechoide con textura «floating». Litoclastos y fragmentos de costra retrabajada con cemento microesparítico.

Foto 2.—Costra brechoide. Los litoclastos presentan envueltas micríticas y están cementadas por microesparita.

Foto 3.—Nódulo diferenciado con reestructuración nodular y fisuración en su parte interna.

Foto 4.—Costra laminada con superposición de varios niveles y restos de raíces

Foto 5.—Costra laminada que incluye un nivel de ooides en la base.

Foto 6.—Costra laminada con grietas de desecación en la que aparecen dos etapas de desarrollo

materiales existentes, dando lugar a las costras nodulosas.

Estadio 4: Se caracteriza por la presencia de zonas cubiertas con una delgada lámina de agua en la que la actividad algal generaría las costras laminadas, a las que esporádicamente llegarían aportes de materiales detríticos que se intercalan entre la micrita laminada.

Los procesos acumulativos descritos anteriormente se enmarcan en un contexto de cambios climáticos, como señalan diversos autores, y que corresponderían a una alternancia de etapas de intensa aridez (costra pulverulenta, desecación, etcétera) con otras en las que es posible la presencia de algún tipo de dinámica acuosa (niveles de acumulación mecánica, actividad algal, etc.) y el desarrollo de vegetales (huecos, reestructuración, etc.) (fig. 3). La repetición de los procesos vendría condicionada por factores climáticos.

5. BIBLIOGRAFIA

ALBERTO, F.; GUTIÉRREZ, M.; IBÁÑEZ, M.ª J.; MACHÍN, J.; MELÉNDEZ, A.; PEÑA, J. L.; POCOVÍ, A., y RODRÍGUEZ, J.: *El piedemonte pliocuaternario en el sector central pirenaico (Huesca y Lérida)*. Geographicalia, 18, pp. 109-126 (1983).

CALVET, F.: *Constructive micrite envelope developed in vadose continental environment in Pleistocene eoliantes of Mallorca (Spain)*. Act. Geol. Hisp., 17 (3), pp. 169-178 (1982).

ESTEBAN, M., y KLAPPA, C. F.: *Subaerial Exposure Environment*, in *Carbonate depositional environments*, Scholle, P. A. et al. (Ed.). A. A. P. G. Memoir 33, pp. 2-55 (1983).

FREYET, P.: *Le Vitrollien des corbières orientales. Réflexions sur la sédimentation «lacustre» nordpyrénéenne. Divagation fluviale, biorhexistasie, pédogénèse*. Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., 6 (2), pp. 303-314 (1964).

FREYET, P.: *Sédimentation microcyclothémique avec croûtes zonaires à Algues dans le calcaire de Beauce de Chauffour-Etrechy (Seine-et-Oise)*. Bull. Soc. Géol. de France (7), VII, pp. 309-313 (1965).

FREYET, P.: *Concretions calcaires pédologiques et analogies avec les calcaires «palustres» (bordures de lacs à sédimentation carbonatée). Exemples pris dans le Crétacé supérieur et le Tertiaire de France*. Colloque: «Types de croûtes calcaires et leur répartition régionale», pp. 51-54. Université Louis Pasteur. Strasbourg (1975 a).

FREYET, P.: *Quelques observations pétrographiques sur les calcaires continentaux rencontrés à l'excursion de mai, 1974 de l'A.G.B.P.: faciès lacustres, modifications pédologiques, Microcodium*. Bull. Inf. Géol. Bass. Paris, 12 (2), pp. 15-23 (1975 b).

FREYET, P., y PLAZIAT, J. C.: *Les ooides calcaires continentaux: diversité des formes, des gisements, des modes de formation*. Recherches Géographiques à Strasbourg, 12, pp. 69-80 (1979).

GOUDIE, A. S.: *Calcrete*, in *Chemical Sediments and Geomorphology*. Goudie, A. S., y Pye, K. (Ed.). Academic Press, pp. 93-131 (1983).

JULIÀ, R., y CALVET, F.: *Descripción e interpretación de las texturas de caliches recientes del campo de Tarragona y Penedés (Catalunya)*. Libro Jubilar J. M. Ríos. Contribuciones sobre temas generales, tomo III, IGME, pp. 61-69 (1983).

PURSER, B. H.: *Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents*. Tome 1. Publications de l'Institut Français du Pétrole. Société des éditions technip, 367 pp. (1980).

QUIRANTES, J.: *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de los Monegros*. Dept. Sed. y Suelos (Zaragoza). CSIC. Inst. «Fernando el Católico», 200 pp. (1978).

REEVES, C. C.: *Caliche: Origin, classification, morphology and uses*. Estacado Books, 233 pp. (1976).

SANCHE MARCEN, C.: *Geomorfología de la región Albalate de Cinca-Candasnos*. Tesis de Licenciatura, 160 pp. Universidad de Zaragoza (1984).

TRUC, G.: *Sols à profil calcaires différencié et pellicules rubanées dans le Paléogène du sud-est de la France*. Colloque: «Types de croûtes calcaires et leur répartition régionale», pp. 108-113. Université Louis Pasteur. Strasbourg (1975).

VOGT, T.: *Problèmes de genèse des croûtes calcaires quaternaires*. Bull. Centses Rech. Explo.-Prod. Elf-Aquitaine, 8 (1), pp. 209-221 (1984).

Recibido: Julio 1984

ESTUDIO DE MINERALES Y ROCAS

Mineralizaciones de Wolframio en el suroeste del Macizo Ibérico (Zona de Ossa Morena)

Por GABRIEL RUIZ DE ALMODOVAR (*); PURIFICACION FENOLL HACH-ALI (**)
y EMILIO GALAN HUERTOS (***)

RESUMEN

Se estudian algunos indicios de wolframio localizados al sur del eje Olivenza-Monesterio y situados en las proximidades de Oliva de la Frontera (Badajoz).

La mineralización está constituida por un gran número de especies: wolframita, pirita, scheelita, monacita, apatito, turmalina, molibdenita, calcopirita, bismutinita, etc. Todas ellas están relacionadas con filones de cuarzo, cuya disposición espacial está controlada fundamentalmente por la esquistosidad S₁ y por fracturas tardihercynicas N130, N40 y NS. Las rocas encajantes (esquistos de edad Cámbrico Superior y/o Ordovícico) presentan alteraciones metasomáticas en las zonas de contacto con los filones mineralizados.

De los datos obtenidos por difracción de rayos X y de análisis químico se deduce que las wolframitas son muy ferríferas, con una relación hubnerita/ferberita igual o inferior a 0,25.

Finalmente, se propone la secuencia de cristalización de las fases minerales correspondientes a la etapa neumatolítica-hidrotermal, así como la secuencia genética de las alteraciones metasomáticas, y se sugiere una relación genética de las menas con los granitoides de tipo S encontrados en la región.

ABSTRACT

Some tungsten outcrops located in the neighbourhood of Oliva de la Frontera (Badajoz), in the Ossa Morena zone, to the South of the Olivenza-Monesterio axis, have been studied.

The ores are composed of wolframite, pyrite, scheelite, monazite, apatite, tourmaline, molybdenite, chalcopryrite, bismuthinite, etc. and are related to quartz veins, the spatial disposition of which is fundamentally controlled by the S₁ schistosity and by later Hercynian fractures trending N130, N40 and NS. The country rocks, schists of the Upper Cambrian and/or Hercynian, show metasomatic alterations at the contact zones with the veins.

It has been deduced from chemical analysis and the X-ray diffraction results that the wolframites are highly ferriferous with a huebnerite/ferberite ratio equal to or less than 0.25.

Lastly, a crystallisation sequence for the mineral phases corresponding to the hydrothermal-pneumatolitical stage and the genetic sequence of the metasomatic alterations are proposed and a genetic relationship between the ores and the type S granitoids to be found in the region is suggested.

INTRODUCCION

En el sur de la provincia de Badajoz afloran diversos tipos de mineralizaciones e indicios de Fe, Mn-Fe, W, Bi, Au, Cu, U, etc., relacionados con materiales sedimentarios, vulcano-sedimenta-

rios, metamórficos e ígneos, cuya edad está comprendida desde el Precámbrico al Carbonífero.

Estas mineralizaciones fueron explotadas de forma discontinua desde principios de siglo hasta los años setenta para la extracción de W y Bi, la cual se realizaba por medio de galerías, socavones y en algunos casos lavando eluviales (SACRISTÁN, 1913) que llegaban a tener un contenido medio en wolframita de 6 Kg/m³.

La referencia más antigua corresponde al trabajo de CALDERÓN (1910), que cita por primera vez el hallazgo de grandes cristales de wolframita

(*) Sección de Geología de la Rábida. Universidad de Sevilla.

(**) Departamento de Cristalografía-Mineralogía. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. Departamento de Investigaciones Geológicas del CSIC. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

(***) Departamento de Geología. Facultad de Química. Universidad de Sevilla.

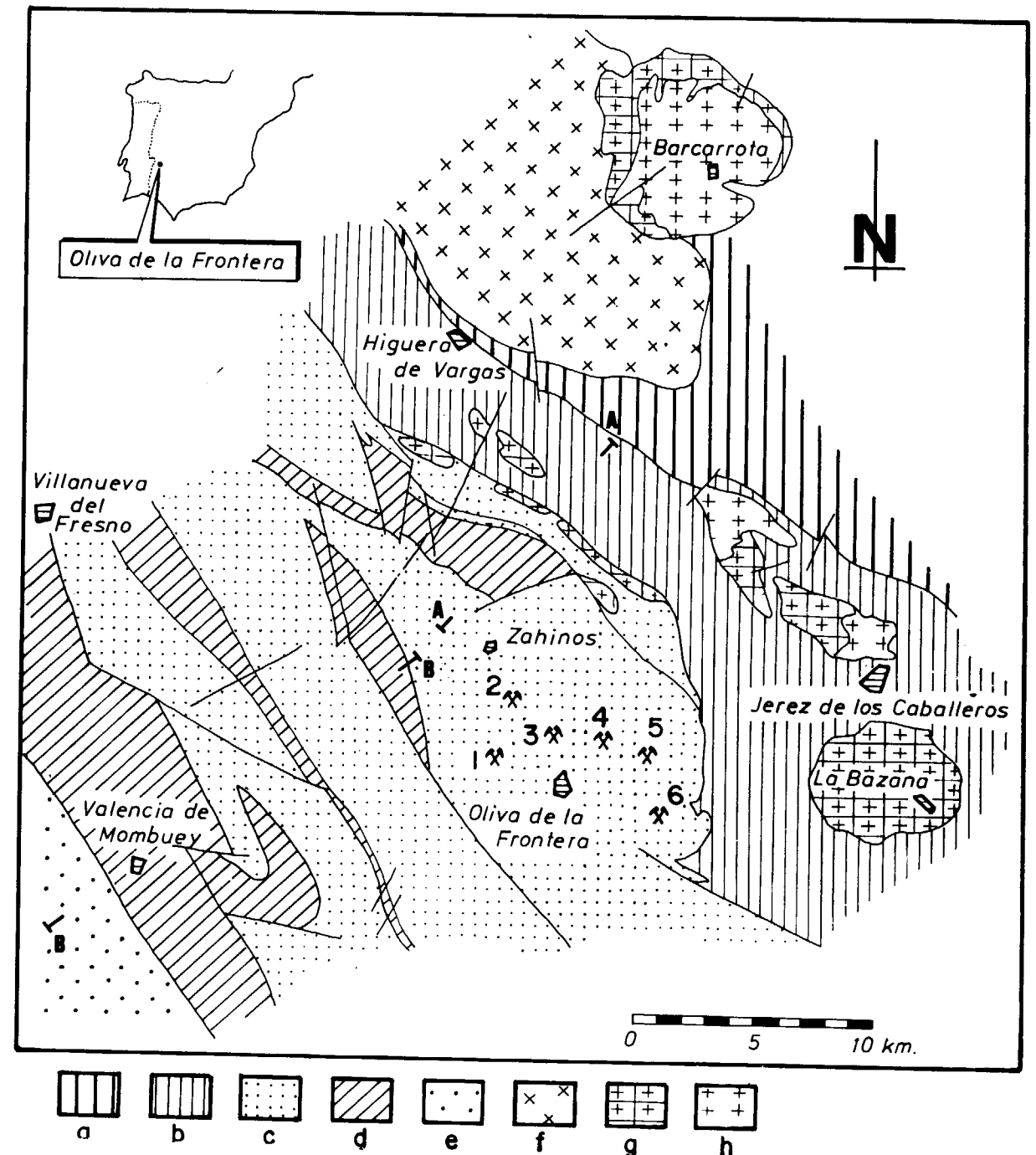


Figura 1.—Esquema geológico y localización de indicios:

- a) Precámbrico. b) Cámbrico Inferior y Medio. c) Cámbrico Superior y Ordovícico. d) Silúrico y Devónico Inferior. e) Devónico Superior. f) Granitoides sintectónico. g) Granitoides postectónicos. h) Gabros y dioritas.
- (1) La Pimienta. (2) Virgen de Gracia. (3) El Pinar. (4) Tolín-La Concha. (5) Sierra Nora y (6) Coto de Valcabado. AA' y BB' transversales correspondientes a las columnas litoestratigráficas.

en Oliva de la Frontera. Poco más tarde, SACRISTÁN (1913) dio una descripción detallada de la mina «Virgen de Gracia», situada en el Cerro de la Alcornocosa, a 1 Km. al N de Oliva de la Frontera. Bastante tiempo después, en las Memorias del PNIM (1971) se clasifica a la zona de Oliva

de la Frontera como área favorable de wolframio y bismuto. Más recientemente, ARRIBAS (1978) y GUMIEL (1981) citan estas mineralizaciones en relación con los diversos tipos de clasificación que pueden hacerse de ellas, de acuerdo con sus paragénesis y origen.

En el presente trabajo se estudian diversos indicios de mineralizaciones de wolframio localizadas en esta zona y se establecen sus condiciones de formación.

CONTEXTO GEOLOGICO

La zona aquí estudiada está localizada en el SO de Badajoz, junto a la frontera portuguesa (figura 1), y corresponde con un sector al sur del eje Olivenza-Monesterio (Zona de Ossa-Morena).

Los indicios estudiados se encuentran en las proximidades de Oliva de la Frontera y Zahinos, en relación con filones de cuarzo que se disponen formando un campo filoniano alargado de unos 10 Km., según directrices hercínicas (RUIZ DE ALMODOVAR, 1980). Dichos indicios corresponden a labores antiguas denominadas La Pimienta, Virgen de Gracia, El Pinar, Tolín-La Concha, Sierra Nora y Coto de Valcabado (fig. 1). Su posición geológica es un tanto excepcional, pues afloran desligadas de rocas graníticas y bastante alejadas de otras mineralizaciones de W, Sn, Mo y Bi del Macizo Ibérico.

En la figura 2 se representan dos columnas litoestratigráficas correspondientes a las transversales AA' y BB' señaladas en la figura 1.

En relación con la tectónica se han observado dos fases mayores de plegamiento. La primera, de mayor intensidad, produce pliegues isoclinales y vergentes hacia el oeste, con una dirección aproximada NNO-SSE (VAUCHEZ, 1975; MORENO y VEGAS, 1976). Los esfuerzos muy tangenciales, relacionados con esta fase, provocan también una tectónica de fracturas con desarrollo de fallas inversas y mantos de corrimiento (VAUCHEZ, 1975). Singenética con esta primera fase hay una esquistosidad de flujo S₁ muy penetrativa. La segunda fase de plegamiento produce pliegues de dirección N140E y es responsable de las estructuras de plegamiento observables a escala regional. Relacionada con esta segunda fase se origina una esquistosidad S₂ de fractura.

Las estructuras de estas dos fases principales

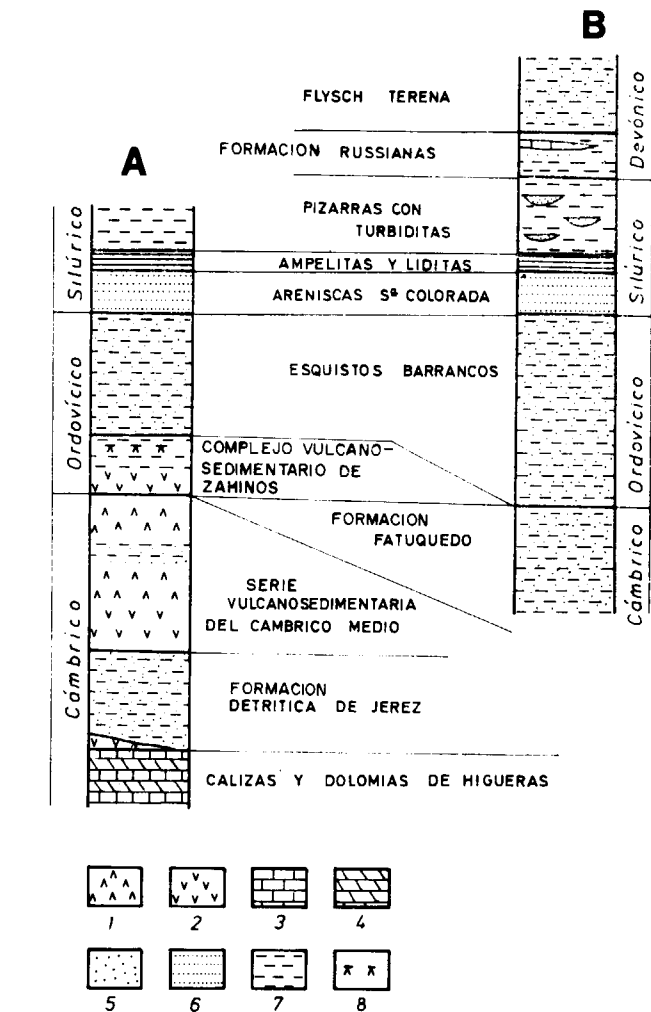


Figura 2.—Columnas litoestratigráficas.
 A) Transversal AA' de figura 1.
 B) Transversal BB' de figura 1.
 1) Espilitas. 2) Rocas piroclásticas ácidas. 3) Calizas. 4) Dolomías. 5) Conglomerados. 6) Areniscas y/o cuarcitas. 7) Pizarras y/o esquistos. 8) Rocas piroclásticas espiliticas.

interfieren entre sí dando lugar a una tectónica en «cabezas buzantes» (APALATEGUI, 1980). También se pueden considerar otras fases de deformación, de escasa importancia, que producen ondulación y «kink bands» (VAUCHEZ, 1975; MORENO y VEGAS, 1976).

Además de las fracturas asociadas a las fases principales de plegamiento, existe una compleja tectónica de fractura tardihercínica con fallas de cizallas, relacionadas con la gran falla Plasencia-Mesejana y con las de dirección E-O situadas en

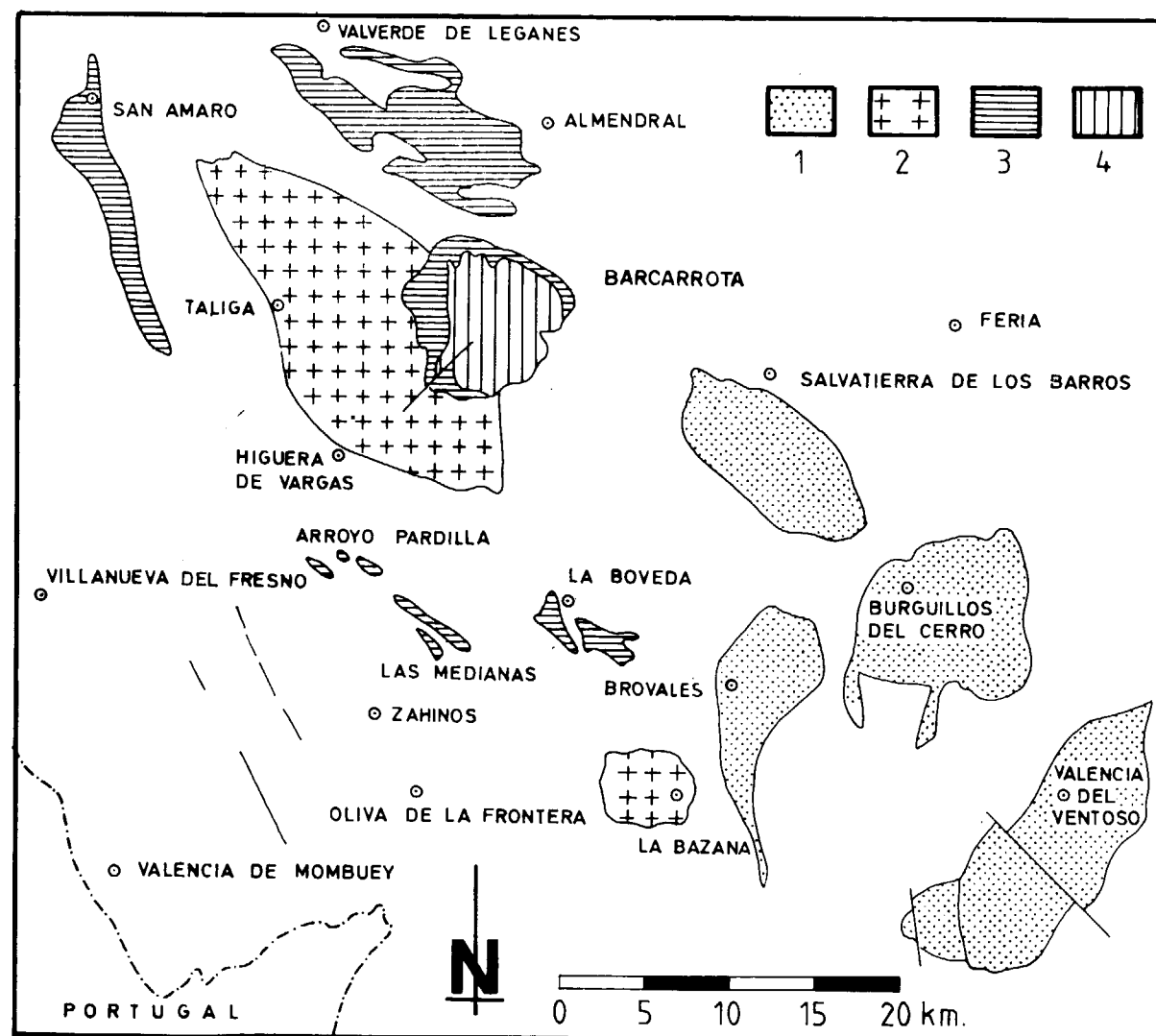


Figura 3.—Localización de las rocas intrusivas.

- 1) Granitoides Tipo I. 2) Granitoides Tipo S. 3) Granitoides alcalinos. 4) Rocas básicas alcalinas.

el límite de las zonas de Ossa-Morena y Sur-Portuguesa, y con fallas normales de distensión.

El metamorfismo regional es de grado bajo a muy bajo, con paragénesis de albita-hornblenda-biotita-epidota y albita-actinolita-clorita-epidota en rocas volcánicas básicas, y de moscovita-biotita-cuarzo, moscovita-cloritoide-clorita-cuarzo y moscovita-clorita-cuarzo en rocas pelíticas. Este metamorfismo regional es sin-a tardigenético con la primera fase de plegamiento (RUIZ DE ALMODOVAR, 1983).

Las rocas intrusivas graníticas de la región (figura 3) que se localizan preferentemente en una

alineación coincidente con el eje Olivenza-Monesterio, se pueden agrupar en dos grandes conjuntos:

- a) Conjunto de tendencia calcoalcalina, constituido por granitoides tipo I (CHAPPEL y WHITE, 1974), que son granodioritas y tonalitas, asociadas a otras rocas intermedias y básicas en complejos intrusivos zonados (PONS, 1982) y granitoides tipo S (CHAPPEL y WHITE, 1974), que son granitos s.s. con dos micas asociados con términos de tendencia alcalina aluminosa ricos en moscovita.

Granitoides de este tipo son el de Higuera-Táliga y el de La Bazana. El granito de Higuera-Táliga tiene una textura orientada porfiróide y granuda grosera y su intrusión es sintectónica con la segunda fase de plegamiento (BARD y FABRIES, 1970; CARNICERO y CASTRO, 1982). El granito de La Bazana tiene una textura granuda, con frecuente transformación de los feldespatos en moscovita, asociación con leucogranito moscovítico y con pegmatitas, las cuales cuando intruyen en rocas pelíticas dan lugar a turmalinización en las salbandas; la intrusión es postectónica con desarrollo de una aureola de metamorfismo en la que se llega a facies de corneanas hornbléndicas.

- b) Conjunto de tendencia alcalina, constituido por granitoides frecuentemente hipersolvus, a veces con anfíboles ricos en sodio, cristalización tardía de biotita y/o anfíbol cuando están presentes y ausencia de moscovita. Muestran equivalencias con granitoides del grupo «A» (alcalinos anorogénicos) (LOISELLE y WONES, 1979). Pertenecen a este conjunto el complejo de Barcarrota, las intrusiones de Arroyo La Pardilla-Cortijo de las Medianas y los diques e intrusiones de Villanueva del Fresno-Valencia de Mombuey. También las intrusiones de Feria, Sierra Vieja, La Bóveda y Almendral que DUPONT y BONIN (1981) consideran equivalentes a los complejos magmáticos anorogénicos.

MINERALIZACIONES

En la figura 4 se muestra la disposición y geometría de cuatro de los indicios estudiados (La Pimienta, Virgen de Gracia, El Pinar y Tolín-La Concha). La morfología es en todos ellos de tipo filoniano y/o «stockwork», con dimensiones que oscilan entre 1 cm. y 2 m. de potencia y hasta 200 m. de longitud. Dichos filones se presentan subhorizontales e inclinados, estos últimos con direcciones aproximadas N130, N40 y NS, y buzamientos variables; son subconcordantes u oblicuos a la esquistosidad S_1 , siendo en ambos casos posteriores a la segunda etapa de plegamiento, ya que cortan a la esquistosidad S_2 . Los filones oblicuos a la S_1 son tardíos respecto a los sub-

concordantes, y se emplazan en fracturas de distensión tardihercínicas.

El control tectónico de los filones está establecido por los planos de esquistosidad S_1 y por las fracturas tardihercínicas N130, N40 y NS.

Todos los filones están constituidos esencialmente por cuarzo, que va acompañado de micas y turmalina y por las menas que constituyen la metalización: wolframita, scheelita y sulfuros. Estas se disponen en bolsadas dentro del filón, sobre todo en las zonas de contacto con las rocas encajantes y en aquellas en donde el filón se adelgaza (fig. 5 a), o bien diseminadas en la propia roca de caja.

Las rocas encajantes son de edad Cámbrico Superior y Ordovícico Inferior. En la mayoría de los casos se trata de los esquistos de Barrancos, de naturaleza pelítica y constituidos por lechos milimétricos de cuarzo y filosilicatos (moscovita y clorita) alternantes. Cuando las rocas de caja son volcánicas básicas los filones no poseen wolframita y aparece sin embargo epidota.

En la proximidad de los filones las rocas están afectadas por un débil metamorfismo térmico, que da lugar a la cristalización de la biotita, moscovita, turmalina, clorita y cuarzo, los cuales se disponen sin orientación preferente y superpuestos a las esquistosidades S_1 y S_2 .

Además, como en otras mineralizaciones filonianas de Sn-W (SCHCHERBA, 1969; STEMPROK, 1978; NEIVA, 1982) las rocas encajantes suelen estar afectadas por importantes procesos de alteración hidrotermal y/o neumatolítica, que ocasionan una transformación metasomática, generalizada o puntual, de las rocas y da lugar a la formación de turmalina, moscovita-sericita, cuarzo, magnetita y/o hematites, clorita, pirita, y siderita. Todas estas alteraciones adoptan disposiciones zonadas respecto a los filones, siendo la asociación más frecuente y generalizada cuarzo-turmalina-moscovita-hematites (RUIZ DE ALMODOVAR, 1980).

El estudio mineralógico de los afloramientos ha deparado la determinación de un gran número de especies, algunas de las cuales —monacita, apatito, topacio, molibdenita, arsenopirita y oro nativo—, suelen ser bastante escasas. El resto de los minerales determinados se encuentran de forma generalizada en la mayoría de los afloramientos.

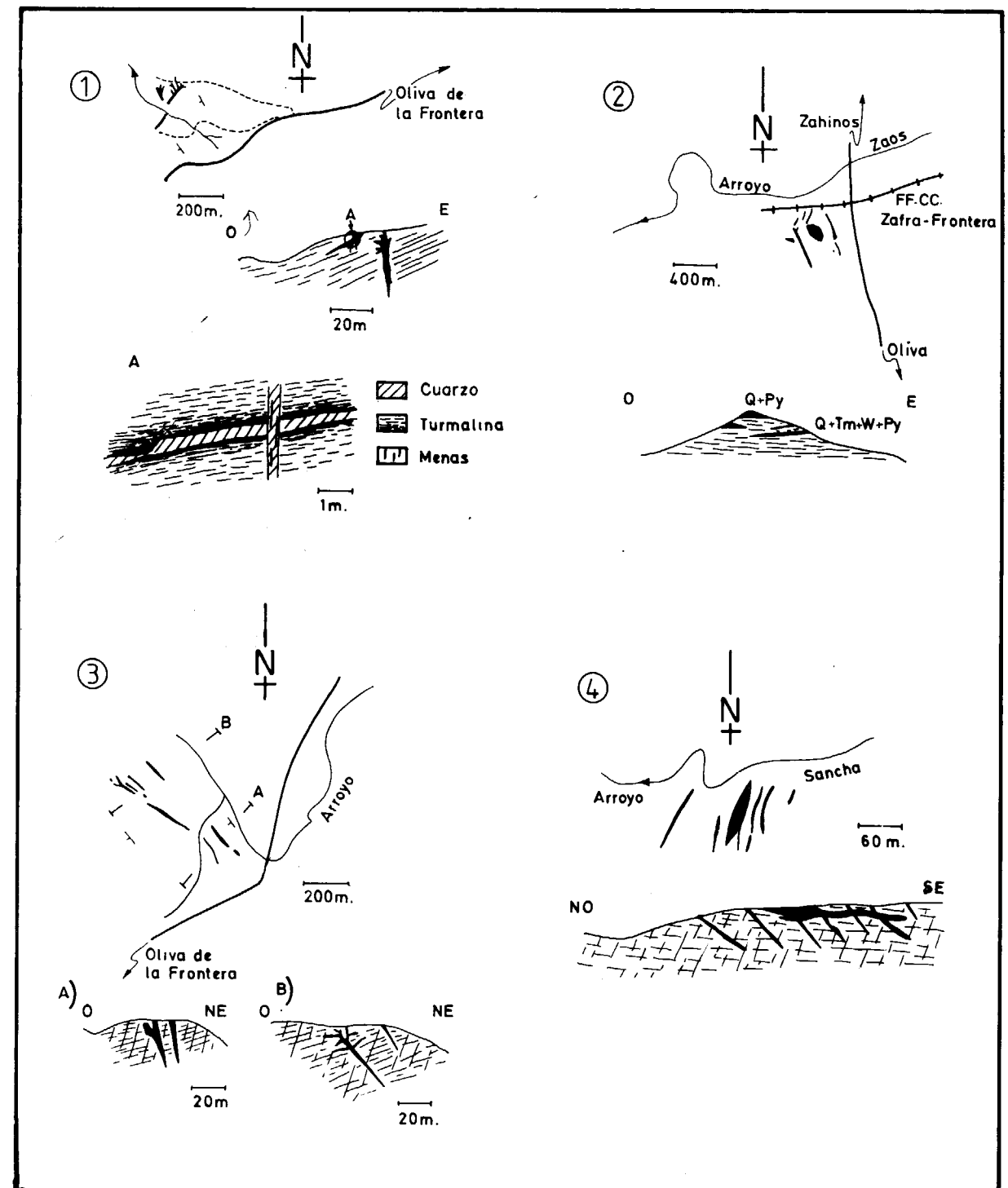


Figura 4.—Mapas esquemáticos y morfologías de los indicios:

- 1) La Pimienta. 2) Virgen de Gracia (Q=cuarzo, Py=pirita, Tm=turmalina, W=wolframita). 3) El Pinar. 4) Tolín-La Concha.

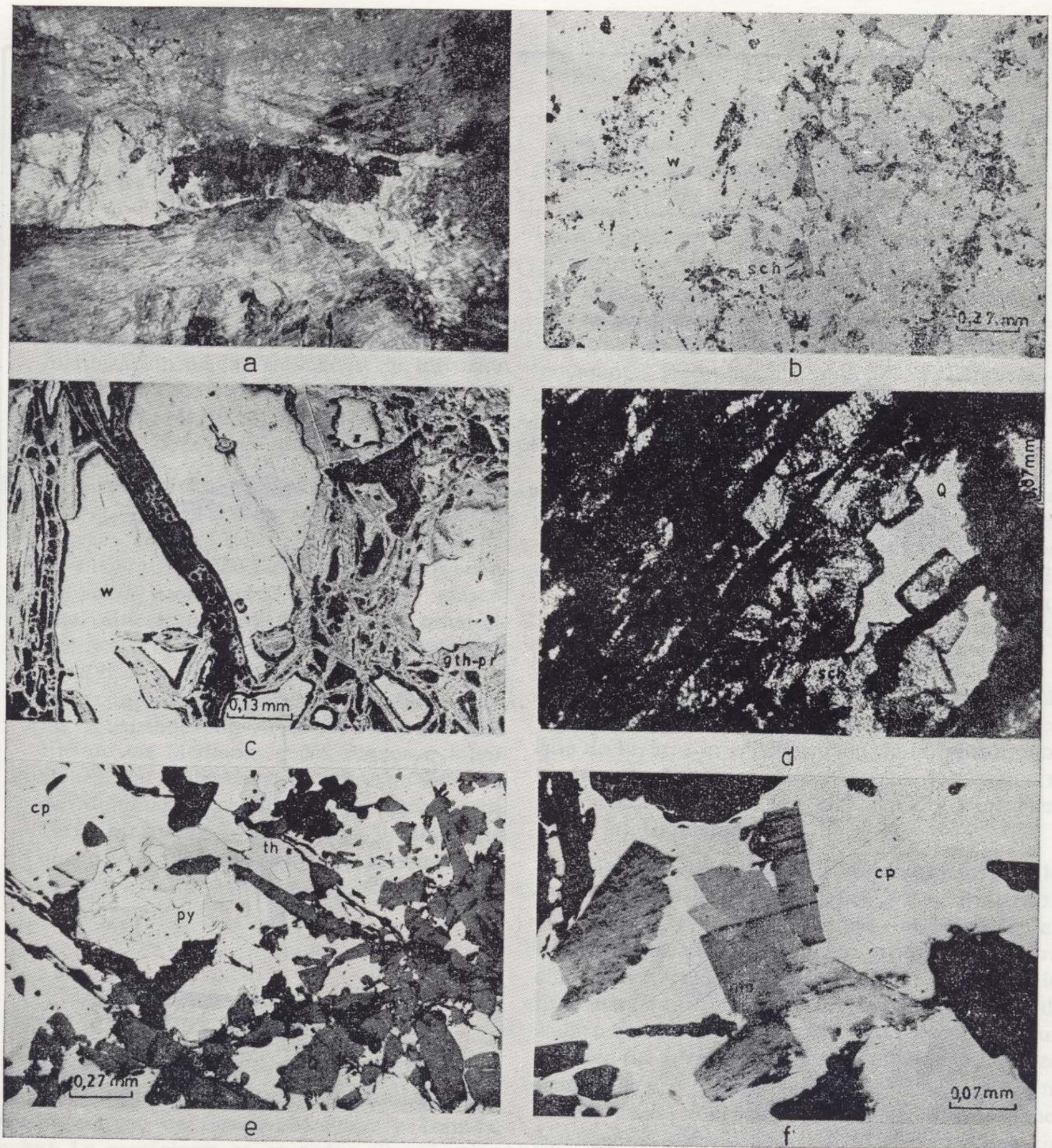


Figura 5

- a) Filón de cuarzo con wolframita y scheelita concentradas en la zona de adelgazamiento (Virgen de Gracia).
- b) Microfotografía de intercrecimiento de wolframita (w)-scheelita (sch) (Luz reflejada, nícoles II). (Tolín-La Concha).
- c) Microfotografía de wolframita (w) fracturada y alterada parcialmente a goethita (gth) y pirolusita (pr) (Luz reflejada, nícoles II) (La Pimienta).
- d) Microfotografía de scheelita idiomorfa (sch) con cuarzo intersticial (Q) (Luz transmitida, nícoles II) (Tolín-La Concha).
- e) Microfotografía de la asociación paragenética de turmalina (t), cuarzo (Q), pirita (py), calcopirita (cp) y cobre gris (th) (Luz reflejada, nícoles II) (La Pimienta).
- f) Microfotografía de cristales tabulares de molibdenita (mo), con clara birreflexión, incluidos en calcopirita (cp) (Luz reflejada, nícoles II) (La Pimienta).

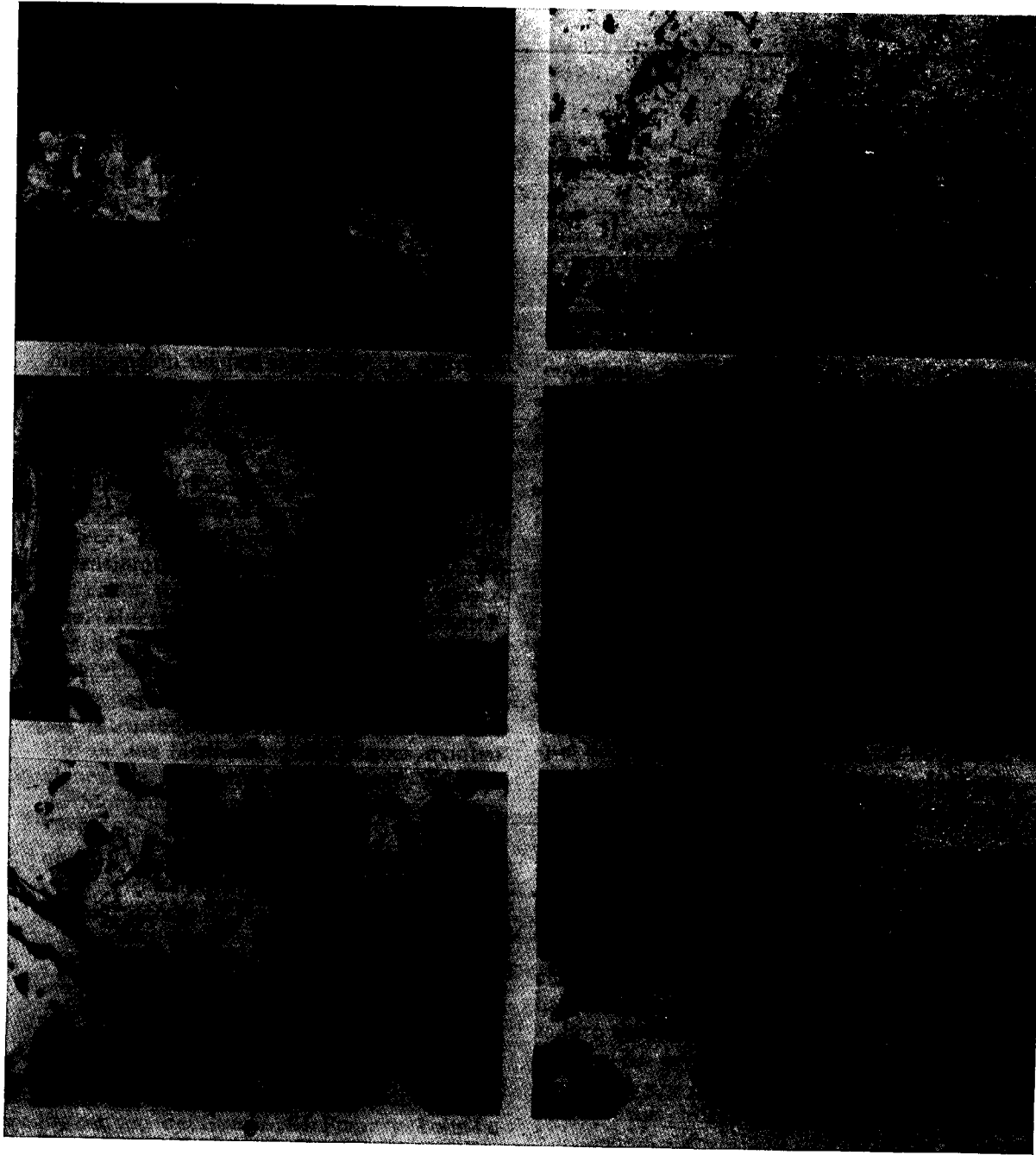


Figura 5

- Filón de cuarzo con wolframita y scheelita concentradas en la zona de adelgazamiento (Virgen de Gracia).
- Microfotografía de intercrecimiento de wolframita (w)-scheelita (sch) (Luz reflejada, nicoles II). (Tolín-La Concha).
- Microfotografía de wolframita (w) fracturada y alterada parcialmente a goethita (gth) y pirolusita (pr) (Luz reflejada, nicoles II) (La Pimienta).
- Microfotografía de scheelita idiomorfa (sch) con cuarzo intersticial (Q) (Luz transmitida, nicoles II) (Tolín-La Concha).
- Microfotografía de la asociación paragenética de turmalina (t), cuarzo (Q), pirita (py), calcopirita (cp) y cobre gris (th) (Luz reflejada, nicoles II) (La Pimienta).
- Microfotografía de cristales tabulares de molibdenita (mo), con clara birreflexión, incluidos en calcopirita (cp) (Luz reflejada, nicoles II) (La Pimienta).

tos estudiados: turmalina, moscovita, biotita, cuarzo, wolframita, pirita, scheelita, calcopirita, bismutinita, cobres grises, magnetita, hematites, siderita, etc. Las características fundamentales y forma de presentarse de todos ellos, así como el estudio de detalle de los más significativos, entre los que se encuentra la turmalina, han sido ya tratados (RUIZ DE ALMODÓVAR, 1983; RUIZ DE ALMODÓVAR et al., 1982). Por ello, aquí nos limitaremos exclusivamente al estudio de las fases más importantes que constituyen las menas opacas.

La wolframita se presenta en masas incluidas en los filones de cuarzo, frecuentemente localizados en la zona de contacto con la roca encajante, y diseminada en las zonas ricas en moscovita. Su hábito es prismático tabular y los cristales se disponen en agregados interpenetrados de color negro brillante y opacos.

Al microscopio se observa que es posterior a la turmalina y anterior a la pirita y calcopirita, con las que suele ir asociada. Suele formar intercrecimientos con scheelita (fig. 5 b), que pueden interpretarse de acuerdo con GRUBB (1967) como exsoluciones a partir de la solución sólida wolframita-scheelita de alta temperatura. Con frecuencia la wolframita está alterada parcial o totalmente a óxidos de hierro y/o manganeso del tipo goethita y pirolusita, respectivamente, a favor de fracturas y de planos de exfoliación (figura 5 c).

Se ha determinado, mediante difracción de rayos X, el valor del espaciado de la reflexión 200, utilizando cuarzo como estándar interno y midiendo la diferencia entre el d_{102} del cuarzo y el d_{200} de la wolframita. En la figura 6 se han representado los datos obtenidos para seis de las muestras. Los valores oscilan entre 7 y 13 por 100 en hubnerita, lo que indica, de acuerdo con Hsu (1976) que se trata de wolframitas bastante ferríferas, con una relación media H/F próxima a 0,11. Sin embargo, del análisis químico de los elementos mayoritarios de dos de las mismas muestras anteriores (Tabla 1) se deducen unas relaciones H/F próximas a 0,25. No obstante, de cualquier forma se confirma que se trata de wolframitas ricas en hierro, esencialmente ferberitas, lo cual debe estar relacionado con la importante movilización de Fe que tuvo lugar durante los procesos de turmalinización y moscovitización, que son anteriores y/o simultáneos a la cristalización de la wolframita (RUIZ DE ALMODÓVAR et al., 1982).

TABLE 1
Análisis químico de wolframitas

Muestras	0-35	Al-11
WO ₃	74,34	73,00
FeO	19,21	73,00
MnO	5,23	

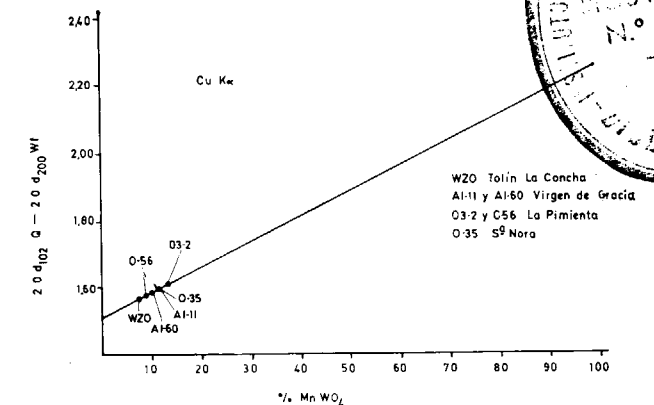


Figura 6.—Diagrama de composición química de wolframitas deducida mediante difracción de rayos X (Hsu, 1976).

La scheelita es bastante frecuente y se presenta siempre en relación con filoncillos de cuarzo y de muy diversas formas: asociada a wolframita, como alteración de ésta y/o como desmezcla, en agregados de aspecto masivo formados por cristales xenomórficos interpenetrados, en forma de pequeños cristales idiomorfos (fig. 5 d), y rellenando fracturas que afectan a los cristales de wolframita.

Su composición química se ha calculado por difracción de rayos X a partir de las intensidades de las reflexiones 211 y 114 (HSU y GALLI, 1973). Los valores obtenidos indican una composición del 100 del 100 de CaWO₄, sin sustitución aparente de wolframio por molibdeno.

El resto de los minerales opacos estudiados (figs. 5 e y 5 f), algunos como la pirita y calcopirita, bastante abundantes, presentan unas características texturales e intercrecimientos que han permitido establecer la secuencia paragenética de dichas mineralizaciones, como queda esquematizado en la figura 7.

MINERALOGENESIS Y CONCLUSIONES

De acuerdo con el estudio de las mineralizaciones y las alteraciones sufridas por las rocas encajantes, se han establecido las secuencias de cristalización de las fases minerales encontradas en los indicios investigados (figs. 7 y 8).

Estas secuencias mineralogenéticas indican (NEIVA, 1982) un origen a partir de un fluido neumatolítico y/o hipotermal con temperaturas del orden de 500-450°C. Este fluido, por su interacción con las rocas encajantes y en sucesivas pulsaciones, iría cambiando de composición y, con el descenso de la temperatura, pasaría a condiciones mesotermales y epitermales.

Así pues, la primera etapa correspondería a la mineralización neumatolítica-hipotermal desde los 500-450°C hasta los 350°C, y abarcaría hasta la cristalización de la wolframita. La segunda etapa, mesotermal, desde los 350°C hasta los 250°C, comprendería desde el inicio de la cristalización de la scheelita hasta la de los cobres grises. Por último, la tercera etapa, epitermal, desde los 150°C hasta los 50°C completaría la cristalización del resto de las fases minerales que componen toda la secuencia neumatolítica-hidrotermal.

Puntualmente existen transformaciones de los minerales primarios debidas a alteraciones supergénicas.

En lo que se refiere a la procedencia de los fluidos mineralizantes, aunque no se observan claras relaciones geométricas con rocas ígneas graníticas, cabe pensar, por su naturaleza, que sean de origen postmagmático y relacionado con intrusiones graníticas. Por ello, se ha intentado identificar el granito o tipo de granitoide con el cual deben estar relacionadas las mineralizaciones. A este respecto, se conoce que las mineralizaciones filonianas postmagmáticas de Sn-W se encuentran en zonas orogénicas relacionadas con granitoides calcoalcalinos y en zonas anorogénicas en relación con granitoides alcalinos (TAYLOR, 1978), pero en todos los casos están directamente asociados a diferenciados aluminicos ricos en moscovita. En el caso de las rocas de las zonas orogénicas, los granitoides de Sn-W son del tipo S (PLIMER, 1980).

En la zona aquí estudiada aparecen ambos tipos de granitoides: los tipo S calcoalcalinos y los alcalinos. El hecho de no haber encontrado dife-

renciados aluminico-moscovíticos en los granitoides alcalinos parece descartarlos como posible fuente de las mineralizaciones de wolframio. De los granitoides identificados como tipo S, el granito de La Bazana es el que muestra características más afines o casi idénticas a las de otros granitos asociados a mineralizaciones de Sn-W. Presenta diferenciados aluminico-moscovíticos y, al igual que los granitos Sn-W del Macizo Ibérico, su intrusión es claramente postectónica.

Por todo ello se propone que las mineralizacio-

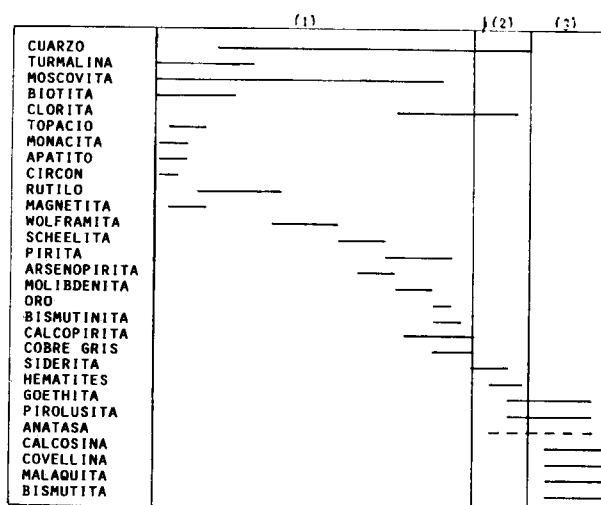


Figura 7.—Esquema general de fases minerales y secuencia paragenética de las mineralizaciones de wolframio. (1) Fase neumatolítica-hidrotermal. (2) Fase epitermal. (3) Fase supergénica.

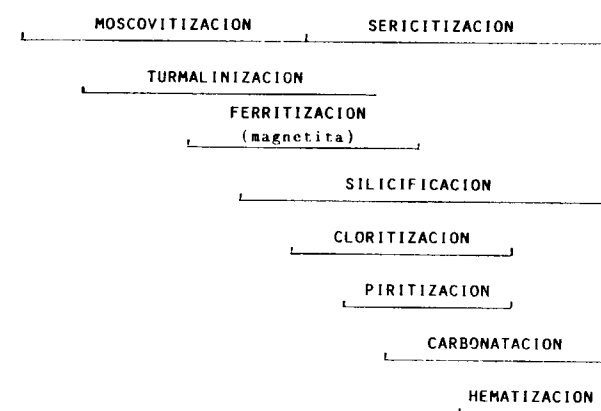


Figura 8.—Esquema general de la secuencia de alteración metasomática.

nes de wolframio de Oliva de la Frontera-Zahinos están relacionadas con un granitoide calcoalcalino tipo S similar al granito de La Bazana.

Sin embargo, no se descarta, como hipótesis de trabajo futuro, la existencia de un control por preconcentraciones de wolframio y otros elementos como bismuto, oro, etc.; en depósitos sin sedimentarios, hecho puesto de manifiesto en la mayoría de las provincias metalogenéticas de Sn-W (PLIMER, 1980; DERRÉ, 1982).

Por último, y en relación con el interés económico actual de las mineralizaciones estudiadas, se puede decir que es escaso. Sin embargo, la existencia de nuevos yacimientos en esta zona es bastante probable y por ello se propone para su prospección la identificación y cartografía de granitos aluminicos y/o tipo S, así como un estudio geoquímico de los mismos, y de las rocas pelíticas alteradas por fluidos hidrotermales, con vistas a la posible localización de zonas apicales de granitoides mineralizados no aflorantes.

BIBLIOGRAFIA

- APALATEGUI, O.: Consideraciones estratigráficas y tectónicas en Sierra Morena occidental. 1.ª Reunión sobre Geología de Ossa Morena. Temas Geológico-Mineros. IGME, pp. 23-41 (1980).
- ARRIBAS, A.: Mineral paragenesis in the Variscan metallogeny of Spain. «Studia Geologica», 14, pp. 223-260 (1978).
- BARD, J. P., y FABRIES, J.: Aperçu pétrographique et structurale sur les granitoides de la Sierra Morena occidentale (Espagne). «Bol. Geol. Min.», 81, pp. 112-127 (1970).
- CALDERÓN, S.: Los minerales de España. Ed. Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones. Madrid, 561 pp. (1910).
- CARNICERO, A., y CASTRO, A.: El complejo básico de Barcarrota: Su petrología y estructura. «Bol. Geol. Min.», 93, pp. 165-171 (1982).
- CHAPPEL, B. W., y WHITE, A. J. R.: Two contrasting granite types. «Pacific Geology», 8, pp. 173-174 (1974).
- DERRÉ, C.: Caracteristiques de la distribution de gisements à étain et tungstène dans l'Ouest de l'Europe. «Mineral. Deposita.», 17, pp. 55-77 (1982).
- DUPONT, R., y BONIN, B.: Le massif alcalin de Feria-Sierra Vieja (Sierra Morena occidental, Province de Badajoz, Espagne): un jalon du magmatisme anorogénique de Méditerranée occidentale. «Bull. Soc. Geol. France», 23, pp. 477-485 (1981).
- GRUBB, P. L. C.: Solid solution relationships between wolframite and scheelite. «Am. Mineral.», 52, pp. 418-426 (1967).
- GUMIEL, P.: Essai sur la classification typologique des principaux gisements de Sn-W d'Estremadura (Espagne). «Chronique Recherche Minière», núm. 463, pp. 5-26 (1981).
- HSU L. C.: The stability relation of the wolframite series. «Am. Mineral.», 61, pp. 944-955 (1976).
- HSU, L. C. y GALLI, P. E.: Origin of the scheelite-powellite series of mineral. «Econ. Geol.», 68, pp. 681-696 (1973).
- LOISELLE, M. C., y WONES, D. R.: Characteristics and origin of anorogenic granites. «Geol. Soc. Am. Abstract Programs», pp. 468 (1979).
- MORENO, F., y VEGAS, R.: Tectónica de las series ordovícicas y silúricas de la región de Villanueva del Fresno (Badajoz). «Estudios Geológicos», 32, pp. 47-52 (1976).
- NEIVA, A. M. R.: Geochemistry of muscovite and some physico-chemical conditions of the formation of some tin-tungsten deposits in Portugal. In: Metallization associated with acid magmatism. Ed. Evans. John Wiley and Sons, pp. 243-259 (1982).
- PLIMER, I. R.: Exhalative Sn and W deposits associated with mafic volcanism as precursors to Sn and deposits associated with granites. «Mineral. Deposita.», 15, pp. 275-289 (1980).
- PNIM. Plan Nacional de la Minería. Ministerio de Industria. Dirección General de Minas. Madrid, pp. 59-226 (1971).
- PONS, J.: Un modele d'évolution de complexes plutoniques: gabros et granitoides de la Sierra Morena occidentale (Espagne). These Univ. Paul Sabatier. Toulouse, 451 pp. (1982).
- RUIZ DE ALMODOVAR, G.: Nota sobre las mineralizaciones de W de Oliva de la Frontera, suroeste de Badajoz. «Cuadernos Geología», 11, pp. 167-173 (1980).
- RUIZ DE ALMODOVAR, G.: Mineralizaciones de Mn-Fe y de W en el área de Oliva de la Frontera (Suroeste de Badajoz): Geología y génesis. Tesis Univ. Granada, 249 pp. (1983).
- RUIZ DE ALMODOVAR, G.; GALÁN, E., y VALLE, F. J.: Contribución al estudio de los procesos de turmalinización. «Bol. Soc. España Min.», 5, pp. 107-121 (1982).
- SACRISTÁN, J.: Criaderos de W de los términos de Oliva de la Frontera y Zahinos de la provincia de Badajoz. «Revista Minera», serie 2.ª, 33, pp. 199-204 (1913).
- SHCHERBA, G. N.: Greissens. «Int. Geol. Rev.», 12, pp. 114-150 y 239-255 (1968).
- STEMPROK, M.: A suggestion for the classification of tin, tungsten and molybdenum deposits associated with plutonic rocks. «Studia Geologica», 14, pp. 161-169 (1978).
- TAYLOR, R. G.: A classification of tin provinces. «Studia Geologica», 14, pp. 171-181 (1978).
- VAUCHEZ, A.: Tectoniques tangentiales superposées dans le segment hercynien Sud-Iberique: Les nappes et plis couchés de la région d'Alconchel-Fregenal de la Sierra (Badajoz). «Bol. Geol. Min.», 86, pp. 13-21 (1975).

INFORMACION

Mineros destacados del siglo XVIII Casiano del Prado y Valle (1797-1866)

1. ANTECEDENTES FAMILIARES

Residía en Compostela un conocido artista, el arquitecto Melchor del Prado (177?-1834), hermano del brillante escultor inmortalizado por los preciosos retablos con figuras de tamaño natural en la Capilla de las Animas en Santiago. Su afición dominante era la compañía en sus expediciones a José Cornide Folgueira y Saavedra (1734-1803), dibujando las observaciones de sus importantes aportaciones científicas. Nace su hijo Casiano en Santiago (13 de agosto de 1797), donde inicia sus primeros estudios, y en su Universidad realiza los cursos superiores de matemáticas, centro donde entabló profunda amistad con otro estudiante, Ramón de la Sagra (1798-1871), de ideas progresistas y en su juventud activo militante del avanzado movimiento social. Ambos jóvenes recorrían juntos, en sus horas de solaz y descanso, las márgenes del Sar y del Ulla, las cumbres del Pedroso y del Viso, recogiendo y clasificando plantas y minerales. Cuando las circunstancias atmosféricas les impedían estas excursiones, daban una atención preferencial a la lectura de los clásicos latinos y españoles y con frecuencia obras prohibidas por la Inquisición, por lo que ingresó Casiano en la cárcel secreta N.º 5 del Santo Oficio (3 de diciembre de 1817), según orden dada (19 de septiembre de 1817), situada en la salida de Prado a Conde de Montijo. En ella permaneció recluido más de 400 días. Con muchos detalles hace un relato (30 de septiembre de 1820) de una supuesta visita a su propio calabozo.

2. ESTUDIOS

Coadyuvó Casiano (21 de febrero de 1820) al pronunciamiento de La Coruña, para secundar el de la Isla de León (Cádiz), y formó parte, como subteniente, del Cuerpo de la Milicia Nacional, creada con tal motivo en dicha capital. Su participación en los acontecimientos de La Coruña

(21 de febrero de 1823) en defensa de la causa constitucional fueron recompensados con la cruz y diploma de benemérito de la patria.

Fue uno de los promotores de la «Sociedad Patriótica Coruñesa», y secretario de la misma, donde pronunció un discurso (1 de abril de 1820) memorable por sus ideas avanzadas. Defendió (1823) con las armas en la mano, hasta el último trance, el sistema constitucional, por lo que se le expidió el correspondiente diploma, a tenor de las RR. OO. (23 de junio y 14 de julio de 1836).

3. ESTUDIOS SUPERIORES

Continúa su vida, entre desencantos políticos y estudios, hasta su decisión de trasladarse a Madrid (1828), para seguir la carrera de su padre, o la más grata para él, la de ciencias naturales, por la que sentía enorme afición, desde las excursiones con la Sagra. Puesto en contacto con el bergantiño Jacobo María de Parga y Puga (1775-1850), destacado colector de muestras de la gea gallega, lo presenta (1828) al profesor de química y docimástica de la Escuela de Minas José Duro y Garcés (1796-1855), matriculándose en ambas a los treinta y un años de edad, aprobadas (septiembre de 1829) brillantemente. Designado (R. O. de 23 de octubre de 1829) alumno pensionado, con 4.400 r.s. anuales, de la Academia de Minas (promoción de 1828, número 73), permaneció incorporado a la misma los cinco cursos reglamentarios de alumno. Terminados los estudios, ingresa (R. O. de 22 de agosto de 1834) en el Real Cuerpo Facultativo de Minas, como primer ingeniero de tercera clase y sueldo de 8.125 r.s. Durante la época de alumno, debido a su formación, le encomendaron importantes comisiones, como las de la mina de azogue de Miajadas (R. O. de 22 de febrero de 1831) y Balazote (17 de junio de 1831), reconocimientos mineros en (R. O. de 27 de julio de 1832) Aragón, Cataluña y Cuenca y de

la maquinaria existente en Cádiz (22 de abril de 1834), sobre las que emitió diversos informes. Fue agraciado con la plaza de bibliotecario de la Dirección General de Minas (11 de noviembre de 1834), con una gratificación de 2.000 r.s. anuales, por iniciativa de Estanislao Peñafiel, desempeñándola con inteligencia y asiduidad, hasta su pase a la Inspección de Aragón y Cataluña.

Durante su época de estudiante, publicó el artículo «De la minería considerada como fuente de producción», aparecido en los números 79 y 83 del «Boletín de Comercio» (16 y 30 de agosto de 1833), donde expone sus esperanzas en la minería y sus diferencias con la agricultura, llamando la atención al gobierno contra los principios sostenidos por el eminente Gaspar Melchor de Jovellanos (1743-1810).

4. MINERO

Inicia durante su visita profesional a Linares un minucioso vocabulario de términos utilizados en mineralogía, geología, minería y metalurgia, publicada la primera entrega en el «Correo Literario y Mercantil» (Madrid, 26 de septiembre de 1832), continuando en Adra, Almadén y Río-tinto (1830-1834), el cual se menciona en un informe presentado (11 de julio de 1835) en la Dirección General de Minas. Esta labor la amplió durante sus diversos recorridos por España, esperando a completarlo para su publicación, quedando desgraciadamente inédito en el archivo del Ministerio de Fomento, de donde desapareció.

Le encomiendan (R. O. de 10 de diciembre de 1835) la inspección de las minas de Aragón y Cataluña y la dirección de las minas de Falset, reconociendo las minas de Binisalen (R. O. de 17 de julio de 1840). Comenzó la publicación de sus obras geológicas con la titulada «Vindicación de la Geología», cuando estaba encargado de la Inspección del Distrito de Cataluña y Aragón (Madrid, 1853, 31 pp.). En esta obra, donde destaca la importancia de la geología, trata de las limitaciones impuestas a su progreso, por la falta de libertad de publicación, en el momento de promoción de la ley de imprenta.

Fue ascendido a quinto ayudante segundo del Cuerpo de Minas (R. O. de 26 de junio de 1836), con el sueldo de 9.000 r.s., y ayudante primero (R. O. de 6 de abril de 1828) con 12.000 r.s. anuales.

En los ratos libres de la función inspectora, preparó y publicó una profusión de artículos extremadamente avanzados, primeramente en el «Observatorio Pintoresco», editado en Madrid (1837), y después en «El Tarraconense» (1837-1838), del que fue promotor y editor. Esta actitud conforme a ideas y doctrinas, altamente condenadas por la opinión nacional, junto con los cargos aportados sobre su conducta moral y pública, fueron causa de su separación (1840) de la inspección.

Dado su creciente prestigio profesional, le encomiendan (R. O. de 4 de abril de 1841) la Inspección de La Mancha y la Dirección de las Minas de Almadén, como ingeniero de la clase de segunda (R. O. de 7 de febrero de 1841), con la asignación de 16.000 r.s., absorbiendo las funciones de la Superintendencia, suprimida recientemente, con un sobresueldo de 4.000 r.s., desde el 1 de agosto de 1841. Se incorpora a su destino (julio de 1841), en donde su misión fue cumplida con una solicitud y una abnegación extraordinaria. Restableció el orden en el laboreo, repuso

las faltas grandes en las fortificaciones, franqueó cuantiosos minerales desconocidos, regularizó las sacas de azogue, preparó las sacas sucesivas y ultimó los estudios geológicos de aquellos criaderos ya iniciados (1831) por él. Con motivo del pronunciamiento de 1843, cesa en Almadén (15 de julio de 1843), publicando tres interesantes memorias con título análogo, «Minas de Almadén» (Madrid, 1846, 78 pp.; Madrid, 1848, 92 pp., y Madrid, 1855, 8 pp.), y una cuarta titulada «Complementos del sistema de laboreo de las Minas de Almadén» (Madrid, 1854, 14 pp.). En la primera describe el terreno en que arman los criaderos de Almadén, su naturaleza y circunstancias; las diversas hipótesis sobre su formación y las razones del sistema de laboreo seguido. La segunda es una defensa contra los ataques a que estuvo sometido, relata las vicisitudes por las que han pasado las minas de Almadén desde la Guerra de la Independencia, y particularmente de los adelantos en su conservación y fomento, durante la dirección de Prado. En la tercera comenta su actuación durante la regencia del Duque de la Victoria y razona el reglamento al que han de sujetarse los trabajadores de estas minas. En la cuarta describe la técnica a seguir para la explotación de las columnas de mineral, que se habían dejado con el método planeado por Diego de Larrañaga y Gárate (1761-1814). También publicó (1855) en la «Revista Minera», tomo VI, una Memoria sobre el «Beneficio de los minerales de azogue».

Le designaron (R. O. de 15 de noviembre de 1843) Inspector de Sierra Almagrera y Murcia, trasladándolo posteriormente (R. O. de 11 de enero de 1844) a la Inspección de Asturias y Galicia, en Ribadeo, a las órdenes de Guillermo Schulz y Schweizer (1800-1876), donde presentó la renuncia (20 de agosto de 1844).

5. TRABAJOS A PARTICULARES

La «Sociedad Palentino-Leonesa» solicita la colaboración del ingeniero cesante, pudiendo seguirse sus actividades en las memorias anuales editadas por esta sociedad, con motivo de las juntas generales de accionistas. La primera (Madrid, 1846, 24 pp.) corresponde al período del 15 de marzo de 1845 al 30 de abril de 1846. La segunda (Madrid, 1847, 16 pp.) es de la junta celebrada (23 de mayo de 1847) y la tercera de actividades de Prado (Madrid, 1848, 24 pp.) se refiere al período de 30 de abril de 1847 al 30 de abril de 1948.

De sus trabajos científicos de este período, es una obrita de 18 páginas (Madrid, 1848) con un mapa geológico titulada «Descripción de los terrenos de Valdesabero y sus cercanías en las montañas de León, donde se hallan las minas de carbón de piedra y hierro de la Sociedad Palentino-Leonesa». En ella señala los límites de la formación carbonífera y circunstancias de sus capas de carbón, concluyendo con la descripción de los diversos terrenos de aquella región carbonífera.

6. REINGRESO EN EL CUERPO

Solicitó el reingreso (febrero de 1847) en el servicio activo, concediéndoselo (23 de junio de 1848) en el establecimiento de Riotinto, como inspector y director (R. O. de 16 de diciembre de 1848) con una gratificación de 4.000 r.s., donde se incorporó (enero de 1849). En Riotinto desem-

peñó dicha función con muchas dificultades, por coincidir su estancia con el final del contrato (24 de abril de 1829; 24 de abril de 1849) de explotación de las minas, por el Marqués de Remesa, vicioso en su origen, oneroso en su desarrollo y funesto en sus consecuencias. Con su energía y honradez, además de extraer a la superficie (24 de abril a 30 de septiembre de 1849) 180.000 quintales de mineral, descubrió las muchas torpezas ocultas y desaciertos de la administración pública, rectitud molesta para algunos políticos influyentes, promotores de su alojamiento de dichas minas, con la designación (R. O. de 14 de julio de 1849) como vocal de la Comisión de la Carta Geológica, recién creada (R. D. de 11 de julio de 1849) por Isabel II, sin abandonar su misión en el establecimiento estatal de Riotinto.

Esta actividad fue el tema de la publicación «Minas de Riotinto» (Madrid, 1856, 54 pp.). En ella da cuenta del estado que ofrecían estas minas, con sus diversas dependencias, al finalizar el contrato la empresa del Marqués de Remesa (24 de abril de 1849), que las había llevado en arriendo durante veinte años, para tenerlo presente en la liquidación final, así como sus montes. Contiene un apéndice de oposición a la propuesta del presbítero malagueño Mariano de la Cerda (1796-1858), sobre el empleo de una técnica electroquímica para el beneficio de los cobres de Riotinto.

7. VOCAL DE LA COMISION DE LA CARTA GEOLOGICA

La Comisión de la Carta Geológica estaba paralizada durante la dirección de Fermín de Arteta y Sesma (1796-1818), por carencia de toda clase de ayudas, para su puesta en marcha, lo que produjo la dimisión del director. Consecuencia de esta dimisión fue la incorporación de un ingeniero de valía a la misma. Esta nueva orientación en la vida profesional de Prado inicia un profundo cambio personal, moderó su acostumbrada e intransigente entereza, adoptó formas más cordiales, rectificó el abandono natural de su persona, posible consecuencia de las satisfacciones y goces encontrados en las actividades geológicas.

Con la incorporación a la Comisión de la Carta Geológica, disfruta de su vocación desde joven con el entusiasta estudio de nuestro subsuelo, supliendo (R. O. de 16 de septiembre de 1849) a su director Arteta. Simultáneamente le ofreció Rafael Cavanillas y Malo (1778-1853) la titularidad de una cátedra vacante en la Escuela de Ingenieros de Minas, no aceptada por el gallego, alegando su convencimiento de que valía más, para cumplir bien una función, desempeñarla sola, criterio contrapuesto con el de la época, de considerar como un mérito la acumulación de destinos.

Proporcionó (1847) datos muy valiosos de España para la obra de Etienne Jules Adolphe Dextrier de Saint-Simon, Vicomte D'Archiac (1802-1868), titulada «Histoire des progrès de la géologie de 1834 a 1845», publicada en París (1847-1860) en nueve volúmenes.

Ocupa la dirección de la Comisión (1849-1853), designado por R. D. (26 de noviembre de 1849), su antiguo compañero de estudios de Almadén, Francisco de Luján y Miguel Romero (1798-1867), quien lo designa jefe de la Sección de Geología y Paleontología, iniciando (1850) las interesantes investigaciones en los altos de San Isidro del Campo, motivo de una curiosa anécdota, bastante poste-

rior, relatada en la prensa madrileña. «Casi tocando al cementerio de San Isidro del Campo, por la parte de poniente, había descubierto (febrero de 1853) don Casimiro del Prado un fragmento de cráneo de una vara de largo, en la masa de arcillas que allí se presenta al descubierto. Ocupado con algunos hombres en la extracción de aquel hueso, el guarda del cementerio se presentó, oponiéndose a ello, toda vez no mediaba permiso de la Sacramental. Continuada la operación, depositó los huesos en el cementerio. Como no eran restos humanos, los cedió la Sacramental a la Comisión de la Carta Geológica, trasladándolos a la calle del Florín en unas angarillas, llevadas por cuatro hombres, con sorpresa de las gentes del tránsito, que no comprendían lo que aquellos restos significaban.»

Iniciados los trabajos (1850) en el Cerro de San Isidro del Campo, encuentra la mayor parte del esqueleto de un elefante. Trazó un esquema de la geología de la provincia de Madrid, reducida a tres facies del Cuaternario: el gredón, las arenas y el guijo utilizado para la pavimentación en los caminos y en las calles de Madrid.

Interesado en las zonas españolas, ya conocidas por él, de León y Galicia, aprovecha la temporada veraniega (1850) para ampliar sus estudios. Durante el mes de julio reconoció los montes de León y descubre la prolongación de la Cuenca de Sabero por el norte, preparando la colección más completa hasta la fecha de flora carbonífera. En uno de sus informes periódicos, compara grandes zonas y dice: «La Sierra del Teleno, que se dirige hacia Benavente, parece más antigua que el Pirineo Cantábrico y forma el límite de la gran formación carbonífera que procede de Asturias por una parte, y de Cervera y Orbó, en la provincia de Palencia, por otras.»

Accede a la Presidencia del Gobierno (enero de 1851) Juan Bravo Murillo (1803-1873), entusiasta de las obras de abastecimiento de aguas de Madrid y decide poner en marcha la idea (15 de diciembre de 1848) de los ingenieros de caminos Juan Rivera y Juan Rafo, totalmente desacertada desde el aspecto geológico de hacer la desviación del Lozoya en la presa del Canal del Conde de Cabarrús, junto al Pontón de la Oliva, punto elegido más tarde para embalse del agua. Insiste Prado en el error científico y el propio presidente del gobierno le encarga (8 de julio de 1851) al geólogo, que en unión del director del Canal de Isabel II y de Juan Rivera, realizase un escrupuloso reconocimiento de la Cuenca del Lozoya, en las inmediaciones y al norte del Pontón de la Oliva, desde el punto de vista de las filtraciones que pudieran producirse después de concluida la presa. Reconocimiento iniciado (11 de julio de 1851) según consta en la «Gaceta de Madrid» (2 de agosto de 1851, dando el primer parte (28 de julio de 1851). Dice Prado en su informe: «Los ríos de la provincia están sujetos a pérdidas de agua al atravesar los terrenos permeables... «El Lozoya, en la faja cretácea del Pontón de la Oliva, puede perderla y la pierde, según he visto... «El Guadalix, que pasa tres veces por terreno idéntico, puede sufrir iguales pérdidas». Insistió (31 de diciembre de 1857) con la memoria: «Del depósito de aguas formado con las del Lozoya en el Pontón de la Oliva, para surtido del Canal de Isabel II» (Madrid, 1858, 21 pp.). Refiriéndose a la caliza cretácea del canal, decía: «La caliza es cavernosa y se halla atravesada por conductos irregulares, algunos de los cuales pudieran dar lugar a filtraciones considerables». «Del te-

rreno de caliza, del que por excelencia pudiera llamarse de las cavernas y las simas, cercano al Pontón de la Oliva, la Cueva del Rojerillo es muestra de ello». A los dos años de estas informaciones (1853) comenzó a decirse, aunque vagamente, que se presentaban filtraciones en el depósito.

Todavía se aprecian las tendencias progresistas de Prado, aunque algo moderadas; no obstante, en el escrito (3 de febrero de 1852) cursado a S. M. Isabel II, por el personal de la Comisión de la Carta Geológica, haciendo votos por su restablecimiento, con motivo del atentado sufrido él (2 de febrero de 1852) de manos de Martín Merino en la Real Capilla, para ir a la Basílica de Atocha, la única abstención fue la del afamado geólogo.

En este año 1852, ultimó Prado el primer bosquejo geológico de la provincia de Madrid, publicado en la tercera Memoria de las actividades de la Comisión, correspondientes al año 1852, finalizada (11 de junio de 1853) por Luján.

El profesor Mariano de la Paz Graells (1821-1898) realizaba muchos de sus recorridos zoológicos por la provincia de Madrid, en compañía de Prado, conduciendo ambos los tesoros paleontológicos y petrográficos logrados durante los paseos.

Como muestra de su interés por el logro de un buen mapa geológico de la provincia de Madrid, publicó en los diarios (julio de 1853) la nota siguiente: «Un ejemplar se halla de manifiesto en el local de la Comisión, calle del Florín núm. 2, para que puedan verlo los que gusten, y si cualquiera tuviese lugar de hacer alguna observación, le estaría muy agradecido se sirviese comunicarla.»

En la Memoria presentada por Prado, como jefe de la Sección de Geología y Mineralogía, correspondiente al año 1853, dice: «Ningún año fue para el jefe de la Sección como el que concluye. A la edad que cuenta (56 años) ya las fuerzas del cuerpo decaen, pero quédanle las que infunden una voluntad resuelta, que la que sostienen en sus trabajos a tantos geólogos derramados por todos los países del globo, y algunos de ellos luchando con los rigores de clima extremado, o hallando acaso la muerte en regiones desiertas e inhospitalarias», pero lo hace todo por España, por considerar la geología como «una ciencia, experimental en el fondo, destinada a rendir grandes beneficios a la actual sociedad». El trabajo de este año le permitió finalizar el mapa geológico en bosquejo a escala 1/40.000 de la provincia de Segovia.

En la Memoria de 1854 se da por terminado el mapa 1/500.000 de la provincia de Avila, debido a la intranquilidad política, por la que se redujeron los trabajos de campo a las de Madrid y Avila. Con los datos anteriormente recopilados, ultimó también el de Valladolid.

Por R. O. (27 de marzo de 1854) le encomiendan el reconocimiento de las formaciones carboníferas de Sabero, Orbó y Santullano, en León y Palencia, iniciando las actividades en junio de 1854. Junto al informe preparó un interesante plano geológico a escala 1/100.000. Consecuencia de este estudio fue la Memoria de 14 páginas, editada por la Comisión (1862): «Reseña geológica de la provincia de Avila y de la parte occidental de la de León». También confeccionó (1857) el «Mapa geológico y estratigráfico de las montañas de la provincia de Palencia», lo fue a escala 1/400.000 y lo editó (1861) la Comisión de Estadística General del Reino, cuando tenía integrada a la Comisión de la Carta Geológica.

Volvió a París (1855) con el objeto de conferenciar sobre la clasificación y datación de varios fósiles recopilados en sus excursiones e informar sobre las facetas mineralógica y geológica de la Exposición Universal (1856). Publicó un folleto de 48 páginas en el que destaca los perfeccionamientos de los aparatos utilizados en minería y lo mal representada que estuvo en la misma la industria española.

Otra publicación del mismo año (1856) es el comentario de 16 páginas sobre el trabajo del ingeniero francés E. Huyot referente a las minas y hornos de azogue de Idria, en Carniola.

Tema de actualidad era el de las fosforitas de Logroñán por existir interés en el gobierno, según proyecto de ley presentado (11 de junio de 1857) por Claudio Moyano Samaniego (1809-1890) a las Cortes de su paso al Estado, para su explotación y utilización en agricultura. Con tal motivo publicó (1857) un artículo de 28 páginas: «De la fosforita y otras sustancias minerales fosfatadas», consistente en un estudio geológico de Logroñán y sus consideraciones sobre los estudios que se habían hecho para su aplicación a la agricultura, así como de otros fosfatos. Publicó también una nota de ocho páginas: «Cuatro palabras más sobre los fosfatos», impugnando la campaña sobre la importancia agrícola de los fosfatos de Logroñán. El proyecto de ley fue retirado.

Por O. M. de Gobernación (10 de mayo de 1861) le encomiendan el reconocimiento de las aguas minerales de Carratraca y su restablecimiento a las condiciones primitivas, redactando un informe (1861) de 18 páginas titulado: «Aguas de Carratraca».

Autor de un trabajo titulado «De los terremotos», publicado en Madrid (1858) en el Almanaque de las Novedades, sumamente interesante para la época, fue el motivo de su designación por R. O. (25 de julio de 1863) para el estudio de la causa y efectos de los terremotos experimentados durante el mismo año en la provincia de Almería, tema de varias publicaciones, entre ellas la titulada «Los terremotos de Almería», aparecida en la *Revista Minera* (1863), donde también comenta el terremoto acaecido en noviembre de 1518.

Una de sus campañas más activas fue la de los Montes de León, de tres meses de duración (1857), con la colaboración de Joaquín Borreguín, a donde llegaron a fines de septiembre, finalizando cerca de Galicia. Pretendió ultimar esta campaña (julio y agosto de 1858) con fatigosos recorridos por el Siluriano, sin la oportuna consignación, superando todas las dificultades, con el entusiasmo de Prado, de donde formó una interesante colección de rocas y fósiles típicos. Referente a esta campaña, una revista humorista, en una de sus páginas principales, representaba una modesta persona, con la frase «pobre Geología de España».

Inició (1841), cuando estaba destinado accidentalmente en la Inspección de Madrid, el primer mapa geológico a escala 1/200.000 de dicha provincia, publicado en 1861, que junto con su «Descripción física y geológica de la provincia de Madrid», editada por la Junta General de Estadística (Madrid, 1862, 220 pp.), fue considerada como su obra maestra.

La publicación (*Revista Minera*, 1860) sobre la existencia de fauna primordial en la cadena Cantábrica, considerada (1874) Manuel Fernández de Castro (1825-1895), fue

un «descubrimiento que elevó a gran altura su reputación científica».

Fue autor de los mapas geológicos y Memorias provinciales a escala 1/400.000 de Segovia (1853), Madrid (1853), Valladolid (1854), Palencia (1861), Avila (1862), León y el de Palencia a escala 1/100.000 (1861). Con los datos que tenía de Toledo, publicó (1871) el colector Aniceto de la Peña el mapa a escala 1/400.000.

Los datos de las observaciones altimétricas, realizadas durante sus campañas geológicas, le sirvieron de base para algunas publicaciones como: «Cuadro gráfico de altitudes de la parte septentrional de la provincia de Palencia» (1856). «Altura de los Picos de Europa, situados en el confín de las provincias de León, Oviedo y Santander, sobre el nivel del mar» (1858) y «Vadeón, Caín, La Canal del Trea. Ascensión a los Picos de Europa en la Cordillera Cantábrica» (1860), 20 pp.

8. JUNTA GENERAL DE ESTADISTICA

La carencia de dotaciones suficientes y la idea de agrupar en un organismo todos los que realizaban actividades cartográficas, indujeron a Schultz (1 de abril de 1857) a presentar su dimisión como Presidente de la Comisión, aunque alegó era por el exceso de ocupaciones. Consecuencia de las circunstancias, las cuatro secciones se redujeron a una, llegando a carecer de fondos para las publicaciones, por lo que cesó a petición propia como Presidente interino y jefe de la única sección Rafael Amar de la Torre (1802-1872), siendo sustituido por Prado, y como tal Presidente interino (1858-1859). Por la aprobación (4 de junio de 1859) de una ley, pasan a la Junta General de Estadística todos los organismos con actividades cartográficas, entre ellos la Comisión de la Carta Geológica, y con ella los únicos dos ingenieros, Prado y Amalio Maestre e Ibáñez (1812-1872). Varios trabajos inéditos de la Comisión de la Carta Geológica fueron publicados por la Junta de Estadística.

La Junta de Estadística continúa sus planes expansivos (1859) y amplía sus actividades a las islas adyacentes y a las provincias ultramarinas, en todos sus aspectos, incluido el geológico.

Disconforme Maestre de las actividades de la Junta de Estadística, presenta la dimisión, no aceptada (octubre de 1859), contando solamente con tres geólogos: Maestre, Prado y Luis de la Escosura y Morrogh (1821-1904), asignándole a Prado las provincias de León, Avila y Madrid, para la campaña de 1860. Tampoco Prado está conforme con la orientación de la Junta, pide su cese, pasando a la situación de agregado (1861).

España había suscrito (1862) el acuerdo europeo (1856) de confeccionar un mapa geológico a escala 1/2.500.000, según proyecto de André Hubert Dumont. El Ministro de Fomento, Francisco Romero Robledo (1838-1906), decide se realice bajo la dirección de dos franceses, Edouard Amant Isidore Hipolyte Lartet (1801-1871) y Philippe Edouard Poulliet Verneuil (1805-1873) y dispone sea Prado el acompañante, durante las excursiones geológicas. Les enseña a los franceses sus apuntes sobre el mapa geológico de España, y los bosquejos a 1/400.000 que tenía terminados, les acompaña en la primera excursión geológica por la provincia de Madrid. Regresan y visitan los dos geólogos extranjeros al Ministro de Fomento y le

dicen: «El mapa geológico de España ya lo tiene hecho Casiano del Prado»... «Lo que este señor había hecho, o lo que pudiese realizar en el futuro, ni ellos, ni ningún otro geólogo francés, o inglés, o alemán o de cualquier otra parte del mundo, lo podrá mejorar». A su regreso a París proponen a Castro para la vacante de extranjero en el Instituto de Francia, plazas que sólo podían ocupar seis sabios. Difundida la noticia por toda Europa, llegan los honores para el geólogo desconocido, la Encomienda de la Orden Civil de Carlos III, que no aceptó, la designación de miembro de la Sociedad Geológica de Francia, Londres, etc.

Cuando estaba incorporado a la Junta se presentó (1859) un proyecto de nueva ley de minas, preparada por Antonio Collantes Bustamante, a la que se opuso con varios artículos, campaña realizada con la colaboración de Maestre y de Ramón Rúa Figueroa.

Con el fin de independizar la cartografía geológica de la Junta, el ministro de fomento Antonio Alcalá Galiano (1789-1865) decide organizar (R. D. de 5 de febrero de 1865) la «Comisión de aplicaciones útiles de la geología», conocida también por «Comisión de Geología Industrial», considerando como misiones fundamentales las aplicaciones de la geología a la agricultura, la minería, la industria, la construcción y las investigaciones de aguas subterráneas y minerales, designando vicepresidente en funciones de presidente a Prado (R. O. de 16 de febrero de 1865).

Como vicepresidente de la Comisión de Geología Industrial, preparó y publicó (Madrid, 1 de abril de 1865) una circular a los Ingenieros de Minas Jefes de Distritos Provinciales, con el fin de solicitar ayuda y colaboración para el estudio geológico de los criaderos, así metalíferos como los de las sustancias combustibles y salinas, dándoles normas de cómo debían proceder para la reunión de datos para la formación del mapa geológico de cada provincia.

Los achaques de quien había trabajado activamente en el campo durante varias décadas, fueron la causa de que esta comisión no hiciese la labor eficaz deseada por Prado.

Para dar por terminada esta situación anómala de la cartografía geológica, se reorganizaron las actividades con la denominación de Comisión del Mapa Geológico (R. D. de 18 de mayo de 1870), organización que no llegó a ver Prado.

Una de sus últimas publicaciones tenía por título «El terreno Laurenciano y el Eoceno canadiense», publicado por la Real Academia de Ciencias de La Habana (1866).

Vacó la Medalla número 30 de la Real Academia de Ciencias de Madrid, por fallecimiento (16 de febrero de 1865) del fundador doctor en Farmacia José María de León y Mesa (1788-1865), y fue elegido (3 de abril de 1865) para sustituirlo, posesionándose (29 de abril de 1869) con el discurso «Enfrentamiento del globo terráqueo en las épocas geológicas». En él trata de las temperaturas por las que pasó la tierra durante los sucesivos tiempos geológicos. En nombre de la corporación le contestó Manuel Rico y Sinobas (18??-1898).

9. OBITO

Como vocal de la Junta Facultativa de Minas, realizó una visita de inspección (mayo de 1866) al Distrito Minero

de Huelva, aprovechada para efectuar un reconocimiento geológico de las Islas Canarias, de su demarcación, donde recopiló interesantes datos vulcanológicos. En el archipiélago contrajo una erisipela, causa de su fallecimiento en Madrid (4 de julio de 1866).

Un año antes de fallecer (3 de abril de 1865) recibió la Gran Cruz de Isabel la Católica. Al fallecer, era Inspector General del Real Cuerpo Facultativo de Minas, Presidente de la Comisión Permanente de Geología Industrial, de la de Aplicaciones Útiles de la Geología, y de la de Estudio de la Geología aplicada a la Agricultura.

Salvo las publicaciones cartográficas y descripciones, fueron en su mayor parte costeadas con su predio, obediendo siempre a una circunstancia política, apoyando las más afines a sus ideas, al principio tremendamente progresistas, las cuales se fueron moderando con el transcurso de los años. Tuvo continuos altos y bajos en su situación personal, concordantes con los cambios políticos de la nación, acompañados muchas veces con la presentación de su dimisión. A la que intentó dar un carácter más definitivo fue a la del año 1854, motivo de la redacción y publicación de su hoja de servicios, petición retirada a instancias de varios de sus compañeros y amigos.

Siempre se consideró como un magnífico minero y geólogo, y uno de los mejores del mundo; en todos sus escritos lo deja trascender, procurando realizar los trabajos lo mejor posible. Poco amigo de que rectificasen sus opiniones, pero cuando éstas tenían una base cierta, las acepta y agradecía la observación, como fue con la clasificación de fósiles de la fauna de León, a los que consideró como devonianos. Estos estaban incorrectamente datados, según observaciones de Verneuil y Joachim Barrande (1799-1883), a los que siempre quedó agradecido.

Su rectitud fue acrisolada, y hasta la muerte perduró su pena, por no haber logrado, a pesar de sus insistencias, la resolución del expediente gubernativo instruido en Tarragona, donde se aportaron acusaciones injustificadas, por no ser políticamente oportuno, quedasen al descubierto los que habían promovido el amaño.

Como geólogo, destacaron sus altas dotes de observación, de análisis, de severa apreciación científica, razonador profundo, claro en la dicción, intransigente y persuadido de su propio valimiento. Reproducimos de la nota necrológica redactada por Fernández de Castro, con motivo

de su fallecimiento: «El año 1866, triste para la Geología, pues dejó de existir el primero de nuestros geólogos, que durante cuarenta años de trabajos incesantes había contribuido como ninguno al renacimiento de la geología española.»

El apellido PRADO está inmortalizado en placa de mármol, en el vestíbulo del Instituto Geológico y Minero, inaugurado por Alfonso XIII (13 de mayo de 1926), y con letras de oro en el paraninfo de la Escuela Espacial de Ingenieros de Minas, inaugurado también por Alfonso XIII (4 de diciembre de 1925).

Dios que a t. s. muchos años.
Madrid, 5 de Abril del 1865.
Casiano del Prado

10. BIBLIOGRAFIA

- LÓPEZ DE AZCONA, J. M.: *Bibliografía de Minería, Metalurgia, Geología y Ciencias afines (1778-1961)*. Madrid, 1962, 560 pp. *Biografía de Casiano del Prado y Valle (1797-1866)*. *Not. y Com. del Inst. Geol. y Min.*, 1966, pp. 97 y 98.
- LÓPEZ DE AZCONA, J. M.; MESEGUER y PARDO, J.: *Contribución al estudio de la geología y minería españolas*. Madrid, 1964, 150 pp.
- MAFFEI y RAMOS, E., y RÚA FIGUEROA, R.: *Apuntes para una biblioteca española*. Madrid, 2 tomos, 1871 y 1872, 694 y 530 pp.
- MAFFEI y RAMOS, E. (publicado como anónimo): *Centenario de la Escuela de Ingenieros de Minas de España (1777-1877)*. Madrid, 1877, 300 pp.
- PRADO y VALLE, C.: *Hoja de servicios de don Casiano del Prado*. Madrid, 1854, 7 pp.

«Perspectivas de futuro de la industria española. Minería y Política Económica»

D. Carlos Solchaga Catalán. Ministro de Industria y Energía

El 20 de julio tuvo lugar la sesión de clausura del Club Español de la Minería, correspondiente al Curso 1983-84. En esta ocasión, el invitado de honor fue don Carlos Solchaga Catalán, Ministro de Industria y Energía.

La conferencia-coloquio se inició con la presentación del señor Ministro que estuvo a cargo del Presidente del Club, señor Dupuy de Lome, que agradeció la presencia del señor Solchaga y resaltó el hecho de que «cada vez tenemos más asistentes a los actos del Club».

INTRODUCCION

Seguidamente, el Ministro de Industria y Energía comenzó su conferencia agradeciendo la oportunidad de clausurar el curso y «compartir el ambiente agradable y de camaradería que aquí existe».

También señaló que era razonable hablar de minería y no de industria tal y como prometía el título de la conferencia: PERSPECTIVAS DE FUTURO DE LA INDUSTRIA ESPAÑOLA.

Entonces, dijo, voy a tratar de compaginar ambas cuestiones de manera breve y franca.

PRINCIPALES LINEAS DE ACTUACION DEL MINISTERIO

Respecto a la industrialización y las perspectivas de futuro, el señor Solchaga explicó que en los tiempos que corren esto no significa crecimiento, pues en un mundo sometido a restricciones financieras grandes, reindustrializar es, hoy, optar, seguir nuevos cauces y abandonar caminos que no tienen sentido.

La reconversión, continuó el señor Ministro, consiste en relanzar actividades de futuro con rigor, seriedad y afrontando nuevos caminos. Esta es la tarea fundamental a la que nos hemos dedicado y si bien ha habido frustra-

ciones, no es menos cierto que esta política no puede contar con el consenso total de todas las capas sociales: «hay que reconvertir y reindustrializar España» y, al hacerlo, nos encontramos con problemas típicos de una sociedad en la que ha primado mucho el aspecto de la seguridad del puesto de trabajo, del mantenimiento de unas condiciones de trabajo fijo, etc., y no de flexibilidad, de creatividad de los agentes económicos. Esto, dijo, no es una cuestión puramente ideológica, es una gran decisión social para garantizar un «modus vivendi» razonable y digno para todos los trabajadores, aún a costa de que el sistema pueda perder eficiencia. Con esto, continuó, se puede producir una competencia dura que puede crispar a la opinión pública. Hemos hallado inercias mentales en nuestros interlocutores y ha sido una dura tarea la de conciliar estas inercias. Esta tarea no va a durar un gobierno, ni un año, ni dos, ni tres. Sólo se resolverá mediante la experiencia social durante largo tiempo para que cambien las mentalidades.

En estos tiempos, continuó el señor Solchaga, se requiere que se tomen medidas, ya que es fácil encontrar críticos a los que, encima, no les falta parte de razón.

La reconversión, dijo, ha traído difíciles discusiones que no se resuelven como si se tratase de hablar en un foro o en un debate, sino que es una situación de síntesis entre el Gobierno y los distintos grupos sociales. Oidas todas las partes, hemos tratado de hacer una ley reindustrializadora y reconversora que permitiera llegar a buen fin con los mínimos costes sociales.

Seguidamente, el Ministro de Industria y Energía señaló que uno de los puntos fundamentales de la política reconversora del Gobierno es el apoyo estatal, y desde luego, la creación de fondos de promoción de empleo encauzando recursos humanos, de fuerza de trabajo y de mano de obra hacia nuevos sectores.

A nivel personal, continuó, quiero decirles que la política que se ha hecho, creo que merece la pena. Había

que hacerlo ante la situación española frente a la integración a la CEE.

En otro orden de cosas, en el terreno de la energía, el señor Solchaga señaló que se habían encontrado desajustes entre las perspectivas del crecimiento de la demanda y el coste para el usuario. También había disfunciones en el qué y en el cómo del sistema energético.

No olvidemos, dijo, que la energía es cara y escasa para España.

Como ya ha dicho el Presidente del Club, ustedes conocen las nuevas variables del PEN, pues Martín Gallego estuvo aquí en otra ocasión. Creo, dijo, que nuestra política es transparente.

Quiero destacar, continuó, que planificar en el terreno energético es una tarea ardua, difícil y complicada, pues existen problemas en el mundo de los hidrocarburos. El Ministerio está preocupado por el tema político comercial del gas argelino, aunque parece que ya está en vías de solución.

Hemos tratado de hallar soluciones y creo que hemos tenido suerte en esa búsqueda desde los problemas de reindustrialización a la red de alta tensión y finalizando en la Empresa Nacional de Residuos que cierra el ciclo del combustible nuclear; aunque, eso sí, ahora hay que buscar el lugar donde esos residuos deben almacenarse y este es un tema políticamente muy complicado en todos los países y que aquí, será política y económicamente complicado.

Está ya aprobada por el Gobierno lo que se ha dado el llamar «la nueva CAMPSA», que va a quedar como una multinacional más, encargándose de la exploración, explotación y distribución de los hidrocarburos.

Seguidamente, el señor Ministro de Industria y Energía, entró en aspectos concretos de su conferencia, cuyo texto íntegro es el siguiente:

1. MINERIA Y POLITICA ECONOMICA

Cualquier política minera a medio plazo se formulará teniendo en cuenta los principales problemas que se plantean al sector y las medidas que frente a ellos se pretende adoptar, en acuerdo con los principios que rijan la actividad de cada Administración.

Como el Gobierno ha repetido en diversas ocasiones en el último año y medio, la iniciativa privada será respetada y protegida en la economía española, aunque si hay, en cambio, la voluntad de intervenir con más eficacia que en el pasado. Es preciso, sin embargo, matizar esta afirmación, ya que envuelve juicios de valor importantes.

En los próximos años, debemos poner el acento de la actividad del Estado destinada a reducir nuestras carencias en la potenciación de los yacimientos ya conocidos; pero, que, aménudo, lo son deficientemente; hay que medir con mayor precisión las posibilidades de explotación que ofrecen aumentando su producción y reduciendo costes. Para ello, a partir de 1984, se ha incrementado la proporción de las inversiones públicas disponibles destinadas a realizar planes directores de cuencas, fomentar concentraciones, financiar estudios de ingeniería minera y de aprovechamiento de los minerales que se obtengan.

Como en otros sectores industriales, el mayor desafío que se presenta a la minería en el futuro inmediato es conseguir una mayor competitividad de la producción;

hay que lograr una baja de los costes mineros que tiene que hacerse compatible con una subida paulatina de la remuneración de la mano de obra, a medida que el país salga de la crisis económica actual. A este fin básico deben dirigirse los estudios y planes de reestructuración minera y de inversión de los distintos subsectores y cuencas. A ello también tienen que encauzarse los apoyos financieros que aporte el Estado.

La producción minera española no energética es más variada que la de los países de la Comunidad Económica Europea y su valor por hectárea de territorio la sitúa en el puesto vigésimo de todo el mundo, aproximadamente igual que los Estados Unidos. Nuestra entrada en la Comunidad ofrece, pues, perspectivas ventajosas en este campo siempre que seamos capaces de optimizar la eficacia económica del sector.

La minería emplea, por otra parte, cerca de 90.000 personas, aproximadamente un 2 por 100 del empleo industrial, de las que 52.000 explotan carbón, 10.000 minerales metálicos, 9.000 minerales diversos no metálicos y 16.000 productos de cantera.

Estas pocas cifras ponen de manifiesto que la minería no tiene una importancia cuantitativa muy grande en la economía española. Se trata, por otra parte, de un sector que ha sido menos «tocado» por la crisis que la mayoría de los demás: en los últimos cinco años el empleo sólo ha disminuido en él un 5 por 100, con un aumento del valor de la producción de un 70 por 100 en términos reales. Esto quiere decir que la productividad ha crecido al ritmo de un 13 por 100 anual, lo que parece notable.

El aumento continuo y programado de la productividad es el arma esencial para conseguir los objetivos propuestos. Esto no va a favorecer el paro en la minería, pues los incrementos de la producción que se contemplan lo compensarán ampliamente. Es cierto, sin embargo, que en algún punto determinado puede disminuir el empleo, lo que exige una planificación cuidadosa, que pueda compensar esta disminución con otras inversiones alternativas.

Hay que destacar, por otra parte, la importancia estratégica del sector debido a una serie de hechos que le caracterizan:

- Necesidad perentoria del abastecimiento de materias primas precisas en períodos en el que el mercado se encarece, como ocurrió a mediados de la década pasada.
- Concentración de la producción y el empleo en zonas en las que la actividad económica de la minería es determinante.
- Alto valor añadido de la producción minera.
- Posibilidades de aumentar las exportaciones, valorizando recursos naturales del país.

Cualquiera que sea, sin embargo, el éxito que se consiga tanto en el aumento de la producción minera española, como en la mejora de las condiciones económicas en que se obtiene, es seguro que tendremos que seguir importando una parte sustancial de nuestro consumo. Esta importación debe ser optimizada diversificando el origen de los suministros y las modalidades de acceso a los recursos que sean posibles.

En especial, hay que fomentar las inversiones en exploraciones mineras en el exterior, particularmente en aquellos países en que la actividad empresarial española

tiene ventajas, como son las de América Latina. Esto permitirá abordar inversiones en varios de ellos en asociación con intereses del país de que se trate y con la participación del INI o de las empresas privadas españolas que parezca conveniente.

Como ya se ha repetido en diversas ocasiones, el Gobierno socialista pretende mantener y aún incrementar la apertura económica al exterior. Ello lleva consigo el fomento de las inversiones españolas en la explotación de recursos mineros fuera de nuestras fronteras, pero, también, supone que se aceptará y apoyará la inversión extranjera en España en este sector.

Hay que recordar que la tecnología, la capacidad financiera que permite la creación de empresas con los recursos propios que exige el negocio minero y el acceso a mercados amplios, son tres factores que nos inducen a recibir con satisfacción a los inversores extranjeros en la minería española. Sólo exigiremos a aquellos que operen en España una transparencia fiscal absoluta, y un acuerdo con la política económica del Gobierno y la adecuada transmisión de tecnología por medio, sobre todo, de la formación conveniente de profesionales españoles.

2. DESCENTRALIZACION ADMINISTRATIVA

Es preciso asumir el nuevo Estado de las Autonomías y descentralizar con realismo las actividades que ejercía la Administración Central. En 1984, se habrán traspasado todas las competencias transferibles y la inspección minera, por ejemplo, se realizará mejor ahora cuando cada Gobierno Autónomo tenga que asumir competencias a ejercer mucho más cerca de su centro de actividad.

Es evidente, en cambio, que la acción planificadora y normativa en relación con la seguridad minera seguirán siendo competencia del Gobierno Central. Pero, aún en estos casos, el administrado deberá relacionarse con la Administración Central a través de los servicios de los Gobiernos Autónomos. La política de «una sola ventanilla» es la adecuada.

3. EL INSTITUTO GEOLOGICO

El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) debe ser el brazo derecho del Ministerio de Industria en todo lo que concierne al desarrollo del conocimiento de la infraestructura minera del país.

El IGME, sin embargo, gasta demasiados recursos por persona empleada, llegando a sextuplicar lo que hacen organismos parecidos en Alemania y Francia. El Instituto desarrolla poca actividad propia, contratando demasiados trabajos, y realiza una tarea de formación escasa. Parece patente la necesidad de una reforma profunda de sus modos de funcionamiento y, en estos meses, su Dirección se ha dedicado a diseñar esta reforma.

No es preciso aumentar el presupuesto del Instituto en los próximos años, pero sí es posible mejorar la eficacia del gasto realizando un porcentaje mayor de los trabajos directamente en vez de acudir a contrataciones siempre más onerosas y que es preciso supervisar adecuadamente; al mismo tiempo, habrá que realizar un esfuerzo considerable en la formación del personal y en el avance tecnológico.

4. LA EMPRESA PUBLICA

Por otra parte, la empresa pública debe ser un instrumento importante para la política minera que realiza el Gobierno. El INI debe intensificar sus actividades de desarrollo minero. Como tareas principales, al servicio de los planes de prospección y puesta en marcha de nuevas explotaciones, debe potenciar las labores típicas de exploración. Para ello tendrán que analizar los indicios y valorar los posibles descubrimientos, así como realizar las tareas de servicios para estos objetivos como son los estudios geológicos aplicados, la geofísica, los sondeos, la mineralurgia y la ingeniería minera.

5. MARCO LEGAL

La Constitución de 1978 obliga a llevar a cabo una extensa reforma de la legislación existente con anterioridad, ya que la facultad normativa se encontrará, en parte, en manos de las Comunidades Autónomas. El sector minero es uno de los que, específicamente, cita la Constitución, al señalar como de competencia exclusiva del Estado la determinación de las bases de régimen minero y energético.

Por ello, ha sido preciso preparar una nueva Ley de Bases del Régimen Minero que reemplazará la vigente Ley de Minas de 1973. Esta Ley, que será estudiada por las Cortes en el presente año de 1984, se ocupa de tres aspectos principales cuyo marco legal determina:

- El proyecto de Ley trata de corregir el deficiente esquema de clasificación de sustancias introducido por Ley de 73, que mezclaba criterios geológicos con económicos, de difícil interpretación en la práctica.
- Se especifican las competencias del Estado, que pueden resumirse en las que se refieren a la planificación económica, a ordenación minera en general (registro de derechos mineros y banco de datos de información geológica y minera), a la misión de mantener la infraestructura técnica que la minería precisa (geología, hidrogeología, cartografía, etc.) y a la declaración de zonas de reserva del Estado.
- Finalmente, se regulan los derechos mineros precisando de un modo más adecuado aquellos recursos que son demaniales y la forma en que pueden adquirir.

Es preciso también, combatir la congelación de los derechos mineros producida por el excesivo número de concesiones inactivas que existen en el país. Estas concesiones se mantienen por razones puramente especulativas en muchos casos y obstaculizan la labor de prospección y desarrollo minero que otras entidades pueden tener interés en realizar. La Ley de Minas contempla un aumento sustancial de los derechos reales que conllevan las concesiones, gravando fuertemente aquellas que permanecen inactivas sin incidir apenas en la economía de las que se encuentran en explotación.

En este sentido, está previsto reglamentar adecuadamente las condiciones de utilización del factor de agotamiento que el régimen fiscal vigente reconoce a las empresas mineras privadas, de forma que realmente se utilice en la puesta en evidencia o la adquisición de nuevas reservas mineras.

6. SEGURIDAD MINERA

Un Decreto de 1825 encargó a la Dirección General de Minas la inspección y vigilancia de los trabajos mineros, en orden a mantener un mínimo de seguridad en los mismos. En 1897 se publicó el primer reglamento de Policía Minera y en 1905 se creó una Comisión para el estudio del grisú, los explosivos y los accidentes mineros.

El atraso económico y social de nuestro país ha permitido que la tasa de accidentes mineros haya sido siempre considerablemente mayor que la que ha existido en otros países más desarrollados. Con el paso del tiempo, especialmente en los últimos años de mayor desarrollo económico y técnico, se ha producido una baja sustancial de los accidentes en la minería, pero la situación está aún lejos de ser satisfactoria. Puede decirse que, en el momento actual, los accidentes mortales en la minería española por el número de horas trabajadas sobrepasa el doble de la media de los países de la CEE. Esta sola cifra es preocupante y uno de los objetivos fundamentales de la política minera en los próximos años consiste en acentuar toda clase de esfuerzos para reducirla del modo más rápido posible.

En 1983 la Dirección General de Minas, después de consultar a diversos Gobiernos Autónomos, a Sindicatos y a las Confederaciones Empresariales, ha elaborado un proyecto de reglamento de Policía Minera que actualiza el que aún está vigente, aprobado en 1934. Desgraciadamente, este Reglamento aún no ha podido ser puesto en vigor por la carencia de la Ley de Bases del Régimen Minero, que permitirá al Gobierno Central, en acuerdo con la Constitución vigente, dictar las normas de policía minera de aplicación en todo el territorio del país. Tan pronto como la Ley de Bases haya sido promulgada se hará lo mismo con el Reglamento de Policía Minera ya preparado.

La Comisión del Grisú ha visto modificada su composición con un decreto de marzo de 1984, dando participación en los Organos Gestores a representantes de los Gobiernos Autonómicos y de los Sindicatos mineros.

Por otra parte, durante los últimos años, se ha incrementado notablemente la investigación sobre materiales y maquinaria utilizados en minería, así como diversos tipos de labores mineras, lo que ha permitido mejorar las condiciones de seguridad en las minas. Sin embargo, esta labor puede ser intensificada y en el marco de los esfuerzos tecnológicos en el campo de la minería que se especifican más adelante, se dedicará una especial atención a todos los trabajos destinados a mejorar la seguridad minera.

Es preciso decir, finalmente, que en el Estatuto del Minero, promulgado en diciembre de 1983, se contempla de un modo especial la participación activa de los trabajadores mineros en todos los temas relacionados con la seguridad.

Para la mejor utilización de la normativa promulgada y de la Comisión de Seguridad Minera ya reformada, es preciso elaborar un Plan de Seguridad que se empezará a aplicar en 1985. Este plan tendrá por objetivo la reducción de los accidentes en nuestras mineras, en un plazo de tres años, a cifras del orden de las que existen en la CEE.

7. OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION

El objetivo de optimizar la economía de las minas que se explotan en el país exige un conocimiento adecuado de sus reservas y un estudio suficiente del mejor laboreo posible con independencia de las trabas que puedan plantear los derechos mineros preexistentes. Estos deben ser protegidos pero sólo en la medida que no perjudiquen el interés público de la más correcta explotación de los recursos que son propiedad del Estado, tal como contempla la Ley de Minas.

Como consecuencia, se ha abordado ya una serie de programas, llamados «Planes Directores de Cuenca», cuyo objetivo es el estudio de ingeniería minera de la mejor producción posible de un grupo de minas situadas en una cuenca geológica determinada.

La Administración intentará que los concesionarios concernidos lleguen a acuerdos para la realización en la práctica de estos planes directores, aportando las ayudas que parezcan necesarias en cada caso. En caso de no conseguirlo así, la Ley de Minas contempla la creación de «cotos mineros» que imponen la obligatoriedad de explotar los yacimientos del mejor modo posible.

En el pasado hemos gastado en tecnología poco y mal. Es preciso mejorar el aprovechamiento de los recursos que destinemos a la investigación. Pero, en este sentido, se evitará la creación de nuevas instituciones, con edificios, laboratorios y plantillas de investigadores que tiendan a funcionarizarse.

8. AUMENTO DE LOS RECURSOS

La escasez de recursos impulsa hacia la búsqueda de nuevas reservas, lo que ha sido en los años anteriores la principal preocupación del PNAMP y del PEN. Los resultados obtenidos han sido, sin embargo, de poca envergadura y puede dudarse de la rentabilidad del esfuerzo económico realizado. Como a pesar de ello, los expertos opinan que en España existe un potencial minero de interés aún no descubierto, es preciso continuar buscando para encontrar yacimientos rentables que nos sean necesarios.

En el terreno energético, disponemos de reservas suficientes en lo que a uranio se refiere, que se incrementarán en la próxima década cuando vayamos consumiendo las ya descubiertas. En el carbón existen grandes posibilidades de producción en la cuenca de EL BIERZO y en PUERTOLLANO. Por otra parte, las abundantes reservas de lignitos de Teruel nos plantean el desafío de solucionar el problema tecnológico de la eliminación del azufre que contiene.

En el campo de la minería no energética el INI ha recibido el encargo de preparar un programa de exploración en todo el país que parte del dominio minero de sus empresas y del Estado. Para llevarlo luego a cabo, el Instituto procederá a reestructurar sus actividades empresariales destinadas a la exploración y explotación de minas, invirtiendo las cantidades que el Presupuesto General del Estado de cada año le dedique, así como los recursos fiscales procedentes del factor de agotamiento de las empresas nacionales dependientes de él que generen beneficios.

En este sentido está previsto reglamentar adecuadamente las condiciones de utilización del factor de agota-

miento que el régimen fiscal vigente reconoce a las empresas mineras privadas, de forma que realmente se utilice en la puesta en evidencia o la adquisición de nuevas reservas mineras.

9. PROGRAMA FINANCIERO

La minería es una actividad intensiva en capital y, lo que es más grave, con un plazo muy dilatado de maduración de las inversiones, que, además, se deben plantear siempre con un coeficiente de riesgo mayor que en otros sectores. Esto último se debe tanto a las circunstancias propias de todo yacimiento como a las fluctuaciones cíclicas en los precios de los productos. La crisis económica en que se mueve la economía mundial intensifica, en estos años, las consecuencias de esta última característica. Todo ello exige una intervención financiera del Estado en el sector de una especial importancia.

En 1984, el total de fondos del Presupuesto dedicados a estas financiaciones ascenderá a 11.000 millones de pesetas (sin contar subvenciones a la explotación, fundamentalmente en la Cuenca Central Asturiana y de un 2 por 100 del carbón térmico que paga OFICO y que asciende a un total del orden de los 25.000 millones de pesetas), a los que habría que añadir del orden de 16.000 millones de crédito oficial a la inversión.

El Gobierno no programa aumentar sensiblemente los recursos del Presupuesto destinados a la incentivación del desarrollo minero en general. Pretende, en cambio, aumentar la eficacia del gasto y hacer más transparente su distribución concreta.

En el marco de la reforma general de los Presupuestos Generales del Estado, las partidas que conciernen a la Dirección General de Minas han sido así reestructuradas, de modo que se evite la opacidad anterior.

EL CONSUMO DE ENERGIA CRECIO EL 1,3 POR 100

El consumo interior bruto de energía primaria durante el pasado mes de abril fue de 6,07 millones de TEP (toneladas equivalentes de petróleo), lo que representa un 1,3 por 100 de incremento sobre el mismo período de 1983. En el año móvil de mayo de 1983 a abril de 1984, el consumo de energía ascendió a 73,8 millones de TEP, con un aumento del 1,9 por 100 sobre el mismo año móvil anterior.

En la estructura del consumo por fuentes de energía, continúa la tendencia a la reducción en la participación del petróleo, compensada con aumentos en la participación de las restantes fuentes, especialmente de la energía hidráulica y nuclear. En el año móvil que se comenta, el petróleo ha perdido 4,4 puntos, mientras que la energía hidráulica ha aumentado su participación en 2,7 puntos y la nuclear en un punto.

La producción interior de energía primaria fue en el mes de abril de 2,40 millones de TEP, lo que representa un aumento del 9,9 por 100 sobre abril de 1983. Durante dicho mes comenzó la producción de gas natural del yacimiento Serralbo. En el año móvil mayo 83-abril 84, la producción de energía ascendió a 28,15 millones de TEP, lo que supone un aumento de 2,74 millones de TEP más que en el año móvil anterior, destacando los aumentos de la energía hidráulica con un millón más de TEP, petróleo (919.000 TEP) y energía nuclear (779.000 TEP).

La participación de la producción interior en el consumo total de energía primaria ha sido en el año móvil considerado del 38,2 por 100, con una mejora del 3,1 por 100 respecto al año móvil anterior.

INSTALADA UNA PLANTA DE DESULFURACION DE ARRABIO EN BILBAO PARA REDUCIR CONTAMINACION

La empresa Altos Hornos de Vizcaya ha instalado en Sestao una planta de desulfuración de arrabio que reducirá considerablemente la contaminación atmosférica en la zona del Gran Bilbao, según fuentes de la empresa.

La planta, que ha sido instalada en la factoría de Sestao, ha supuesto una inversión de 613 millones de pesetas, de los cuales la Dirección General del Medio Ambiente, dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, ha aportado 183 millones de pesetas.

La desulfuración de arrabio (hierro líquido con un 3,5 por 100 de carbono) permitirá suprimir la adición manual de sosa cáustica en el reguero de salida del horno, durante la operación de colada. «De esta forma se evita el desprendimiento de humos y gases alcalinos, perjudiciales para los operarios, equipos y mecanismos, además de mejorar la visibilidad del entorno físico», ha señalado un técnico de la empresa.

Noticias

LOS PETROLEROS NECESITAN UN PLAN FINANCIERO COMO LOS ELECTRICOS

El consejero-delegado de Campsa, Roberto Centeno, sugirió, en el curso de una conferencia pronunciada en el Club de la Minería, la necesidad de un plan financiero a medio plazo pactado entre el sector petrolero y la Administración, similar en lo conceptual al realizado con el sector eléctrico, destinado a dotar a la industria petrolera al final del período transitorio de adaptación a la CEE de un equilibrio financiero similar al de las grandes sociedades del sector en el Mercado Común.

Roberto Centeno se refirió a la reconversión efectuada por el sector para adaptarse a las nuevas pautas de ventas, proceso en el que ha invertido 150.000 millones de pesetas, y a la mejora de la competitividad, para cuyo fin se firmó el protocolo en julio de 1983, que resuelve así uno de los principales problemas del sector: su reducida dimensión. Si el sector operara de forma individual, aseguró Centeno, no más del 50 por 100 tendría la oportunidad de sobrevivir.

Respecto de la situación financiera ideal de la nueva Campsa, Roberto Centeno señaló que habría que llegar en concreto, como mínimo, a una situación de igualdad entre recursos propios y recursos ajenos, muy distinta del actual 28-72 por 100.

Otro de los problemas del sector, dijo, es el de los recursos escasos, más difícil de solucionar, pues se necesitan tiempo y recursos ingentes para obtener petróleo. «No tenemos recursos ingentes... pero, sin embargo, caben soluciones favorables.» La primera, añadió Centeno, es incrementar los recursos destinados a dicho fin y orientarlos en la forma más eficaz posible..., «lo que requiere limitar la exploración exterior y concentrarse en la interior, mucho más segura y rentable». La segunda, añadió, es realizar asociaciones con grandes países productores, en la línea de la realizada entre Campsa y Pemex en 1978.

SE ESTUDIA LA GASIFICACION DEL CARBON

Un total de 15 zonas de la Península han sido preseleccionadas para la aplicación en ellas de técnicas de gasificación subterránea o «in situ» de carbón.

Esta preselección es fruto de un estudio sobre la viabilidad técnica y económica de esta tecnología en España que ha sido realizado en el marco del Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico Electrotécnico (PIE), que está llevando a cabo el sector eléctrico español.

La gasificación subterránea de carbón es una tecnología que consiste en inyectar oxígeno o aire y vapor en un yacimiento subterráneo de dicho mineral. De esta manera el carbón se transforma en un gas que puede ser utilizado en una central termoeléctrica, situada en bocamina, para producir energía eléctrica. Esta técnica, que está siendo experimentada en Estados Unidos, la Unión Soviética y algunos países de la Europa occidental, per-

mite el aprovechamiento de yacimientos de carbón que, por su especial configuración y la profundidad a la que se encuentran, plantean importantes dificultades técnicas y económicas a la hora de extraer el mineral.

Hasta el momento, la gasificación subterránea de carbón ha sido satisfactoriamente realizada y controlada en diversos países hasta profundidades de 250 ó 300 metros. Los resultados conseguidos permiten pensar que la tecnología básica empleada hasta ahora puede ser desarrollada para su aplicación a yacimientos que se encuentran a 800 ó 1.000 metros, los cuales difícilmente pueden ser explotados por la minería convencional.

Según informa Colpisa, el estudio realizado en España ha permitido conocer de manera sistemática y profunda las experiencias llevadas a cabo en diversos países industrializados y el grado de desarrollo al que ha llegado esta tecnología. Asimismo, se ha hecho un anteproyecto para la construcción de una instalación experimental en España y se ha efectuado una preselección de las zonas idóneas para albergarla. Las 15 zonas preseleccionadas se encuentran repartidas entre las provincias de León, Asturias, Palencia, Teruel, Lérida y Ciudad Real.

GAS NATURAL EN SANTANDER

Fuentes del INH han informado que en los trabajos de prospección que se vienen realizando en el sondeo «Cadialso-1», situado en la zona santanderina de Polientes, se ha encontrado gas natural, aunque se considera que no es económicamente rentable dada la baja presión con la que fluye.

Se destaca, sin embargo, el hecho de que es la primera vez que en prospecciones realizadas en esa provincia se obtienen estos resultados.

El sondeo «Cadialso», iniciado la pasada primavera, terminó el 17 de julio a una profundidad cercana a los 400 metros. Desde esa fecha se están realizando una serie de pruebas (actualmente la cuarta) para conocer con exactitud los resultados de la perforación.

EN CINCO AÑOS, ESPAÑA INVERTIRÁ 160.000 MILLONES EN EXPLORAR HIDROCARBUROS

España prevé unas inversiones en exploración de hidrocarburos de 160.000 millones de pesetas durante el período comprendido entre 1984 y 1988. De estas inversiones, 94.000 millones corresponden a Eniepsa y 69.000 millones al resto de las compañías.

El ritmo de los descubrimientos se ha acelerado en los últimos años como consecuencia del incremento de la actividad en perforación. No obstante, Claudio Boada, presidente del Instituto Nacional de Hidrocarburos (INH), se preguntaba hace unos días, en unos jornadas iberoamericanas sobre esta materia, cuánto más podemos aumentar nuestro esfuerzo de investigación y nuestros hallazgos y cuánto petróleo o gas queda aún por encontrar.

Para alcanzar una cierta perspectiva del esfuerzo de investigación desarrollado, decía Boada, es frecuente efectuar comparaciones del número de sodeos efectuados por cada 10.000 kilómetros cuadrados de superficie sedimentaria. Así, en España se han hecho trece sodeos, mientras que en Austria se realizaron 121; en Francia, 32; en Alemania, 130, y en Italia, 54. Sin embargo, en las áreas marinas las cifras varían sustancialmente, puesto que en España se han realizado 26 sodeos por cada 10.000 kilómetros cuadrados, y esta cifra es sólo superada por Italia que realizó 29.

Para el presidente del INH, la búsqueda se hace más difícil en tierra y se requiere en este terreno una constancia «sin desalientos».

GRANDES POSIBILIDADES

Es indudable que en nuestro país existen zonas con grandes posibilidades para el hallazgo de hidrocarburos y que éste ha pasado por varias etapas. Desde la promulgación de la ley de Hidrocarburos de 1959 se han invertido en España unos 153.000 millones de pesetas corrientes en exploración y otros 74.000 en explotación. En este período se extrajeron en España 17,8 millones de toneladas de crudo equivalentes de petróleo. La inversión global ha sido de 23.552 pesetas de 1983 por tonelada.

Los resultados obtenidos pueden ser considerados de optimistas, puesto que las reservas encontradas hasta el momento son alentadoras y hay esperanzas de que los yacimientos de gas descubiertos recientemente puedan ahorrar reservas adicionales.

La actividad durante 1983 ha sido de 13 sodeos en tierra y 15 en el mar. El total alcanzado ha sido de 55.800 metros de sondeo durante el pasado año. Los previstos para 1984 son 30 y se ubican en el área de las marismas, en Sevilla y Cádiz; en el Mediterráneo, en Rosas, Montanazo y Alborán, y en el mar Cantábrico.

RADIOGRAFIA DEL SUBSUELO DE MADRID

El Ayuntamiento de Madrid dispondrá en breve de un banco de datos con más de 20.000 informaciones sobre la formación del suelo de la capital, la humedad y otros datos geotécnicos del subsuelo que facilitará cualquier proyecto de obras e instalaciones que se realicen en el término municipal.

En la elaboración del estudio base se han consumido tres años y un presupuesto de 80 millones de pesetas. Ha sido patrocinado por el Ayuntamiento de la Villa en colaboración con la Facultad de Geológicas, el MOPU, Instituto Geológico y Minero y el Instituto Agustín de Bentacourt de la Escuela de Caminos. Es la primera vez que se hace una radiografía del subsuelo de Madrid. Se han levantado planos y guías de las conducciones mozárabes de aguas denominadas «viajes antiguos», los más de 400 pozos de uso particular existentes en Madrid. Se han trazado las corrientes de agua, yacimientos paleontológicos y mineralógicos.

La riqueza hidrológica acumulada en el subsuelo de Madrid permitiría al Canal de Isabel II extraer, en caso

de necesidad, hasta 100 millones de metros cúbicos de agua en un año. De los 400 millones de metros cúbicos de agua que se consumen anualmente en la capital, 15 proceden del subsuelo.

EL INTERIOR TERRAQUEO, EN TRES DIMENSIONES

La combinación de técnicas tradicionales de investigación geológica con la informática ha llevado a conseguir la visualización en tres dimensiones de cortes geológicos profundos. La técnica, demostrada en el reciente congreso de la Asociación Europea de Geofísica, permite a un geofísico reconstruir un segmento de la profundidad de la Tierra en tres dimensiones en un monitor de vídeo. La técnica ha sido desarrollada por la empresa Litton Western Geographical y se basa en el proceso por ordenador de los miles de millones de datos obtenidos en una investigación sísmica para reconstruir la estructura de la zona investigada.

En la imagen obtenida se muestra la composición de la zona reconstruida, así como las coordenadas de cada punto. Los científicos que han participado en este desarrollo esperan que la nueva técnica constituya una ayuda importante en la búsqueda de recursos energéticos y minerales.

RAMON LLAMAS, PRESIDENTE DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE HIDROGEOLOGOS

El catedrático de Geodinámica español ha sido elegido presidente de esta asociación en el XXVII Congreso Geológico Internacional que se celebró en Moscú. Ramón Llamas obtuvo 130 de los 140 votos de la asamblea general de la asociación, fundada en el congreso de geología de México en 1956 e integrada por especialistas en hidrogeología de 65 países. Ramón Llamas fue durante quince años asesor de la Dirección General de Obras Hidráulicas. Cuenta en su haber con más de un centenar de obras publicadas. El nuevo presidente destacó tras su nombramiento la importancia y actualidad de la hidrogeología por el particular interés de esta rama de las ciencias geológicas en la conservación del medio ambiente y las condiciones de vida de las concentraciones urbanas.

EL YACIMIENTO DE WOLFRAMIO EN GUIJUELO

En relación a la noticia aparecida en el BOLETIN GEOLOGICO Y MINERO, correspondiente al período julio-agosto, T. XCV, Cuarto fascículo, en la que se decía que el yacimiento podría entrar en explotación en 1985, dicha noticia es incorrecta ya que en estos momentos la Empresa Operadora está realizando un Estudio de Viabilidad cuyos resultados se conocerán a finales de 1985. Entre

otros factores, dicho Estudio determinará el tonelaje del yacimiento y su ley, así como su posible rentabilidad.

MARCELO JORISSEN BRAECKE

El día 26 de septiembre de este año ha fallecido en Madrid este ilustre ingeniero de minas.

Con él desaparece una de las figuras más destacadas de nuestra profesión y de la minería del carbón española. Nació en Bruselas (Bélgica), el 27 de noviembre de 1897, y todavía niño vino a vivir a España con un tío suyo, ingeniero de minas, que trabajaba en una mina de plomo de la zona de Linares.

Cursó sus estudios en España y la carrera de ingeniero de minas en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas de Madrid.

Por entonces se nacionaliza español y termina su carrera ocupando el primer puesto de la Promoción XCVIII, en 1922.

Este mismo año, en el verano, se incorpora a la empresa Minero Siderúrgica de Ponferrada, a la que ha estado vinculado durante toda su vida profesional, primero como ingeniero y poco después como Jefe de Minas. En 1927 asciende a Subdirector Técnico y en 1931 es nombrado Director Técnico de la citada empresa.

En los años que siguen, hasta 1939, realiza una labor verdaderamente meritoria, en la que lucha con las situaciones más adversas: crisis económica general, que afecta muy especialmente a la propia empresa, en una situación de tesorería verdaderamente difícil. Gracias a su tesón y constancia consigue, contra viento y marea, llegar al momento del «boom» del mercado de carbones y poder aprovecharlo al tener la mina con la preparación suficiente para ello, alcanzando uno de los éxitos financieros y mineros más espectaculares de la minería del carbón.

En 1955 es nombrado Catedrático de Laboreo de Minas en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

En 1957, simultaneando su cargo en la primera empresa, es nombrado Director y, poco después, Consejero Director, de la sociedad Minas de Tormaleo.

En 1961 la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas lo elige Director, cargo que ocupó hasta el año 1967, en el que cesó al cumplir la edad reglamentaria de jubilación.

Durante su período de dirección, y gracias a sus gestiones e iniciativas, se construyó en la Escuela la Mina Experimental, para prácticas de alumnos; que fue inaugurada después de su cese como Director y a la que se acordó ponerle su nombre, que hoy lleva.

En 1962, la Minero Siderúrgica de Ponferrada lo nombra Consejero Director y en 1973 Vicepresidente de la misma sociedad.

También es nombrado Presidente de la sociedad Minas de Tormaleo en 1973.

El gobierno le concedió la Medalla de Oro del Mérito en el Trabajo por sus méritos profesionales y su labor de muchos años dedicados a la Minería del Carbón.

Sus méritos académicos le fueron reconocidos al concedérsele la Gran Cruz de Alfonso X el Sabio.

Descanse en paz.

Luis de la CUADRA E IRIZAR

Notas bibliográficas

GEOLOGIA REGIONAL

840553. **Geología, geomorfología, clima e hidrología del macizo de la Piedra de San Martín.** LOPEZ-MARTINEZ, J. *Reunión monográfica sobre el Karst-Larra 82, Dip. Foral Navarra* (1982) pp. 13-53, ref. 45, esp., bibl. IGME.

* Karst, Cretácico superior, Transgresión, Orogenia hercínica, Laguna estratigráfica, Flysch, Río subterráneo, Hidrología superficie, Hidrodinámica, Navarra, Pirineos franceses, Pirineos españoles.

840554. **Connaissances actuelles sur le karst profond de Larra (Pyrennees Atlantique, Navarra, Huesca).** MAIRE, M. R.

Reunión monográfica sobre el Karst-Larra 82, Dip. Foral Navarra (1983), pp. 55-79, ref. 17, franc., bibl. IGME.

* Caverna, Karst, Espeleología, Región kárstica, Inventario, Morfología disolución, gas carbónico, Régimen hidrológico suelo, Navarra, Provincia Huesca, Pirineos Atlánticos.

840555. **El karst en el sector centrooriental de la Cordillera Ibérica.** GUTIERREZ ELORZA, M.; PEÑA MONNE, J. L., y SIMON GOMEZ, J. L.

Reunión monográfica sobre el Karst-Larra 82, Dip. Foral Navarra (1983), pp. 81-93, ref. 16, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Karst, Morfología disolución, Plioceno superior, Superficie erosión, Tectónica fractura, fractura, Dolina, Glacis, Macizo Ibérico, Provincia Teruel.

840611. **1.º Simposio de geología de La Rioja, La Rioja, 15-16 agosto 1979.**

Acta Geol. Lilloana (1981), vol. 15, núm. 3, 166 pp. esp., bibl. IGME.

* Reunión, Geología regional, La Rioja, Argentina.

840826. **La geología del área esquistosa de Galicia Central (Cordillera Herciniana, NW de España).** MARQUINEZ GARCIA, J. L.

Mem. Inst. Geol. Min. Esp. (1984), núm. 100, 231 pp., 180 ref., res. esp., bibl. IGME.

* Tesis, Geología regional, Gneis, Migmatita, Anfibolita, Granito, Informe químico, Paragénesis, Paleogeografía, Orogenia hercínica, Deformación, Pliegue, Falla, Geometría, Mapa geológico, Galicia.

840911. **Geología y metalogenia del yacimiento «Virgen de la Encina», Ponferrada, León.** ARRIBAS ROSADO, A. *Tecniterrae* (1983), núm. 56, pp. 36-75, 35 ref., esp., bibl. IGME.

* Tungsteno sustancia, Yacimiento estratiforme, Filón, Paragénesis, Inclusión fluida, Análisis térmico, Homogeneización, Histograma, Cuarzita, Microtectónica, Tectónica superpuesta, Metamorfismo débil, Facies esquistos verdes, Metamorfismo térmico, Granito, Alteración hidrotermal, Alteración, Primaria, Cámbrico, Ordovícico, Provincia León.

840920. **Estratigrafía y estructura del Complejo de Ordenes y de la Unidad del Ojito de Sapo en el sector Pantin-Cabo Prior, La Coruña, NW de España.** DIAZ-GARCIA, F. *Trab. geol.-Univ. Oviedo* (1983), núm. 13, pp. 129-138, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Ordovícico inferior, Ordovícico medio, Ordovícico superior, Silúrico, Roca metasedimentaria, Textura porfídica, Tectónica superpuesta, Esquistosidad flujo, Pliegue, Pliegue isoclinal, Microtectónica, Zona cizallamiento, Metamorfismo regional, Metamorfismo débil, Provincia La Coruña, Macizo Galaico.

ESTRATIGRAFIA

840642. **El sistema Ordovícico en Sudamérica.** ACELONAZA, F. G.

Acta geol. Lilloana (1982), vol. 16, núm. 1, pp. 77-91, ref. 86, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Ordovícico, Corte geológico, Fauna, Pelita, Cuarzita, Marga, Caliza, Arenisca, Conglomerado, Roca ígnea, Roca volcánica, Metamorfismo, Paleogeografía, América del Sur.

840651. **Geología y prospección geoquímica de la Sierra de Medina, provincia de Tucumán, Investigación de Cu, Pb, Zn y Mn en nuestros fluviales.** BUSIGNANI, V. C.; URDANETA, A., y SUAYTER, L.

Acta geol. Lilloana (1982), vol. 16, núm. 1, pp. 201-214, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Unidad estratigráfica, Cámbrico inferior, Cenomanienense, Senoniense, Paleoceno, Mioceno superior, Pliegue, Anti-

clinal, Falla, Discordancia, Escala, Análisis menores, Método estadístico, Anomalía, Anomalía residual, Cobre, Plomo, Zinc, Manganeso, Tucumán, Andes Argentinos.

840695. **El Calloviense de Moneva, Zaragoza. Precisiones bioestratigráficas.** SEQUEIROS, L.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol. (1983), vol. 80, núm. 1-4, pp. 153-162, 16 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Batoniense, Calloviense, Oxfordiense, Corte geológico, Bioestratigrafía, Fauna ammonite, Provincia Zaragoza, Macizo Ibérico.

840748. **Sobre la presencia del Eoceno, Ypresiense-Luteciense, en las proximidades de Jerez de la Frontera, Cádiz.** OCETE, R., y DIAZ, M. G.

Rev. esp. micropaleontol. (1983), vol. 15, núm. 3, pp. 457-465, 26 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Eoceno inferior, Ypresiense, Eoceno medio, Luteciense, Bioestratigrafía, Fauna específica, Fauna foraminífera, Globigerina, Globigerinacea, Provincia Cádiz.

840797. **Proyecto núm. 29: El límite Cámbrico-Precámbrico.** ZAMARREÑO, I., y COWIE, J. W.

Bol. inf. PICG (1983), núm. 8, pp. 21-32, 28 ref., ing., bibl. IGME.

* Cámbrico, Precámbrico, Límite estratigráfico, PICG, Ichnites, Estratotipo, Geocronología, Bioestratigrafía, India, China, Canadá.

840800. **Proyecto núm. 174: Los sucesos geológicos en el límite Eoceno-Oligoceno.** REGUANT, S., y POMEROL, CH.

Bol. inf. PICG (1983), núm. 8, pp. 39-57, 62 ref., ing., bibl. IGME.

* Eoceno, Límite estratigráfico, Oligoceno, Bioestratigrafía, Fauna, Evaporita, Tethys, PICG.

840921. **El Terciario de las Baleares. 10 Congreso Nacional de Sedimentología. Guía de las excursiones. Menorca, 26-30 septiembre 1983.** POMAR, L., ed.; OBRADOR, A., ed.; Fornos, J., ed., y RODRIGUEZ-PEREA, A., ed.

Inst. estud. baleares, Palma de Mallorca (1983), 255 pp., esp., bibl. IGME.

* Libro-guía, Excursión, Reunión, Sedimentología, Baleares, Menorca, Mallorca.

840993. **Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales pérmicos y triásicos en el noroeste de la Sierra de Albarracín (provincia de Guadalajara).** PEREZ ARLUCEA, M., y SOPENA, A.

Estud. geol. (Madr.) (1983), vol. 39, núm. 5-6, pp. 329-343, 47 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pérmico, Triásico, Roca volcánica, Piroclasto, Volcanosedimentario, Conglomerado, Arenisca, Análisis modal, Sedimentación, Cono aluvial, Llanura inundación, Sebkha, Control tectónico, Cronoestratigrafía, Provincia Guadalajara.

840995. **Las formaciones del Ordovícico medio y superior de las Cadenas Ibéricas y su fauna de braquiópodos.** VILLAS, F.

Estud. geol. (Madr.) (1983), vol. 39, núm. 5-6, pp. 359-377, 47 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Ordovícico medio, Ordovícico superior, Escala estratigráfica, Bioestratigrafía, Fauna braquiópoda, Biogeografía, Correlación, Montes Ibéricos, Bohemia, Checoslovaquia, Provincia Zaragoza, Macizo Ibérico, Reino Unido.

GEOMORFOLOGIA

840551. **Karst-Larra 82, Isaba, Navarra, 4-11 octubre 1982.**

Dip. Foral Navarra (1983), 2 vols., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Karst, Hidrogeología, Acuífero, Protección medio ambiente, Espeleología, Larra, Navarra.

840557. **El condicionamiento estructural del karst de la Sierra Blanca, Marbella, Málaga.** RODRIGUEZ VIDAL, J. *Reunión monográfica sobre el Karst-Larra 82, Dip. Foral Navarra* (1983), pp. 105-115, ref. 11, esp., bibl. IGME.

* Pliegue, Antiforme, Mármol, Mioceno, Red fractura, Microtectónica, Karst, Morfología disolución, Lapiar, Villafranesense, Control tectónico, Provincia Málaga.

840575. **Aportación de un banco de datos kárstico en Larra.** SANTESTEBAN, I.

Jornadas sobre planificación de las expediciones espeleológicas en Larra, Dip. Foral Navarra (1983), pp. 31-43, esp., bibl. IGME.

* Karst, Espeleología, Datos, Base Datos, Clasificación, Programa, Larra, Navarra.

840610. **Rasgos de micromodelado periglacial actual sobre zonas graníticas de los Pirineos españoles.** VIDAL ROMANI, J. R.; VILLAPLANA, J. M.; MARTI BONO, C., y SERRAT, D.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 1, pp. 55-65, ret. 18, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Periglacial, Micromorfología suelo, Gelivación, Soliflucción, Alteración química, Granito, Panticosa, Cavaller, Provincia Huesca, Provincia Lérida, Pirineos españoles.

840684. **Evolução dos fundos do estuario do Tejo.** CASTANHEIRO, J.

Bol. Soc. Geogr. Lisboa (1983), vol. 101, núm. 1-6, pp. 92-104, por., bibl. IGME.

* Sedimentación estuario, Medio estuario, Erosión, Proporción material erosionado, Río Tajo, Portugal, Extremadura.

840919. **Evolución sedimentaria del sistema playa-duna de Xagó, Asturias.** SUAREZ RUIZ, I., y SANCHEZ DE LA TORRE, L.

Trab. geol., Univ. Oviedo (1983), núm. 13, pp. 113-128, 25 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sedimentación litoral, Medio subtidal, Medio intersticial, Duna costera, Granulometría, Método estadístico, Estructura sedimentaria, Batimetría, Distribución espacial, Asturias.

CUATERNARIO

840822. **Orbita terrestre y periodos glaciares.** COVEY, C. *Invest. cienc.* (1984), núm. 91, pp. 30-39, esp., bibl. IGME.

* Pleistoceno, Glaciación, Cronología, Sedimento carbonatado, O₁₈O₁₆, Planeta Tierra, Rotación, Excentricidad, Acción climática.

840912. **Evolución del margen costero de la Cordillera Cantábrica en Asturias desde el Mioceno.** MARY, G.

Trab. geol., Univ. Oviedo (1983), núm. 13, pp. 3-35, 109 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Margen continental, Terraza marina, Sedimentación continental, Sedimentación marina, Granulometría, Paleogeografía, Mioceno, Plioceno, Cuaternario, Ciclo sedimentario, Asturias.

GEOLOGIA MARINA

840518. **Proyecto núm. 61: Variaciones del nivel del mar durante el Holoceno.** MALDONADO, A.

Bol. Inf. PICG (1981), núm. 6, pp. 46-48, ref. 5, esp., bibl. IGME.

* Variación nivel, Eustatismo, Cuaternario, Plataforma continental, PICG, Mar Mediterráneo oeste, Mar de Alborán, Provincia Tarragona, Provincia Valencia, Provincia Almería.

840697. **Niveles marinos cuaternarios y su relación con la neotectónica en el litoral de Almería, España.** GOY, J. L., y ZAZO, C.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol. (1983), vol. 80, núm. 14, pp. 171-184, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Terraza marina, Morfología costa, Emersión, Neotectónica, Falla, Fauna gasterópodo, Abanico fluvial, Cuaternario, Provincia Almería, Mar Mediterráneo oeste.

GEOLOGIA DEL INGENIERO

840535. **Dependencia funcional entre la resistencia a compresión simple, y el factor de forma en probetas de siderita.** MARTIN SUAZ, J.

Ind. Min. (1984), vol. 26, núm. 235, pp. 19-27, ref. 11, esp., bibl. IGME.

* Ensayo laboratorio, Hierro, Carbonato, Siderita, Compresión uniaxial, Resistencia compresiva, Morfoscopía, Ecuación matemática, Datos.

840548. **Los cementerios radioactivos.** GARCIA RETUERTA, C.

Rev. MOPU (1984), núm. 307, pp. 64-68, esp., bibl. IGME.

* Residuo radiactivo, Planificación, Política Estado, Control nuclear, Protección medio ambiente, España.

840653. **La fotografía aérea y su aplicación en estudios urbanos.** GARCIA-REYES, R., y M. I.

Rev. CIAF (1982), vol. 7, núm. 1-3, pp. 7-27, 25 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Planificación urbana, Fotografía aérea, Cartografía, Escala cartográfica, Mosaico fotográfico, Fotogrametría.

840859. **Mejora del suelo en relación con la licuefacción. Inyecciones de fracturación y compactación.** ESCARIO, V.

Bol. inf. lab. Carret. Geolec. (1983), núm. 160, pp. 3-19, 33 ref., esp., bibl. IGME.

* Mecánica suelo, Estabilidad, Licuefacción, Inyección fluida, Ensayo laboratorio, Ensayo in situ, Compactación.

840880. **Cálculo del riesgo sísmico y terremotos de proyecto para la presa de El Limonero, Málaga.** MARTIN, A. J., y BLAZQUEZ, R.

Rev. geofis. (1983), vol. 39, núm. 2, pp. 119-138, 37 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Riesgo sísmico, Análisis espectro sísmico, Atenuación movimiento suelo, Método estadístico, Seismo superficial, Seismo profundo, Acelerograma, Barrido, Provincia Málaga.

840906. **Determinación de metales pesados por espectroscopía de absorción atómica, en la cuenca del río Tinto.** GARCIA VARGAS, M.; RUIZ ABRIO, M. T., y GUERRERO, M. A.

Tec. invest. trat. medio ambiente (1980), vol. 2, núm. 1, pp. 12-24, 22 ref., esp., res. por., ing., bibl. IGME.

* Río, Agua, Hidrodinámica, Polución, Metal pesado, Espectrometría absorción, Absorción atómica, Metodología análisis, Río Tinto, Provincia Huelva.

840933. **Seminario sobre criterios sísmicos para instalaciones nucleares y obras públicas, Madrid, 29-30 marzo 1978.**

Inst. Geográfico Nacional, Madrid (1979), 334 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Sismicidad, Riesgo sísmico, Control nuclear, Obra.

840970. **Desarrollo y Medio Ambiente.**

Monografías de la Dirección General del Medio Ambiente, Serv. publ. MOPU (1984), 490 pp. esp., bibl. IGME.

* Monografía, Medio, Recurso natural, Protección medio ambiente, Planificación.

PALEONTOLOGIA INVERTEBRADOS

840687. **Braquilópodos aptienses de la Cordillera de Gares, Antepaís rifeño oriental, Marruecos.** PEYBERNES, B., y CALZADA, S.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol. (1983), vol. 80, núm. 1-4, pp. 25-38, 18 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Rhynchonellida, Rhynchonellidae, Terebratulida, Terebratulidae, Megasecuencia, Medio litoral, Aptiense, Dominio rifeño.

840691. **Caracterización de Rhynchonelloidea goyi n. sp. (Brachiopoda, Rhynchonellidae) del Toarciense superior en la Cordillera Ibérica (NE de España).** GARCIA-JORAL, F.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol. (1983), vol. 80, núm. 1-4, pp. 89-103, 22 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Rhynchonellida, Rhynchonellidae, Nuevo taxón, Coquilla, Toarciense, Cordillera Ibérica, Macizo Ibérico, Provincia Soria, Provincia Guadalajara.

840694. **Los Hildoceratidae del tránsito Domerliense-Toarciense de la Zona Subbética, Cordilleras Béticas, S de España.** BRAGA, J. C.; JIMENEZ JIMENEZ, A. P., y RIVAS, P.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol. (1983), vol. 80, núm. 1-4, pp. 133-152, 32 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Perisfintida, Hildoceratidae, Bioestratigrafía, Domerliense, Toarciense, Límite estratigráfico, Zona Bética, Zona Subbética, Cordillera Bética.

840700. **Comparaciones faunísticas y correlaciones en el Pliensbaquense de la Zona Subbética y Cordillera Ibérica.** BRAGA, J. C.; COMAS-RENGIFO, M. J.; GOY, A., y RIVAS, P.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol. (1983), vol. 80, núm. 1-4, pp. 221-244, 51 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Bioestratigrafía, Fauna ammonites, Fauna específica, Carixiense, Pliensbaquense, Domerliense, Zona Bética, Zona Subbética, Correlación, Macizo Ibérico.

840749. **Ostrácodos cenomanenses de dos secciones en los alrededores de Oviedo, Asturias.** MENDEZ, C. A., y SWAIN, F. M.

Rev. esp. micropaleontol. (1983), vol. 15, núm. 3, pp. 467-496, 26 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Bairdiacea, Bairdia, Cypridocapina, Cytheracea, Platicopida, Taxón nuevo, Test, Biometría, Medio agua poco profundo, Cenomaniense, Asturias.

PALEOBOTANICA

840531. **Les genres Sagenopteris prest et Gilengo linné dans la flore des calcaires, lithographiques du cretace inferieur du Montsec, province de Lérida, Espagne.** BARRALE, G.

Iberda (1982), núm. 43, pp. 337-355, ref. 43, fran., res. ing., esp., cat., bibl. IGME.

* Gymnospermae, Pteridospermae, Ginkgoales, Ginkgo, Caliza Cretácico inferior, Montsech, Provincia Lérida, Correlación, Secundario, Mundo.

840686. **Columns stromatolites from the Lower-Cambrian. Formación Pedroche, Sierra Morena, S. Spain.** SCHMITT, M.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol. (1983), vol. 80, núm. 1-4, pp. 5-23, 16 ref., ing., res. esp., alem., bibl. IGME.

* Estromatolitos, Nuevo taxón, Estirolito, Cámbrico inferior, Provincia Córdoba, Correlación, Atlas, Plataforma siberiana, Formación Pedroche, Vetella, Charaulachia.

TECTONICA

840609. **Discussion about the emplacement of some of the southern Pyrenees nappes, Spain.** SOLE SUGRANES, L.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 1, pp. 47-53, 18 ref., ing., bibl. IGME.

* Manto, Aloctonía, Mecánica, Modelo, Corrimiento gravidad, Pirineos españoles, Eoceno, Oligoceno, Manto de Cotiella, Manto de Pedraforca, Manto de Gavarnie.

840756. **Nota sobre la estructura del Paleozoico y la presencia del Triásico en el noroeste de la ciudad de Barcelona (Vallarca, El Coll, Monte Carmelo).** VALENCIANO, A. y SANZ FUENTES, F.

Rev. Inst. Invest. Geol. (1982), vol. 35, pp. 61-69, 7 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Pliegue, Sinclinal, Anticlinal, Fractura, Orogenia Hercínica, Tectónica superpuesta, Esquistosidad, Flujo, Silúrico, Triásico, Filita, Cuarzita, Pizarra, Caliza, Conglomerado, Arenisca, Provincia Barcelona.

840784. **Sur le caractere syntectonique de quelques plutons de La Sierra Morena Occidentale (Sud-Ouest espagnol).** PONS, J., y BRUN, J. P.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 1, pp. 26-32, 26 ref., fran., res. ing., bibl. IGME.

* Plutón, Roca encajante, Geometría, Emplazamiento, Sintectónica, Pliegue, Anticlinorio, Pliegue asimétrico, Deformación, Esquistosidad, Lineación, Cizallamiento, Provincia Badajoz.

HIDROGEOLOGIA

840524. **Calidad de las aguas subterráneas de la cuenca baja del Guadalquivir.**

Colecc. Inf. Inst. Geol. Min. Esp. (1984), 70 pp., esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Calidad agua, Agua subterránea, Potabilidad, Provincia Cádiz, Provincia Huelva, Provincia Sevilla, Cuenca Guadalquivir.

840560. **L'approche systemique du karst, consequences conceptuelles et methodologiques.** MANGIN, A.

Reunión monográfica sobre el Karst-Larra 82. Dip. Foral Navarra (1983), pp. 141-157, ref. 23, franc., bibl. IGME.

* Karst, Teoría, Clasificación, Morfología disolución, Hidrodinámica, Termodinámica, Entropía.

840563. **Estudio hidrogeológico del macizo de La Yedra-Alfacar-Viznar (Granada).** CASTILLO, A., BENAVENTE, J., y LOZANO, A.

Reunión monográfica sobre el Karst-Larra 82. Dip. Foral Navarra (1983), pp. 217-229, 11 ref., esp., bibl. IGME.

* Karst, Ventana tectónica, Falla, Dolomía, Caliza, Triásico, Manto libre, Fuente, Alimentación natural, Provincia Granada.

840565. **Aplicación del oxígeno-18 al sistema kárstico de Banyoles-La Garrotxa, Gerona.** SANZ PARERA, M.; BACH PLAZA, J., y TRILLA ARRUFAT.

Reunión monográfica sobre el Karst-Larra 82. Dip. Foral Navarra (1983), pp. 243-255, 6 ref., esp., bibl. IGME.

* Acuífero, Hidrodinámica, Karst, Caliza, Trazador radiactivo, Isótopo estable, O-18, Provincia Gerona.

840566. **Consideraciones hidrogeológicas sobre los yesos de Sorbas, Almería.** PULIDO BOSCH, A.

Reunión monográfica sobre el Karst-Larra 82. Dip. Foral Navarra (1983), pp. 257-274, 22 ref., esp., res. franc., bibl. IGME.

* Yeso, Evaporita, Dolina, Lapiar, Morfología disolución, Control tectónico, Fracturación, Microtectónica, Histograma, Acuífero, Hidroquímica, Provincia Almería.

840786. **Diseño de un modelo para el estudio de descargas de acuíferos. Modelo Meda.** IGLESIAS, A.

Bol. Geol. Min. (1984), vol. 95, núm. 1, pp. 52-57, 3 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Acuífero, Drenaje, Caudal, Alimentación natural, Precipitación atmosférica, Hidrograma, Ecuación matemática, Modelo matemático, Programa ordenador, Balance agua.

MINERALOGIA: GENERALIDADES

840703. **4.ª Reunión científica de la Sociedad Española de Mineralogía, Granada, 6-8 abril 1983.** FENOLL HACHALI, P.

Bol. Soc. Esp. mineral (1983), vol. 7, 265 pp., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Reunión, Mineralogía.

MINERALOGIA: SILICATOS

840599. **Uma sugestão preliminar sobre o uso do índice de triclincidade como estimados do grau de ordenamento estrutural dos feldspatos potássicos de rochas granitoides.** GODINHO, M. M.

Mem. Not. publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra Cent. Estud. geol. (1982), núm. 94, pp. 3-10, 17 ref., por., res. ing., bibl. IGME.

* Grupo feldespato alcalino, Feldespato potásico, Orden-desorden, Estructura cristalina, Simetría, Granito, Índice de triclincidad.

840706. **Estudio del complejo interlamina vermiculita-clordimeform.** MORILLO, E.; PEREZ RODRIGUEZ, J. L., y HERMOSIN, M. C.

Bol. Soc. Esp. mineral (1983), vol. 7, pp. 25-30, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Cambio catión, Vermiculita, Pesticida, Grupo arcilla-mineral, Solución acuosa, Datos RX, Espectro IR, Clordimetorm.

840708. **Características cristaloquímicas de la hornblenda del volcán de Valverde, Ciudad Real.** HOYOS, M. A.; CASAS, J.; MARTIN DE VIDALES, J. L., y GUIJARRO, J.

Bol. Soc. Esp. mineral (1983), vol. 7, pp. 37-40, 5 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Hornblenda, Grupo anfíbol, Estructura cristalina, Fórmula, Análisis químico, Datos RX, Espectro Mössbauer, Basalto, Basalto alcalino, Provincia Ciudad Real.

840718. **Granates de tipo almandino-glosularia en rocas metacarbonatadas del Complejo de Sierra Nevada, Cordillera Bética.** VELILLA, N.; FENOLL HACHALI, P.

Bol. Soc. Esp. mineral (1983), vol. 7, pp. 123-132, 33 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Granate, Grupo granate, Almandino, Glosularia, Mármol, Micaesquisto, Composición carbonatada, Análisis químico, Textura porfiroblástica, Zonado cristal, Análisis modal, Metamorfismo progresivo, Condición presión-temperatura, Sierra Nevada, Zona Bética, Cordillera Bética.

840781. **Estudio de pegmatitas lepidolíticas en el Plutón de La Cabrera.** BELLIDO MULAS, F.; BRANDLE MATE-SANZ, J. L.; GARCIA CACHO, L., y MARTINEZ RIPOLL, M.

Bol. Geol. Min. (1983), vol. 94, núm. 6, pp. 44-51, 18 ref., esp., bibl. IGME.

* Pegmatita, Granito, Granito biotítico, Composición mineralógica, Lepidolita, Granate, Grupo mica, Grupo granate, Análisis químico, Estabilidad, Diferenciación magmática, Metamorfismo contacto, Heránico Centro, Provincia Madrid, Sierra Guadarrama.

MINERALOGIA: NO SILICATOS

840611. **The crystal structure of lead (II) indium (III) chalcogenide: Pb In₂ S₄, a Synthetic phase closely related to the lillianite group.** ARRIORTUA, M. I.; RIUS, J.; SOLANS, X., y AMIGO, J. M.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 1, pp. 60-67, 18 ref., ing., res. esp., bibl. IGME.

* Sulfuro, Plomo, Indio, Lillianita, Síntesis, Estructura cristalina, Coordinación, Celdilla cristalina.

840714. **Características mineralógicas de las baritas de San Ginés de la Jara, Murcia.** ARANA CASTILLO, R., y PEREZ SIRVENT, C.

Bol. Soc. Esp. mineral (1983), vol. 7, pp. 89-100, 28 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Barita, Barita sustancia, Sulfato, Hierro sustancia, Stockwerk, Estructura cristalina, Mineralogía óptica, Roca carbonatada, Trías, Provincia Murcia.

840723. **Estudio de la descomposición térmica de la Manganita —γ-Mn OOH— y Lepidocrocita —γ-Fe OOH— me-**

dante colorimetría diferencial de barrido (D. S. C.). GOMEZ VILLACIEROS, R.; HERNAN, L.; MORALES, J., y TIRADO, J. L.

Bol. Soc. Esp. mineral (1983), vol. 7, pp. 169-176, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Lepidocrocita, Manganita, Hidróxido, Síntesis, Alteración térmica, Análisis térmico diferencial, Metodología, Difracción RX, Diagrama polvo, Superficie específica.

PETROLOGIA ROCAS SEDIMENTARIAS

840598. **Esboço de enquadramento cronostratigráfico das unidades líticas pos-jurásicas da orla mesocenozoica ocidental entre os paralelos de Pombal e Aveiro.** SUARES, A.; BARBOSA, B. P., y PENA DOS REIS, R. P. B.

Mem. Nat., publ. Mus. Lab. Mineral. Geol., Univ. Coimbra cent. Estud. geol. (1982), núm. 93, pp. 77-91, 37 ref., por., res. fran., bibl. IGME.

* Cretácico, Cenozoico, Litofacies, Roca clástica, Cronostratigrafía, Laguna estratigráfica, Discontinuidad, Fauna, Portugal, Leiria, Aveiro, Coimbra.

840710. **Sobre la presencia de minerales fibrosos de la arcilla en el sector central de la Cuenca del Duero, Facies Cuesta.** POZO RODRIGUEZ, M., y CARAMES LORITE, M.

Bol. Soc. Esp. mineral (1983), vol. 7, pp. 51-58, 13 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mineralogía Arcillas, Fracción fina, Sepiolita, Palygorskita, Asociación mineral, Grupo arcilla mineral, Roca carbonatada, Sedimentación lacustre, Mioceno, Provincia Valladolid, Cuenca Duero.

840712. **Natrojarosita en las hemipelagitas de la Formación Fardes, Cretáceo, Cordilleras Béticas.** LOPEZ GALINDO, A.; SEBASTIAN PARDO, E.; SANCHEZ VILLANAS, M., y ORTEGA HUERTAS, M.

Bol. Soc. Esp. mineral (1983), vol. 7, pp. 69-79, 28 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sedimentación pelágica, Medio pelágico, Composición mineralógica, Natrojarosita, Sulfato, Oxidación, Pirita, Dato mineral, Poder reflectante, Dato RX, Dato ATD, Dato ATG, Espectro IR, Cretácico, Zona Bética, Cordillera Bética, Provincia Granada.

840757. **The Saline (Potash) Formation of the Navarra Basin (Upper Eocene, Spain).** Petrology. ROSELL, L., y ORTI, F.

Rev. Inst. Invest. Geol. (1982), vol. 35, pp. 71-121, 38 ref., ing., res. esp., cat., bibl. IGME.

* Cuenca sedimentaria, Eoceno superior, Evaporita, Potasio, Halogenuro, Sulfato, Halita, Anhidrita, Corte geológico, Paragénesis, Génesis, Sedimentación marina, Litofacies, Pliegue, Sinclinal, Fractura, Sondeo, Microestructura, Navarra.

840791. **Sobre la génesis y evolución de materiales silicificados prelucecienses del Centro-Oeste de España (provincia de Avila, Salamanca y Zamora).** ARENILLAS, M., y SAAVEDRA, J.

Bol. inf. estud., núm. 42, pp. 69-85, 31 ref., esp., bibl. IGME.

* Basamento, Alteración, Erosión, Tectónica fractura, Graben, Sedimentación, Roca detrítica, Silificación, Roca silicatada, Génesis, Arenisca, Grauwacka, Sílice, Disolución, Diagrama equilibrio, Paleoceno, Provincia Avila, Provincia Salamanca, Provincia Zamora.

840839. **Estructuras sedimentarias primarias.** DABRIO, C. J.

Ciclo seminarios de sedimentología, IGME, 1984, vol. 1, pp. 13-26, 26 ref., esp., bibl. IGME.

* Transporte fluvial, Régimen laminar, Régimen turbulento, Dimensión grano, Estructura sedimentaria, Teoría, Ripple mark, Estratificación cruzada, Laminación, Fondo marino, Oleaje.

840994. **Un ejemplo de sistema fluvial «braided» con preservación de «sand flats». Unidad detrítica superior, terciario de la provincia de Cuenca.** DIAZ MOLINA, M.

Estud. geol. (Madr.) (1983), vol. 39, núm. 5-6, pp. 345-357, 28 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sedimentación fluvial, Río anastomosado, Canal, Paleocorriente, Estructura sedimentaria, Ripple-mark, Estratificación cruzada, Laminación, Provincia Cuenca.

PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

840522. **Proyecto núm. 163: Estructura y generación de un banco de datos para petrología ígnea.** BRANDLE, J. L.

Bol. Inst. PICG (1981), núm. 6, p. 57, ref. 1, esp., bibl. IGME.

* Base datos, Granito, Roca volcánica, Heránico Centro, Hercínico Sur, Macizo Galaico, España, PICG.

840537. **Efectos atmosféricos de El Chinchón.** RAMPIÑO, M. R., y SELF, S.

Invest. Cienc. (1984), núm. 90, pp. 22-32, esp., bibl. IGME.

* Manifestación volcánica, Erupción, Gas anhídrido-sulfuroso, Acido mineral, Acido sulfúrico, Atmósfera, Contaminación, Roca volcánica, Ceniza volcánica, Composición andesítica, Inclusión fluida, Tectónica placas, Teledetección, Méjico.

840594. **Estudos de mineralogia e geoquímica sobre os granitoides da região de Guardão (Caramulo-Portugal) I-Os feldspatos potássicos e o seu estado estrutural.** GODINHO, M. M.

Mem. Not.-publ. Mus. Lab. Mineral. Geol.-Univ. Coimbra Cent. Estud. geol. (1982), núm. 93, pp. 3-33, 31 ref., por., res. ing., bibl. IGME.

* Granito, Pegmatita, Grupo feldspatos, Feldespato potásico, Estructura cristalina, Sistema cristalino, Sistema monoquímico, Petrografía, Difracción RX, Aluminio, Portugal.

840595. **Estudios de mineralogía e geoquímica sobre os granitoides da regiao de Guardáo (Caramulo-Portugal) II-O ángulo 2V e sua relação con o estado estrutural nos feldespatos potássicos.** GODINHO, M. M.

Mem. Nat.-publ. Mus. Lab. Mineral. Geol.-Univ. Coimbra Cent. Estud. geol. (1982), núm. 93, pp. 35-55, 20 ref., port., res. ing., bibl. IGME.

* Granito, Pegmatita, Aplita, Grupo feldespatos, Feldespato potásico, Índice óptico, Método estadístico, Hystograma, Difracción RX, Estructura cristalina, Sistema cristalino, Petrografía, Portugal.

840601. **Idade permica dos doleritos intrusivos uo plutonio de Arouca, Portugal Central.** FERREIRA, M. P.; MACEDO, C. A. R., y FERREIRA, J. T.

Mem. Not.-publ. Mus. Lab. Mineral. Geol.-Univ. Coimbra Cent. Estud. geol. (1982), núm. 94, pp. 21-29, 6 ref., port., res. ing., bibl. IGME.

* Dolerita, Dique, Textura, Composición mineralógica, Análisis químico, Orogenia hercínica, Datación, K-Ar, Pérmico, Portugal.

840605. **El volcanismo neógeno-cuaternario de Catalunya: caracteres estructurales, petrológicos y geodinámicos.** ARANA, V.; APARICIO A.; MARTIN ESCORZA, C.; GARCIA CACHO, L.; ORTIZ, R.; VAQUER, R.; BARBERI, F.; FERREIRA, G.; ALBERT, J., y GASSIOT, X.

Acta Geol. Hisp. (1983), vol. 18, núm. 1, pp. 1-17, 55 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Red fractura, Fracturación, Lineamiento, Orientación preferente, Manifestación volcánica, Magma básico, Basanita, Traquita, Enclave roca, Análisis químico, Análisis modal, Norma petrográfica, Datación, K-Ar, Sr 87-Sr86, Rb-Sr, Tectónica intraplaca, Geodinámica, Neógeno, Cuaternario, Catálogo, Europa Oeste, Mar Mediterráneo Oeste.

840637. **Zonación cronológica del plutonismo en los Andes Patagónicos Septentrionales entre los 40° 00' y 42° 00' Sur: La migración de los ciclos intrusivos.** GONZALEZ DIAZ, E. F.

Acta geol. Lilloana (1982), vol. 16, núm. 1, pp. 5-22, 62 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Roca granuda, Roca volcánica, Volcano-sedimentario, Zonalidad, Corte geológico, Precámbrico, Primario, Secundario, Terciario, Magmatismo, Datación, K-Ar, Dato, Río Negro, Andes Argentinos.

840709. **Minerales de la arcilla asociados a afloramientos béticos de metabasitas en la Sierra del Puerto y Santomera, Murcia.** ORTIZ-SILLA, R.; JAEN GARCIA, M., y ARANA CASTILLO, R.

Bol. Soc. Esp. Mineral (1983), vol. 7, pp. 41-49, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Metabasita, Textura ofítica, Composición mineralógica, Fracción fina, Mineralogía arcilla, Diferenciación magmática, Metamorfismo epizonal, Alteración meteórica, Esmectita, Provincia Murcia, Sierra del Puerto, Santomera.

840752. **Las rocas volcanoclásticas estefanienses (formación Erill Castell) del sector occidental de los Pirineos Catalanes.** MARTI, J.

Rev. Inst. Invest. Geol. (1982), vol. 35, pp. 5-22, 12 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Roca volcánica, Volcanosedimentario, Piroclástico, Lapilli, Ignimbrita, Composición calcoalcalina, Composición

andesítica, Corte geológico, Diagénesis, Alteración hidrotermal, Estefaniense, Provincia Lérida, Pirineos españoles.

840987. **Presencia de Escolecita y Prehnita en las doleritas triásicas de Estopiñán (Huesca, España).** LAGO, M.; GALAN, E., y BARCELO, G.

Estud. geol. (Madr.) (1983), vol. 39, núm. 5-6, pp. 245-251, 27 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Sorosilicato, Prehnita, Tectosilicato, Escolecita, Roca encajante, Dolerita, Keuper, Fractura, Análisis cuantitativo, Difracción RX, Diagrama polvo, Análisis térmico diferencial, Alteración hidrotermal, Provincia Huesca.

YACIMIENTOLOGIA: GENERALIDADES

840520. **Proyecto núm. 143: Teledetección y Prospección de Minerales.** ANTON-PACHECO, C.

Bol. Inf. PICG (1981), núm. 6, pp. 53-55, ref. 17, esp., bibl. IGME.

* Metalogenia previsual, Lineamiento, ERTS-LANDSAT, PICG.

840715. **Procesos de alteración supergénica en Sierra Almagrera, Almería: Los sulfatos solubles.** LOPEZ AGUAYO, F.; HUESO, R., y RODRIGUEZ GORDILLO, J.

Bol. Soc. Esp. Mineral (1983), vol. 7, pp. 101-110, 18 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Proceso exógeno, Alteración meteórica, Sulfato, Solubilidad, pH, Zonalidad, Análisis químico, Diagénesis equilibrio, Provincia Almería.

840732. **Estudio mineralógico, textural y geoquímico de la zona de alteración del Estrecho de San Ginés (Sierra de Cartagena, Murcia).** LOPEZ GARCIA, J. A., y LUNAR, R.

Rev. Soc. Esp. Mineral (1983), vol. 7, pp. 243-248, 5 ref., esp., bibl. IGME.

* Hierro sustancia, Oxido, Zona oxidación, Montera hierro, Masa mineralizada, Composición mineralógica, Textura, Análisis químico, Ciclo geoquímico, Provincia Murcia.

YACIMIENTOLOGIA DE METALES

840517. **Proyecto núm. 60: Correlaciones de los sulfuros estratiformes caledonianos.** ARRIBAS, A.

Bol. Inf. PICG (1981), núm. 6, pp. 44-45, ref. 7., esp., bibl. IGME.

* Yacimiento estratiforme, Sulfuro, Metal sustancia, Cartografía, Roca metasedimentaria, Orogenia caledoniana, Galicia, León, Extremadura, Castilla la Vieja, PICG.

840733. **Características mineralógicas del yacimiento de antimónita de San Pancracio (Ceuta).** ARANA, R., y LOPEZ FENOY, V.

Rev. Soc. Esp. Mineral (1983), vol. 7, pp. 249-256, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Antimonio sustancia, Estibina, Filón, Paragénesis, Composición mineralógica, Difracción RX, Yacimiento hidrotermal, Roca encajante, Micaesquisto, Ceuta.

840739. **La explotación minera de los fondos marinos.** ESTEBAN SANTIESTEBAN, F.

Ind. Min. (1984), núm. 236, pp. 9-15, esp., bibl. IGME.

* Yacimiento polimetálico, Fondo marino, Nódulo, Sulfuro, Yacimiento hidrotermal, Reserva, Recurso mineral.

840778. **Deducción estadística de la incidencia del ambiente físico-químico en la génesis del yacimiento de uranio «El Lobo», Don Benito, Badajoz.** TENA, J., y MINGARRO, E.

Bol. Geol. Min. (1983), vol. 94, núm. 6, pp. 17-23, 12 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Uranio sustancia, Yacimiento tipo Roll, Génesis yacimiento, Método estadístico, Análisis grupo, Eh, Ph, Uranio, Estabilidad, Zona oxidación, Reducción química, Lixiviación, Pizarra, Filita, Aureola metamórfica, Metamorfismo contacto, Provincia Badajoz.

840854. **Provincia metalogenética estanífera e tungstenica Ibérica. Considerações sobre as ocorrências de tungstenio em Portugal, sua prospecção e potencialidades.** GOINHAS, J., y VIEGAS, L.

Seminario Europeu do tungstenio, Lisboa, Comissao comunidades europeias (1984), 40 pp., 36 ref., por., bibl. IGME.

* Tungsteno sustancia, Provincia metalogenética, Previsión metalogenética, Filón, Stockwerck, Yacimiento cata-termal, Granito, Roca metasedimentaria, Skarn, Inventario, Prospección minera, Orogenia hercínica, Península Ibérica, Portugal, Extremadura, Provincia Salamanca.

840914. **Análisis litológico, morfología, composición mineral y características metalogenéticas de las mineralizaciones de barita en el Precámbrico del Narcea, Asturias, España.** FERNANDEZ, C. J.

Trab. geol.-Univ. Oviedo (1983), núm. 13, pp. 49-64, 16 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Barita sustancia, Mineralización, Filón, Pizarra, Control tectónico, Epigénesis, Silicificación, Brechificación, Fluido mineralizador, Solubilidad, Tectónica superpuesta, Corte geológico, Precámbrico, Yacimiento volcánico, Asturias.

YACIMIENTOS DE SUSTANCIAS NO METÁLICAS

840589. **Estudio de prefactibilidad de yacimientos de Azufre en Salta (Argentina).** JIMENEZ BENAYAS, S., y MONSALVE, R.

Dir. gen. coop. téc. internacional (1982), 156 pp., 89 ref., esp., bibl. IGME.

* Yacimiento exhalativo, Control sedimentario yacimiento, Producción, Reserva, Utilización sustancia, Ordovícico, Cámbrico, Terciario, Cuaternario, Roca volcánica, Mina, Inventario, Índice mineral, Reserva mina, Previsión, Salta, Argentina.

840729. **Mineralogía de pizarras carboníferas de interés cerámico de Sierra Morena Occidental.** GONZALEZ QUE-SADA, R.; MESA, J. M.; SANCHEZ SOTO, P. J., y GARCIA RAMOS, G.

Rev. Soc. Esp. Mineral (1983), vol. 7, pp. 211-223, 22 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Cuenca hullera, Carbonífero, Pizarra, Materia prima, Cerámica, Composición mineralógica, Análisis químico, Difracción RX, Propiedad física, Greisenización, Provincia Sevilla.

SUELOS

840544. **Humificación y actividad de algunos grupos ecodológicos de microorganismos telúricos en diversos hayedos de Navarra.** VELASCO DE PEDRO, F., y LOZANO-CALLE, J. M.

Pirineos (1983), núm. 118, pp. 5-12, ref. 18, esp., bibl. IGME.

* Suelo, Suelo pardo forestal, Roca madre suelo, Caliza, Cuarcita, Pizarra, Humus, pH, Ión carbonato, Acción biogénica, Alteración, Microorganismo, Análisis químico, Navarra.

840545. **Radioactivité gamma au niveau du sol de la moitié orientale des Pyrénées et des régions françaises limitrophes.** DELPOUX, M.

Pirineos (1983), núm. 118, pp. 25-39, ref. 12, franc., bibl. IGME.

* Suelo, Radioactividad, Radiación gamma, Instrumentación, Nivel radiométrico, Síntesis bibliográfica, Cartografía, Metodología.

840774. **Comportamento do Si, Al, e Fe durante o intemperismo laterítico de Rochas graníticas na Amazônia.** DAMOUS, N. R., y GOULART, A. T.

Rev. Bas. Geocienc. (1983), vol. 13, núm. 2, pp. 127-134, 19 ref., port., res. ing., bibl. IGME.

* Suelo, Laterita, Pedogénesis, Roca madre suelo, Granito, Laterización, Perfil suelo, Clasificación granulométrica, Mineralogía arcillas, Composición mineralógica, Sílice, Hierro, Aluminio, Análisis químico, Paza.

840982. **Formaciones edáficas de la región de Ocaña, Toledo. I. Entisoles.** GUMUZZIO FERNANDEZ, J., y ALVAREZ MARTIN, J. B.

An. edafol. agrobiol. (1983), vol. 42, núm. 5-6, pp. 675-693, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Suelo, Entisol, Perfil suelo, Estructura suelo, Textura, Propiedad fisicoquímica, Cambio ión, Provincia Toledo.

840992. **Alteraciones superficiales en Sierra Nevada. Geoquímica de las soluciones naturales.** DELGADO, R.; BARRAHONA, E.; HUERTAS, F., y LINARES, J.

Estud. geol. (Madr.) (1983), vol. 39, núm. 5-6, pp. 319-328, 31 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Río, Agua, Análisis químico, Suelo, Perfil suelo, Capacidad cambio catión, Metodología, Hidrólisis.

GEOFISICA

840569. **Aspectos y métodos geofísicos en el estudio del karst. Aplicaciones hidrogeológicas.** GRANDA, A.

Reunión Monográfica sobre el Karst-Larra 82, Dip. Foral Navarra (1983), pp. 331-352, esp., bibl. IGME.

* Karst, Método eléctrico, Teoría, Sondeo eléctrico, Polarización provocada, Diagráfia.

840657. **Primer Simposio Colombiano sobre sensores remotos.**

Rev. CIAF (1983), vol. 8, núm. 1-2, 402 pp., esp., bibl. IGME.

* Reunión, Teledetección.

840668. **Optimización de imágenes de satélites LANDSAT por métodos estadísticos y matemáticos.** GAMBA, O. F. E.

Rev. CIAF (1983), vol. 8, núm. 1-2, pp. 123-152, ref. 10, esp., res. ing., bibl. IGME.

* Teledetección-multiespectral, ERTS-LANDSAT, Optimización, Imagen, Tratamiento datos, Filtro numérico, Análisis discriminante, Análisis factorial.

840682. **El uso de sensores remotos en análisis geológicos.** VOUTE, C.

Rev. CIAF (1983), vol. 8, núm. 1-2, pp. 357-369, 19 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Teledetección, ERST-LANDSAT, Método radar, Espectro IR, Análisis, Imagen, Geología.

840753. **Disposición y estructura del zócalo de la depresión terciaria del Penedés.** CASAS, A., y PERMANYER, A.

Rev. Inst. Invest. Geol. (1982), vol. 35, pp. 23-30, 10 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Perfil geofísico, Graben, Falla, Neógeno, Nivel gravimétrico, Método gravimétrico, Datos, Provincia Tarragona, Provincia Barcelona.

840779. **Nuevo método de cálculo de la densidad de reducción en gravimetría.** PLATA TORRES, J. L.

Bol. Geol. Min. (1983), vol. 94, núm. 6, pp. 24-34, 8 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Anomalía Bouger, Método gravimétrico, Nivel gravimétrico, Gravimetría, Densidad, Método matemático, Programa ordenador, Histograma, Mapa gravimétrico, Escala, Provincia Alicante.

840825. **Memoria de las actividades en el año 1981.**

Memoria actividades Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica (1982), 147 pp., esp., bibl. IGME.

* Informe actividad, Informe anual, Institución, Geodesia, Geofísica, España.

GEOQUIMICA

840561. **La genese de l'aquifera karstique une par un geochimiste.** BAKALOWICZ, M.

Reunión Monográfica sobre el Karst-Larra 82, Dip. Foral Navarra (1983), pp. 159-174, ref. 36, franc., bibl. IGME.

* Karst, Génesis, Roca carbonatada, Diagrama equilibrio, Disolución, Precipitación química, Saturación, Presión parcial.

840690. **Caracterización geoquímica del vulcanismo de la Región Central Española.** ANCOCHEA, E., y IBARROLA, E.

Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Secc. geol. (1983), vol. 80, núm. 1-4, pp. 57-88, 14 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Análisis mayores, Análisis menores, Norma petrográfica, Basalto, Basalto olivínico, Basanita, Nefelinita, Nefelinita olivínica, Melilitata, Leucitita, Gabro, Histograma, Fusión parcial, Neógeno, Provincia Ciudad Real.

840721. **Estudio geoquímico de los «skarns» calco-silicados del macizo Montseny-Guillerias (Cordillera Prelitoral Catalana).** BRU DE SALA (E. de), y ALVAREZ PEREZ, A.

Bol. Soc. Esp. Mineral (1983), vol. 7, pp. 149-154, 8 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Mármol, Carbonato, Génesis, Skarn, Metamorfismo regional, Metamorfismo fuerte, Polimetamorfismo, Calcio, Plomo, Zinc, Manganeso, Análisis químico, Tratamiento datos, Análisis factual, Regresión estadística, Cadena Costero Catalana.

ECONOMIA

840731. **Dispositivo piloto para deslamación mineral y su aplicación a la concentración por flotación de minerales oxidados de plomo y cinc en Reocín.** LOPEZ GOMEZ, F. A.; VALLE DEL, A.; REAL, L.; FERNANDEZ GARCIA, D., y LOPEZ AGUAYO, F.

Rev. Soc. Esp. Mineral (1983), vol. 7, pp. 233-242, 3 ref., esp., res. ing., bibl. IGME.

* Yacimiento plomo-zinc, Oxido, Carbonato, Plomo sustancia, Zinc sustancia, Smithsonita, Cerusita, Galena, Sulfuro, Clasificación granulométrica, Fracción fina, Planta piloto, Flotación, Análisis químico, Provincia Santander.

840837. **Ciclo de Seminarios de Sedimentología. IGME. Volumen 1.** GABALDON, V.

Ciclo de Seminarios de Sedimentología-IGME (1984), vol. 1, 194 pp., 239 ref., esp., bibl. IGME.

* Sedimentación continental, Medio continental, Reunión, Teoría.

840851. **Seminario Europeu do tungstenio, Lisboa, 22-24 março 1982.**

Seminario Europeu do tungstenio, Lisboa, Comissao comunidades europeias (1984), por., bibl. IGME.

* Reunión, Tungsteno sustancia.

44

S. 1978. 1/16



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 - 28003 - Madrid