

## **ALUMBRAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS**

Sondeos hasta 1.500 mm. de diámetro y profundidades de 500 m.

Sondas de circulación directa e inversa.

Filtros especiales que garantizan el agua limpia de arena.

Instalación de piezómetros.

Instalaciones completas de pozos y bombas sumergibles.

Equipos propios de aforo y limpieza.

Reacondicionamiento de pozos arenados.

Testificación eléctrica (PS y Resistividad) y radiactiva (Rayos gamma).

Acidificaciones.

## **AGUA Y SUELO, S. A.**

**Dr. Fleming, 3 - 5.º piso**

**Teléfonos: 457 42 58-62-66, 457 02 30 y 250 27 72**

**M A D R I D - 1 6**

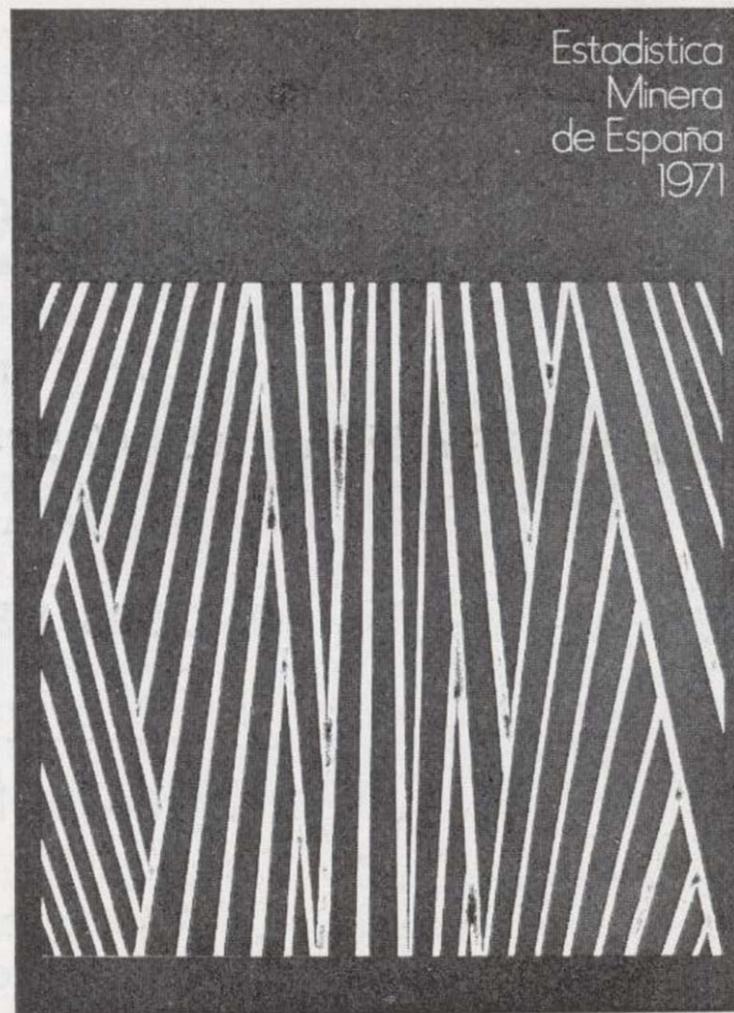
### **SONDEOS DE RECONOCIMIENTO**

Sondas LONGYEAR y CRAELIUS con equipos de perforación «Wire-Line System».

Testiguo continuo en diámetros de 36 mm. a 143 mm. Sacamuestras especiales a percusión.

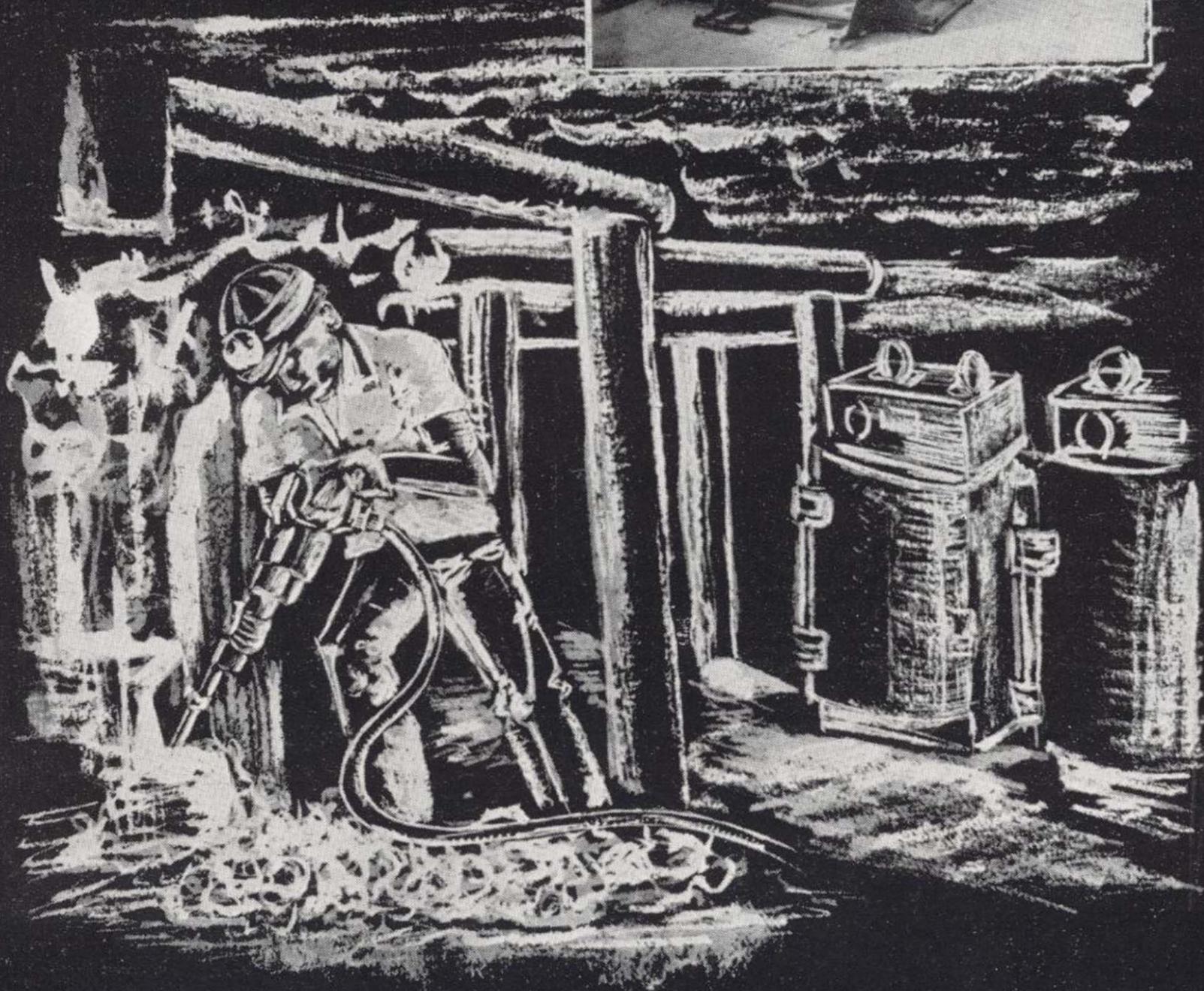
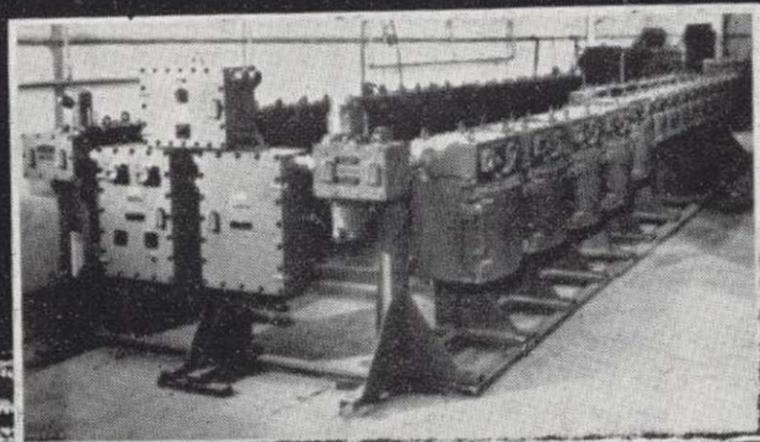
Medidores de inclinación y acimut, tipos Single Shot y Multi Shot.

# NUEVAS PUBLICACIONES



SERVICIO DE PUBLICACIONES - MINISTERIO DE INDUSTRIA  
Claudio Coello, 44 - Telef. 276 20 01 - 276 22 01 - MADRID-1

# APARAMENTA ANTIDFLAGRANTE PARA AMBIENTES EXPLOSIVOS



APARATOS DIVERSOS DE  
SEGURIDAD  
SEÑALIZACION  
ALUMBRADO  
DISTRIBUCION Y MANDO  
MATERIAL DE CONEXION  
CELDAS MEDIA TENSION  
CONTACTORES  
TRANSFORMADORES  
CORTACIRCUITOS



**ISODEL SPRECHER, S. A.**  
Madrid - Méndez Alvaro, 62      Apartado 7.087



# COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS

## ESTUDIA:

Geología en general  
Estratigrafía  
Petrografía  
Hidrogeología  
Canteras, etc.

## INTERPRETA:

Diagrafías eléctricas y radiactivas  
Ensayos de bombeo en pozos de agua  
Estudios geofísicos

## REALIZA:

Sondeos para investigación petrolífera hasta 6.000 m. de profundidad  
Sondeos para alumbramiento de aguas subterráneas hasta 750 mm. de diámetro  
Sondeos mineros de reconocimiento en general  
Sondeos de eliminación de productos residuales en la industria  
Sondeos para obras civiles

★ ★ ★

**COMPAÑIA GENERAL DE SONDEOS, S. A.**  
**C. G. S.**

Portal de Castilla, 66. Vitoria  
Teléfono 22 36 04

Padre Xifre, 5. Madrid - 2  
Teléfono 415 60 54



**CHRISTENSEN DIAMOND PRODUCTS S. A.**

**AL SERVICIO DE LA INDUSTRIA MINERA**

- Coronas y demás útiles de diamante para sondeos y perforaciones.
- Equipos y material de sondeos «Longyear», sondas, bombas y accesorios.
- Equipos de toma de testigos sistema «Wire Line», de «Longyear».
- Triconos y demás útiles de sondeo «Smith», triconos de aire para grandes voladuras.
- Útiles para perforación a percusión «Hard Metals», bocas de acoplamiento cónicos y roscadas, bocas para martillos de fondo, etc.
- Toda clase de equipos y materiales para sondeos y perforaciones.
- Sondas industriales para tomas de probetas. Cortadoras de juntas en pavimentos. Discos de diamante, etc.

**DIRECCION COMERCIAL:**  
**Telg. "CHRISTENSA"**

**ALBERTO ALCOGER, 5, 3.º-C**  
**MADRID-16. Tel. 250 34 04**



**Empresa  
Nacional  
Adaro  
De  
Investigaciones  
Mineras  
Sociedad  
Anónima**

Proyectos de  
investigación de  
**GEOLOGIA  
MINERA  
HIDROGEOLOGIA  
INGENIERIA  
de desarrollo  
minero**

**ENADIMSA**

Servicios especializados en	GEOFISICA GEOLOGIA FOTOGEOLOGIA ESTRATIGRAFIA PETROLOGIA	SONDEOS METALOGENIA GEOQUIMICA GEOESTADISTICA MINERALOGIA HIDROGEOLOGIA
-----------------------------	--	--

domicilio social: serrano núm. 116, madrid-6. teléfono 261 79 02  
oficinas y laboratorios: carretera de andalucía, km. 12, getafe (madrid)  
teléfonos 797 09 50/54/58

# ¡esto puede evitarse!



**EVITE LA CONTAMINACION DEL AMBIENTE  
AUMENTANDO LA RENTABILIDAD DE SU EMPRESA**

Todo residuo de polvo puede ser recuperado para una enorme diversidad de usos. De esta forma, al tiempo que evita la contaminación del ambiente, aumenta la producción de su Industria, disminuyendo de forma ostensible el costo de ésta.

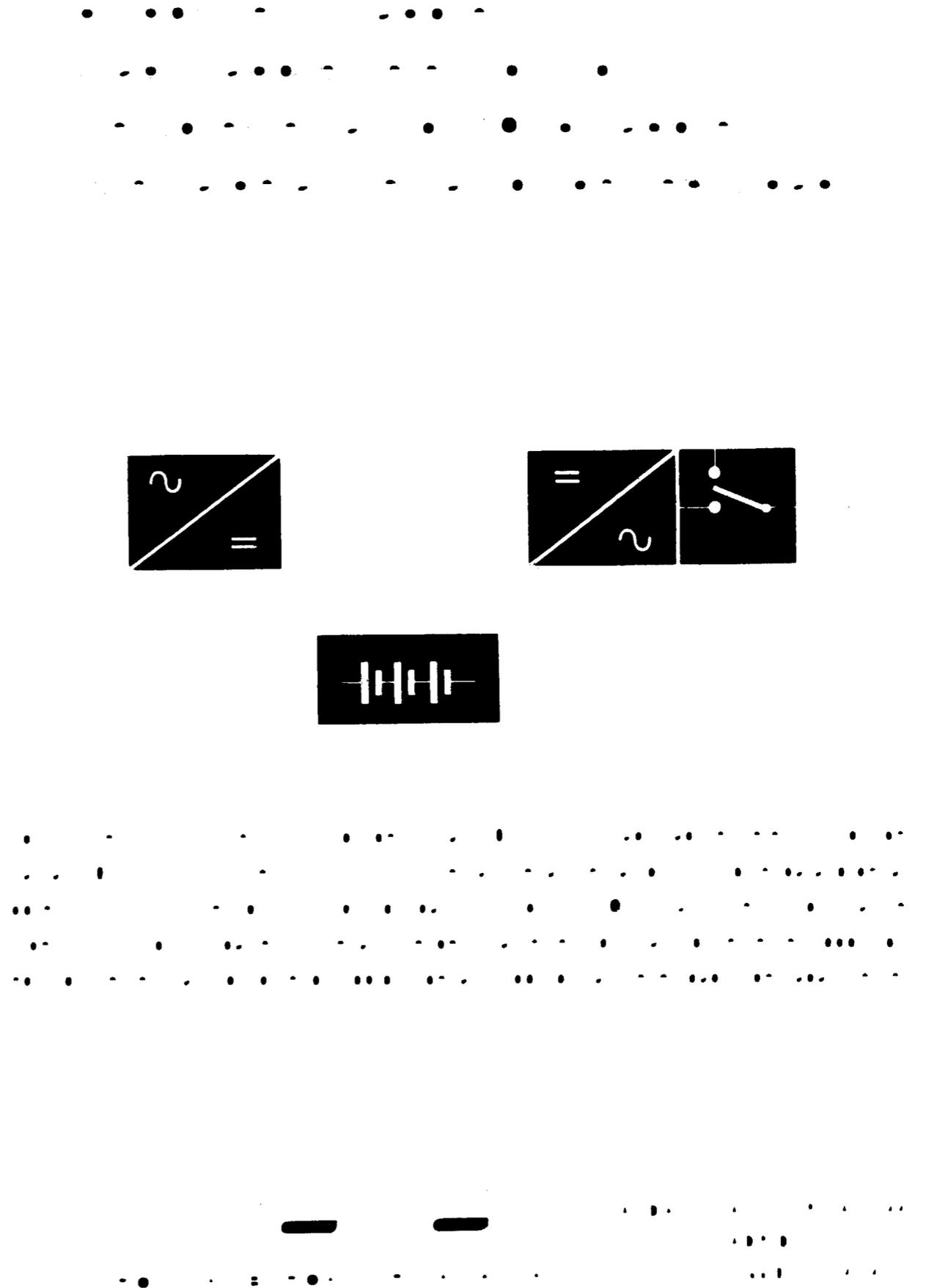
por un ambiente más limpio

**FULLER** fabrica y suministra equipos completos de EQUIPOS DE CAPTACION DE POLVOS con el filtro "PLENUM PULSE". FULLER ha conseguido el 60% del Mercado de Captación de Polvo de los E.E.U.U. y de las exigencias de los principales países del Mundo.  
Felicita desde España a los fabricantes de EQUIPOS DE CAPTACION DE POLVOS que proveen en el mundo con FULLER FULLER.

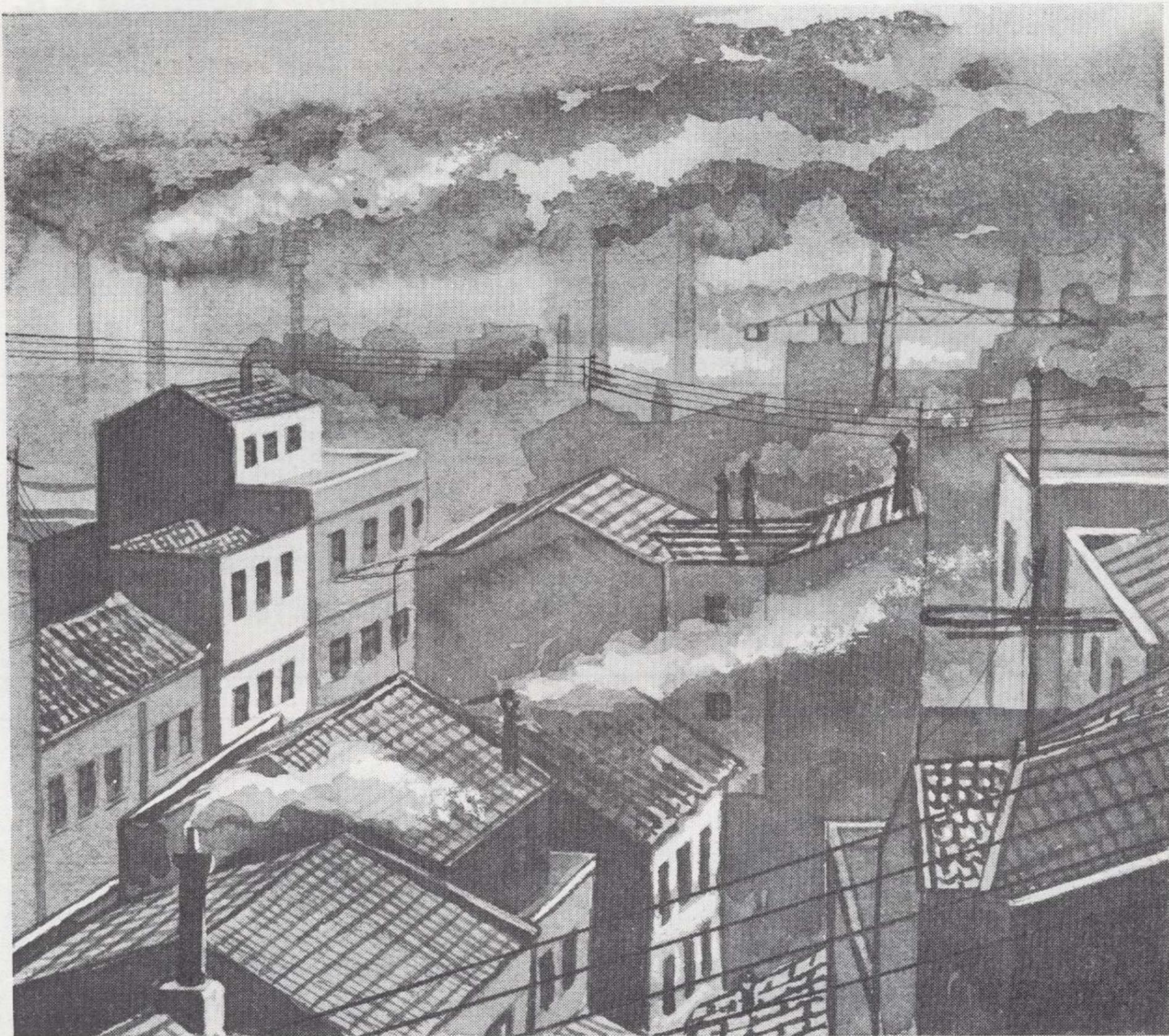
## GATX-FULLER

antes **CONSTANTIN**  
ESPANOLA S.A.

SANCHO EL SABIO, 28 • SAN SEBASTIAN  
Tel. 41 84 42 • Telex 36210



# *esto puede evitarse!*



## EVITE LA CONTAMINACION DEL AMBIENTE AUMENTANDO LA RENTABILIDAD DE SU EMPRESA

Todo residuo de polvo puede ser recuperado para una enorme diversidad de usos. De esta forma, al tiempo que evita la contaminación del ambiente, aumenta la producción de su Industria, disminuyendo de forma ostensible el costo de ésta.

por un ambiente más limpio

**FULLER** fabrica la gama más amplia y completa de "EQUIPOS de CAPTACION DE POLVO" con el nuevo filtro "PLENUM PULSE". **FULLER** ha conseguido el 60% del Mercado de Captación de Polvo de los E.E.U.U. donde las exigencias son las más severas del Mundo.

Fabrica desde equipos para talleres pequeños: "UNIFILTROS": hasta el filtro más grande en el mundo para BETHLEHEM STEEL

# GATX-FULLER

SANCHO EL SABIO, 28 ● SAN SEBASTIAN  
Tel. 41 84 42 ● Telex 36210

antes

**CONSTANTIN**  
ESPAÑOLA S.A.

# UNION EXPLOSIVOS RIO TINTO, S. A.

Primera  
empresa química de  
España

EL GRUPO DE EMPRESAS  
E. R. T. CONTRIBUYE  
CON EFICACIA AL  
DESARROLLO ESPAÑOL

El Grupo ERT abarca los siguientes sectores: Productos Químicos, Petróleo y Petroquímica, Plásticos, Fertilizantes Explosivos, Minería, Metalurgia no férrea y promociones inmobiliarias.

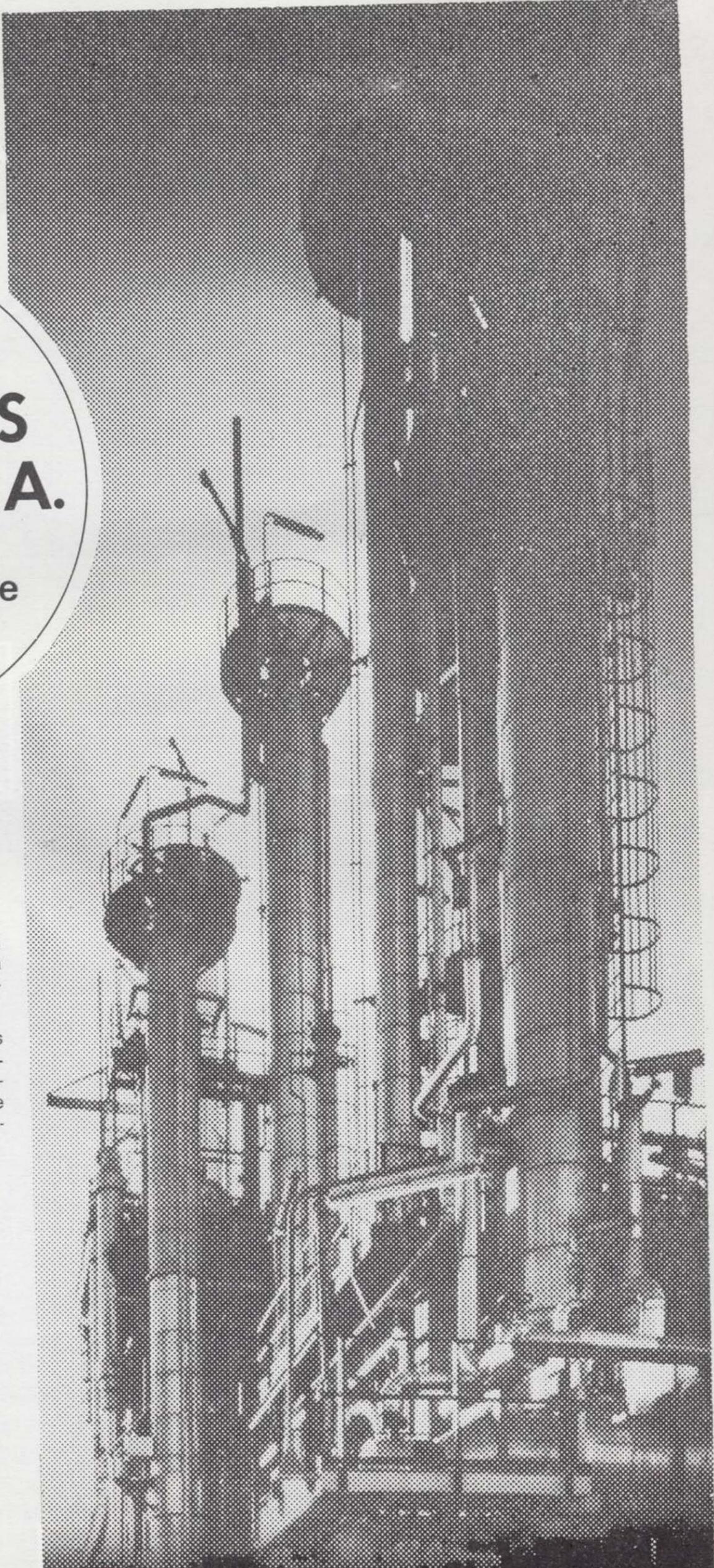
Su actividad investigadora, sus proyectos actuales, sus recursos humanos, técnicos y financieros, mantienen en constante crecimiento sus activos, su solidez y rentabilidad.



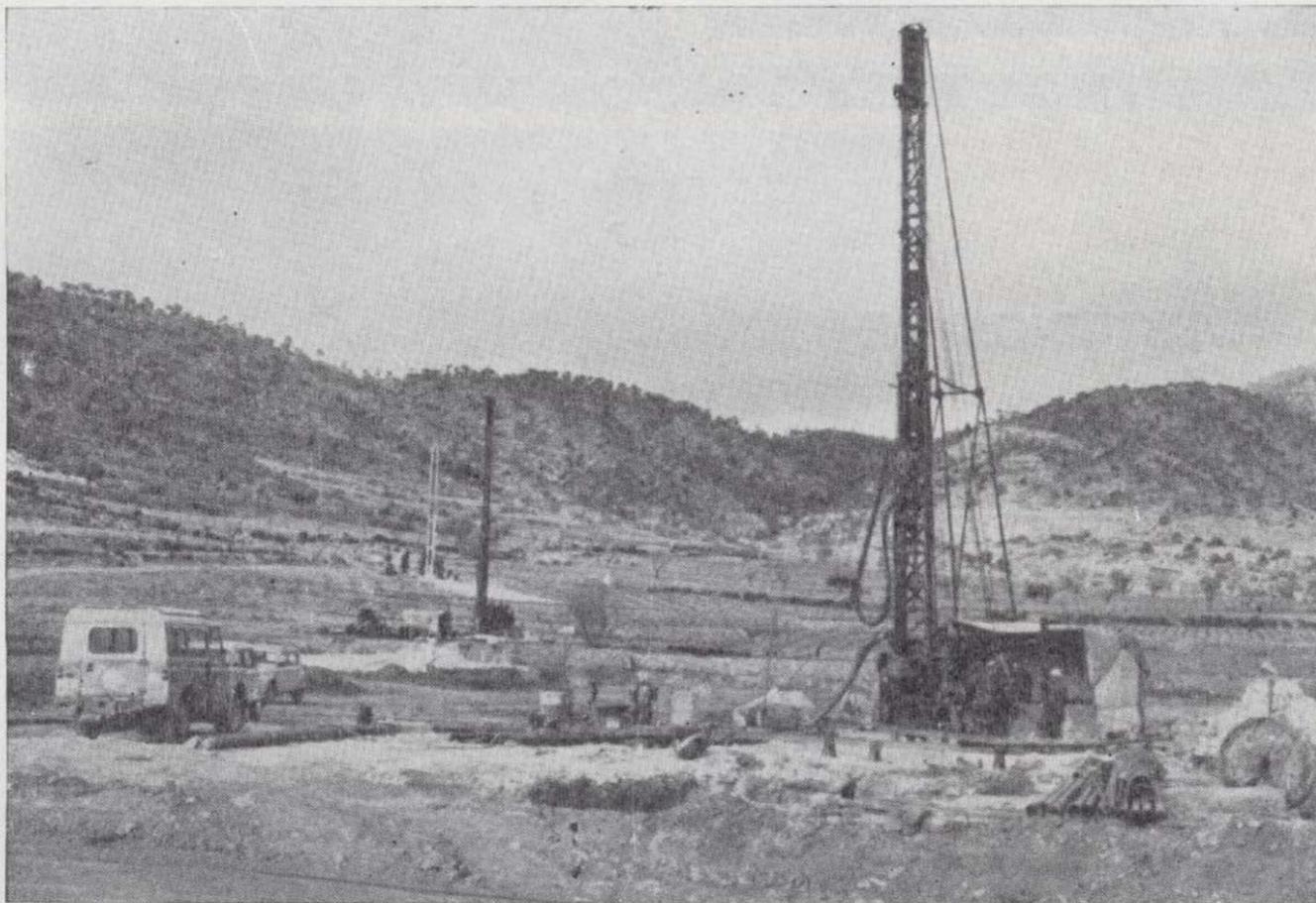
MERCURIO DE ORO 1972



UNION  
ERT EXPLOSIVOS RIO TINTO, S.A.



# SONDEOS RODES



**Sondeos para alumbramientos de aguas.**

**Estudios hidrogeológicos.**

**Acidificaciones y cimentaciones de sondeos.**

**Equipos de perforaciones a percusión y rotación para profundidades hasta 1.400 m.**

★ ★ ★

**Consúltenos para cualquier problema de agua que tenga en su finca o industria**

★ ★ ★

**ERNESTO RODES MARTI**

**Avda. José Antonio, 21 - Apartado 130 - Teléfono 359**

**VILLENA (Alicante)**

# GEOTEHIC, S. A.

INGENIEROS CONSULTORES

ESTUDIOS DE:

- GEOLOGIA.
- GEOFISICA.
- GEOTECNIA.
- HIDROLOGIA.
- INGENIERIA CIVIL.
- CALCULO ELECTRONICO.
- PETROGRAFIA - METALOGENIA
- PROYECTOS MINEROS
- CONTROL DE COSTOS.

General Mola, 210, 1.ª D — Teléfonos 2 50 18 03 - 45 — MADRID-2

# RODIO

El futuro de su explotación puede depender de una campaña de sondeos bien ejecutada...  
**¡Consúltenos!**



**SONDEOS MINEROS  
HIDROGEOLOGIA  
INYECCIONES  
BULONAJES Y ANCLAJES**

PILOTES  
PANTALLAS CONTINUAS  
LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MICROPILOTES  
REVESTIMIENTOS DE RESINA  
Y GUNITA  
CONGELACION DE TERRENOS  
ELECTRO-OSMOSIS

Equipo de sondeo perforando a 400 m. con recuperación continua de testigo desde la superficie y colocación posterior de piezómetros.

Oficina Central: MADRID-16  
Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10  
Telegramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

Delegaciones

**BARCELONA - 11**  
Villarroel, 200  
Teléf. 250 79 83  
Telex 52243 - RODIO e

**BILBAO - 11**  
Gran Vía, 70  
Teléf. 41 21 79

**SEVILLA**  
Av. Reina Mercedes, 17, 19  
Teléf. 61 19 88 90  
Telex 72154 - RODIO e

**VALENCIA - 9**  
Avda. Tirso de Molina, 14  
Telefs. 65 65 15 y 65 64 88

**STA. CRUZ DE TENERIFE**  
Pasaje de Peligros, 1  
Teléf. 24 25 98

Representaciones: BURGOS, LA CORUÑA, OVIEDO, MALAGA, SAN SEBASTIAN

**CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.**

**PROCEDIMIENTOS**

**RODIO**



**El futuro de su explotación puede depender de una campaña de sondeos bien ejecutada... ¡Consúltenos!**

**SONDEOS MINEROS  
HIDROGEOLOGIA  
INYECCIONES  
BULONAJES Y ANCLAJES**

**PILOTES  
PANTALLAS CONTINUAS  
LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MICROPILOTES  
REVESTIMIENTOS DE RESINA  
Y GUNITA  
CONGELACION DE TERRENOS  
ELECTRO-OSMOSIS**

Equipo de sondeo perforando a 400 m. con recuperación continua de testigo desde la superficie y colocación posterior de piezómetros.

Oficina Central: **MADRID-16**  
Avenida del Generalísimo, 20 - Teléfono 262 46 10  
Telegramas PROCERODIO - Telex 22604 RODIO e

Delegaciones:

**BARCELONA - 11**  
Villarreal, 200  
Teléf. 250 79 83  
Telex 52243 - RODIO e

**BILBAO - 11**  
Gran Vía, 70  
Teléf. 41 21 79

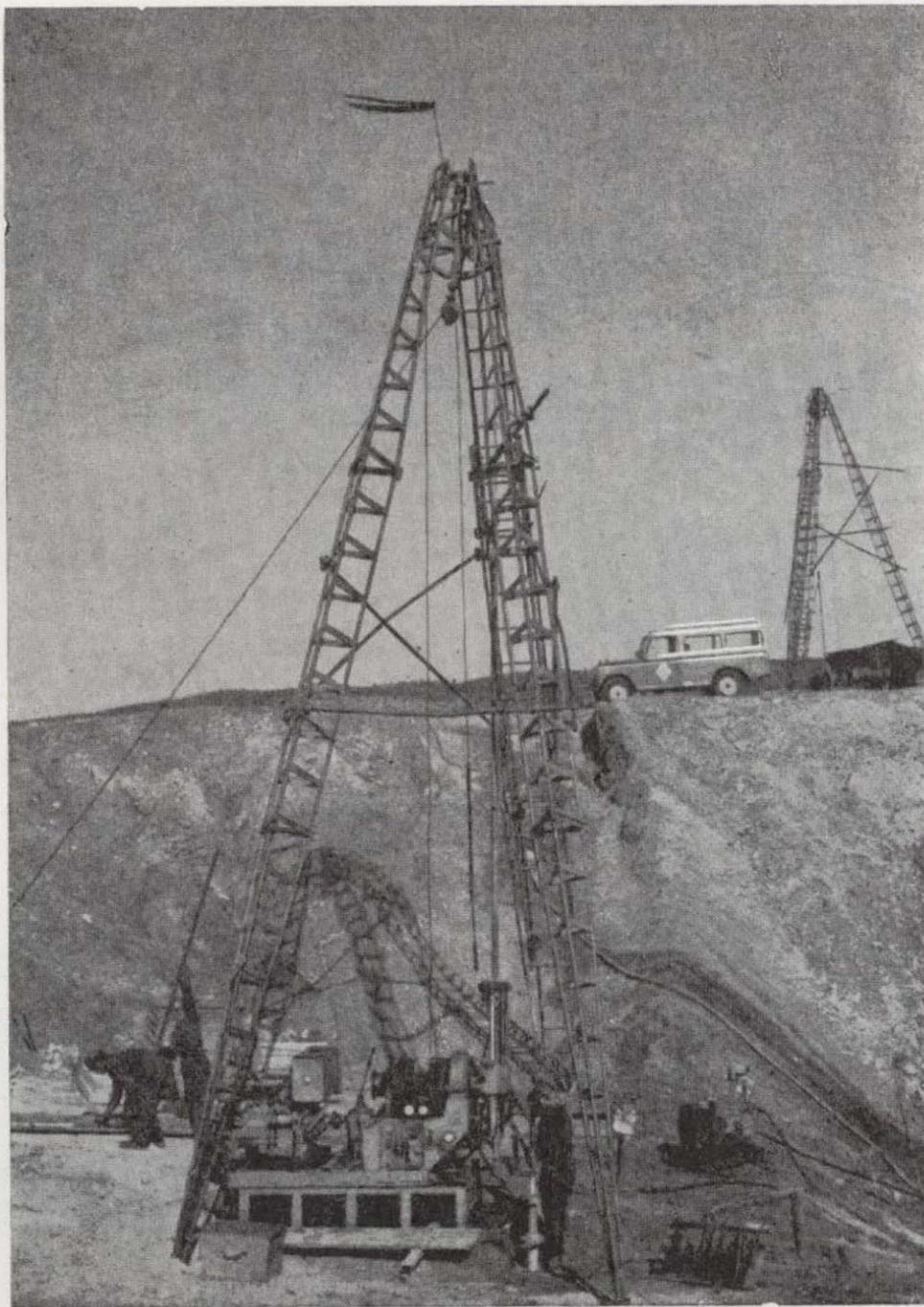
**SEVILLA**  
Av. Reina Mercedes, 17, 19  
Teléf. 61 19 88/90  
Telex 72154 - RODIO e

**VALENCIA - 9**  
Avda. Tirso de Molina, 14  
Teléfs. 65 65 15 y 65 64 88

**STA. CRUZ DE TENERIFE**  
Pasaje de Peligros, 1  
Teléf. 24 25 98

Representaciones: **BURGOS, LA CORUÑA, OVIEDO, MALAGA, SAN SEBASTIAN**

**TERRATEST  
SU  
AUXILIAR  
EN LA  
INVESTI-  
GACION  
MINERA**



**TERRATEST, S. A.**

**Estudios Geológicos y Geofísicos.** - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

**Perforación y Sondeos de Exploración.** - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

**Estudios y Control de Perforación de Sondeo.** - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

**Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua.** - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

**Perforación de Producción.** - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

**Servicios a la Industria de la Construcción.** - Estudios sísmicos, perforación de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, cortes y aserrado de materiales de construcción, etc.

Desde la investigación hasta la valoración, TERRATEST, S. A., cubre todo el suelo.

**TERRATEST, S. A.** Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

TERRATEST  
SU  
AUXILIAR  
EN LA  
INVESTI-  
GACION  
MINERA



## TERRATEST, S. A.

**Estudios Geológicos y Geofísicos.** - Métodos magnéticos, electromagnéticos, eléctricos, I. P. (Polarización Inducida), gravimétricos y radiométricos. Métodos de refracción y reflexión sísmica.

**Perforación y Sondeos de Exploración.** - Perforación y sondeos con extracción de testigos y muestras de suelo.

**Estudios y Control de Perforación de Sondeo.** - Mediciones de inclinación y desviación, y orientación de testigos, estudios magnéticos.

**Servicio de Alumbramiento y Captación de Agua.** - Prospección de agua del subsuelo, perforación de pozos e instalaciones de bombas.

**Perforación de Producción.** - Perforación de orificios para barrenos en minas y canteras.

**Servicios a la Industria de la Construcción.** - Estudios sísmicos, perforación de investigación, cimentación, consolidación del subsuelo y estabilización. También muchos otros servicios como muestras del suelo, tamizado de rocas, cortes y aserrado de materiales de construcción, etc.

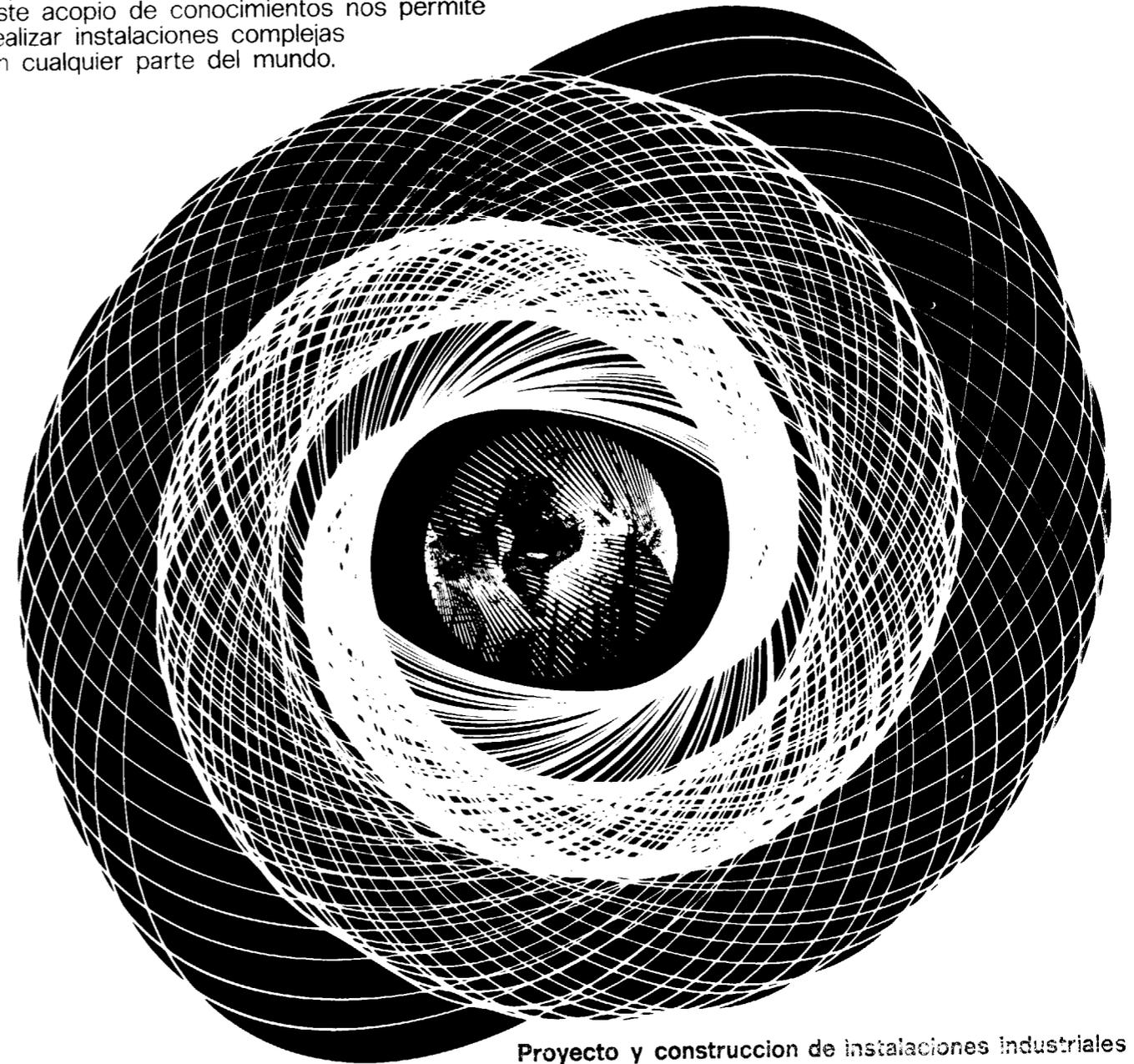
Desde la investigación hasta la valoración, TERRATEST, S. A., cubre todo el suelo.

**TERRATEST, S. A.** Avda. José Antonio, 70 - Teléfono 248 68 00 - Madrid - 13

# experiencia mundial

es característica  
de McKee-Ctip

Desde 1905, en sesenta países, hemos adquirido experiencias valiosas. Este acopio de conocimientos nos permite realizar instalaciones complejas en cualquier parte del mundo.



**Proyecto y construcción de instalaciones industriales**

**McKee-Ctip Ingenieros S.A.**

Avenida Generalísimo 71 A, Madrid 16, Tel. 2702800, Cables Maxibarrat

Asociada de

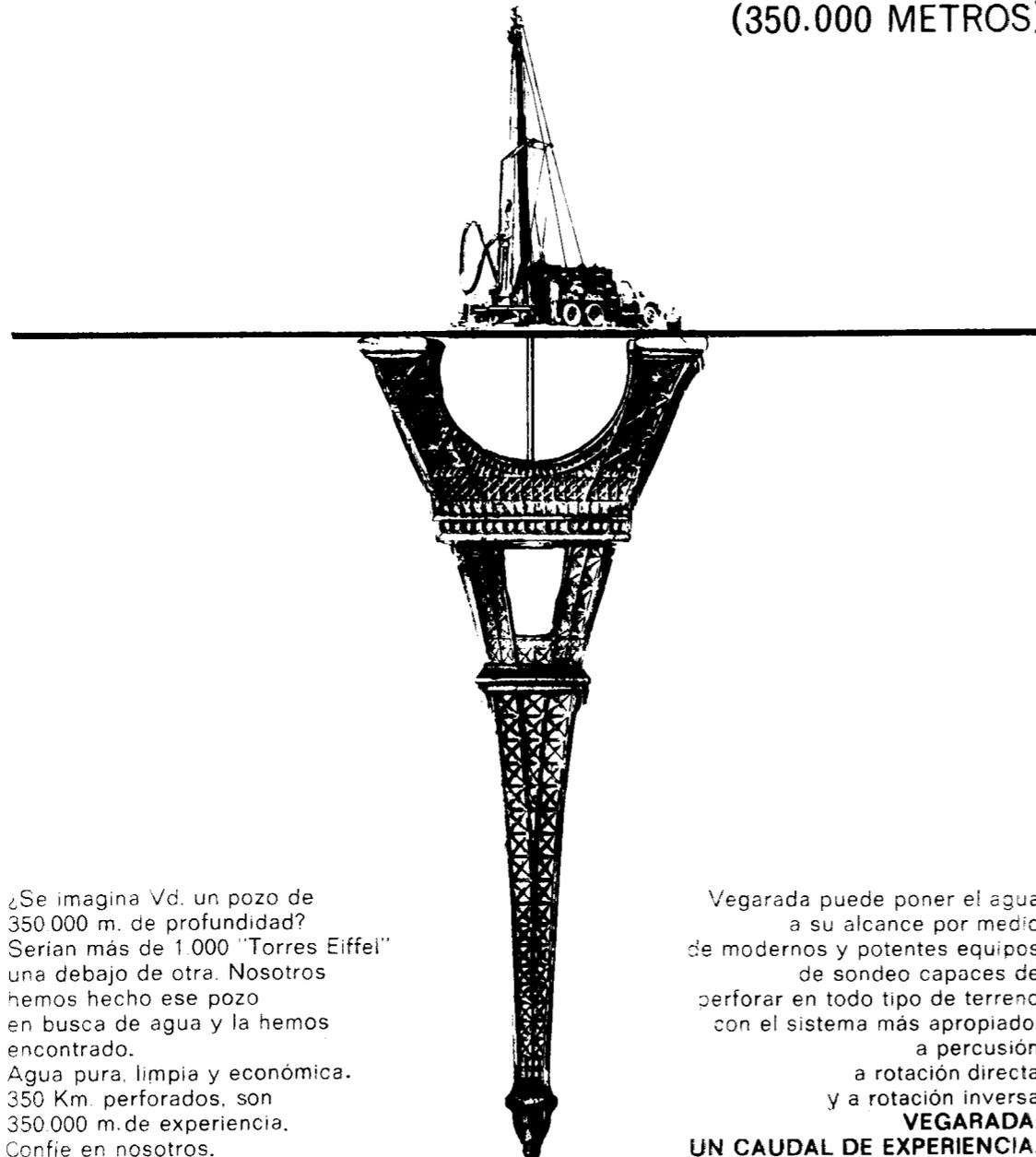
**Arthur G. McKee & Company,** Cleveland, Ohio, Usa

**Ctip,** Compagnia Tecnica Industrie Petroli spa, Roma, Italia

Oficinas: MILANO, DÜSSELDORF, PARIS, BRUSELAS, LUCERNA, NUEVA YORK, UNION, PITTSBURGH, CHICAGO, HIBBING, HOUSTON, SAN FRANCISCO, SANTIAGO, BOGOTÁ, TORONTO, MEJICO CITY, SAO PAULO, BUENOS AIRES, MELBOURNE



# más de 1.000 veces la altura de la Torre Eiffel (350.000 METROS)



¿Se imagina Vd. un pozo de 350.000 m. de profundidad? Serían más de 1.000 "Torres Eiffel" una debajo de otra. Nosotros hemos hecho ese pozo en busca de agua y la hemos encontrado.  
Agua pura, limpia y económica. 350 Km. perforados, son 350.000 m. de experiencia. Confíe en nosotros.

Vegarada puede poner el agua a su alcance por medio de modernos y potentes equipos de sondeo capaces de perforar en todo tipo de terreno con el sistema más apropiado:  
a percusión,  
a rotación directa,  
y a rotación inversa.  
**VEGARADA:**  
**UN CAUDAL DE EXPERIENCIA.**



**Vegarada**  
perforaciones

GUZMAN EL BUENO, 133 «PARQUE DE LAS NACIONES» - MADRID-3 - TEL. 253 42 00

Tomo 84

Fascículo II

Marzo-abril 1973

# o etin Geológico y Minero

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

## SUMARIO

<b>Geología</b>	J. KULLMANN: Los goniatites del Devónico superior y del Carbonífero de los Pirineos Occidentales de España... ..	1
	F. FERNÁNDEZ RUBIO y J. A. PÉREZ AZUARA: Colmatación de la Depresión interandina de Uspallata (Argentina) ...	9
<b>Minería</b>	J. DOETSCH y Colaboradores: Estado actual de la investigación de criaderos del Suroeste de España ... ..	13
<b>Energía</b>	J. CANTOS FIGUEROIA: Programa de investigaciones petrolíferas ante las futuras necesidades de hidrocarburos ... ..	38
<b>Geoquímica</b>	L. SANTOMA: Aplicación de la informática a la construcción de diagramas Eh-pH de estabilidad mineralógica ... ..	64
<b>Estudios de Minerales y Rocas</b>	A. HOYOS DE CASTRO y P. ARÉVALO: Estudio de la alteración de unas biotitas procedentes de la Sierra de Guadarrama	70
	A. ALVAREZ RODRÍGUEZ, A. ILARRI JUNQUERA y J. A. MARTÍN RUBI: Hallazgo del mineral Triplita en la mina "Beatriz" situada en el término de La Peña (Salamanca) ... ..	79
<b>Información</b>	Premio Santa Bárbara 1972.—Noticias.—Estadística y Economía.—Información Legislativa.—Notas bibliográficas ...	81

### DIRECCION Y REDACCION

Ríos Rosas, n.º 23 - Madrid-3

Teléfono 234 13 28

### ADMINISTRACION

Claudio Coello, n.º 44 - Madrid-2

Teléfono 276 20 01

**IGME**

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



SERVICIO DE PUBLICACIONES — MINISTERIO DE INDUSTRIA

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

---

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

---

#### EXPLICACION DE LA PORTADA

Pérmico. Anticlinorio de Cueva del Hierro (Serranía de Cuenca).

(Foto: F. Meléndez)

Depósito legal: M. 3.279.-1958

*Nuevas Gráficas, S. A.-Andrés Mellado, 18.-Madrid (15).-III-1973.*

# Los goniátites del Devónico superior y del Carbonífero de los Pirineos Occidentales de España<sup>(\*)</sup>

Por J. KULLMANN (\*\*)

## RESUMEN

“En la clasificación estratigráfica de los terrenos paleozoicos de la cuenca superior del Arga, en donde se encuentra el yacimiento de magnesita de Asturreta (Eugui, Navarra) y de los valles situados al este y oeste de este río, se ha logrado una determinación más exacta gracias a los goniátites hallados en diversos puntos de las formaciones devónicas y carboníferas.

En el Devónico superior se han podido determinar *Ponticeras* sp. en la caliza de Zuregún; *Synpharciceras* sp., *Pharciceras* sp., *Tornoceras* sp. en las capas de Tropa. Gracias a todos estos goniátites, el piso frasnense (o frasnense) está bien determinado en una y otra vertiente del puerto de Artesiaga.

En el Carbonífero superior, el yacimiento de goniátites más importante se halla precisamente en la zona más rica de magnesita, Asturreta. Las láminas I y II contienen los goniátites obtenidos en ella: *Reticuloceras circumplicatile*; *Proshumardites karpinskii*; *Homoceratoides divaricatus*; *Stenopronorites uralensis*. Se puede situar esta fauna de goniátites en el piso namurensense superior. Otros yacimientos de estos mismos goniátites se hallan en distintos puntos de la carretera de Eugui al puerto de Urquiaga.

## SUMMARY

New finds of goniatites in the late Paleozoic section in the Western Pyrenees precise age determination of their strata.

A few goniatite faunules found in four different layers of silty shales in the Devonian portion indicate the lower zones of the Frasnian (do Ia and possibly Ib/γ, resp.). Among badly preserved specimens of *Ponticeras* sp., representative of *Synpharciceras* and *Pharciceras* have been found. Carboniferous goniatites have been collected from two horizons. The older one has yielded only a few poorly preserved goniatites (*Imitoceras?* sp., *Kazakhoceras?* sp.) which might represent Visean or lower Namurian (E) New Material from the namurian shales below, between and above the magnesite deposits contain *Reticuloceras circumplicatile* (FOORD) confining these shales to the lower *Reticuloceras* stage (R1a), (Upper Namurian). In addition, this faunal assemblage consists of *Homoceratoides divaricatus* (HIND), *Eosianites?* sp. *Proshumardites karpinskii* RAUZ-TCHERN, *Stenopronorites uralensis* subsp.

## ZUSAMMENFASSUNG

Neue Goniatitenfunde im Oberdevon und Karbon in den westlichen Spanischen Pyrenäen (Prov. Navarra) ermöglichen eine zeitliche Einstufung ihrer Fundschichten.

(\*) Trabajo original, traducido del alemán por J. Gómez de Llarena.

(\*\*) Catedrático de Paleontología, Universidad de Tübingen (Alemania).

In sandig-schiefrigen Lagen des Oberdevons wurden *Ponticeras* sp., *Pharciceras* sp. und *Synpharciceras* sp. gefunden die die Goniatiten-Horizonte in das untere Frasnense do Ia and teilweise do Iβ/γ verweisen.

Karbonische Goniatiten wurden in zwei Horizonten gefunden. Der ältere erbrachte nur einige nicht eindeutig bestimmbare Goniatiten (*Imitoceras?* sp., *Kazakhoceras?* sp.) die vielleicht für Visé oder Unter-Namur (E) sprechen könnten.

Neues Material aus Schiefern unten, zwischen und über dem Magnesit enthält *Reticuloceras circumplicatile* (FOORD) und ist damit in die untere *Reticuloceras*-Stufe (R<sub>1a</sub>), Namur B, unteres Ober-namur, zu stellen.

Ausserdem enthält die Fauna *Homoceratoides divaricatus* (HIND), *Glaphyrites?* sp., *Proshumardites karpinskii* RAUZ-TCHERN und *Stenoprorites uralensis* KARP sub-sp.

En los Pirineos occidentales de España, los celalópodos fósiles desempeñan un papel subordinado (1). Las facies sedimentarias del devónico y de parte del carbonífero reducen ya, de antemano, la esperanza de hallar yacimientos de goniatites de alguna importancia. Además, las circunstancias tectónicas de las series de estratos o capas han perjudicado mucho la conservación de estos moluscos.

Y, sin embargo, se ha logrado encontrar una serie de horizontes fosilíferos, sobre todo de goniatites, de los tramos bajos del devónico superior y del namurenses (carbonífero medio) en cantidad y calidad suficientes para obtener una determinación específica, geocronológica, que permitieran datar los estratos y capas que los contienen.

Desde luego, hemos de decir que todo lo hallado hasta ahora se encuentra en tan mal estado de conservación que sólo en casos excepcionales se consigue una cierta seguridad en tal datación (forma de la concha, escultura, detalles internos). En general, en la mayor parte de los ejemplares nos hemos visto obligados a renunciar a una determinación específica.

#### Devónico superior

En varios horizontes pizarroso-areniscosos del Devónico superior bajo hemos obtenido goniatites de pequeño tamaño, cuyo diámetro está comprendido entre 2 y 10 cm., todos ellos aplastados por la presión orogénica. No obstante, en la mayor parte de los ejemplares se logró descubrir la línea lobular o sutura, pudiendo así determinar el género, pero de

1) Agradezco vivamente al Prof. A. Pilger y a los señores doctor K. MOHR, geólogo diplomado R. MÜLLER y geólogo diplomado H. REQUADT, todos de la Escuela Técnica Superior de Minas, de Clausthal, la confianza que han tenido en mí al hacerme entrega del material fosilífero hallado "in situ" de la región devónico-carbonífera de los Pirineos navarros, por ellos investigada.

modo alguno se llegó a una determinación específica.

Es sorprendente observar que en todas las fáunulas colectadas, los ejemplares sean de tamaño pequeño y escaseen las especies de goniatites. Los ejemplares de la serie de pizarras calcoarcellosas, situada al E del puerto de Velate (pizarras de Artesiaga, puntos 1 y 2) están tan mal conservados que sólo permiten obtener datos muy inseguros. Desde luego sí se puede decir, con alguna certeza, que son del Devónico superior, pero no se alcanza a afinar más en la determinación del piso al que pertenecen. En cambio, se han cosechado en las capas tal vez contemporáneas al NE de Lanz, espiriferidos del grupo del *Cyrtospirifer verneuili*, así como corales de los géneros *Thamnopora* y *Disphyllum*, fósiles que indican una edad frasnense para los estratos que los contienen.

La mayor parte de los goniatites de las capas devónicas del puerto de Artesiaga se pueden determinar con mucha mayor precisión. Predominan, sobre todo, en los tramos bajos de la serie del Devónico superior. Las distintas fáunulas halladas contienen los siguientes elementos, guiándonos según una clasificación bastante segura. En la lista que sigue están ordenados de yacente o muro a pendiente o techo.

1. Capas del techo de las pizarras de Argus (punto 9) *Ponticeras?* sp.
2. Arenisca caliza de Zuregún (punto 10) *Ponticeras* (? 2).
3. Capas del muro de las pizarras de Zocoa (punto 13): *Synpharciceras* sp., *Pharciceras* sp.
4. Capas yacentes de la serie de Trepa (puntos 11 y 12): *Ponticeras* sp., *Ponticeras* (? 2) sp., *Tornoceras* sp.

La más exacta datación, basada en los goniatites, se encuentra en las capas del muro de las pizarras

de Zocoa, que contienen el género *Synpharciceras*, cuyas especies son fósiles-guía o característicos de zona, tanto en Europa como en África del Norte, del tramo más bajo del Devónico superior (do I<sub>2</sub>).

El único ejemplar que poseemos de las pizarras de Zocoa mide, lo mismo que en los demás goniatites, menos de 10 mm. de diámetro, pero muestra ya en este estado sus francos aplanados y un lado externo afilado. Basándonos en la sutura, en la que se reconocen tres lóbulos laterales, se deduce que es un ejemplar del género *Synpharciceras*. Parece afín a la especie norteafricana *S. plurilobatum* PETER, pero no es posible establecer de modo definitivo la especie a la cual corresponde, ya que es la concha de un individuo todavía joven. El único fragmento que pertenece al género *Pharciceras* es, seguramente, también un ejemplar joven, que, sin embargo, posee, a lo sumo, tres lóbulos laterales y una cara externa redondeada. Ambas forman indican, para las capas que las contienen, la zona inferior del piso frasnense (Devónico superior I).

Basándonos en los goniatites, tan evidentes del frasnense, a las pizarras de Zocoa siguen las capas de Trepa, que contienen algunos goniatites, claramente correspondientes al género *Ponticeras* sp. Junto a este género hay formas que pudieran referirse al género *Archoceras* 2). Sin embargo, como *Ponticeras*, tiene una extensión stratigráfica algo mayor que los *Pharciceras*, las capas de Trepa podrían abarcar también al Devónico superior I<sub>3/4</sub>.

Los goniatites del muro de las pizarras de Artesiaga no se pueden clasificar; a lo sumo podrían pertenecer también al frasnense más alto.

Las areniscas calizas de Zuregún, y posiblemente también las capas del techo de las pizarras de Argus, pertenecen al frasnense inferior (do I<sub>2</sub>).

Las capas de Zuregún, lo mismo que la serie de Trepa, contienen algunos ejemplares de *Ponticeras* sp., que indican, de modo indudable, su edad frasnense. No tan clara es la edad de los goniatites del techo de las pizarras de Argus, referibles a *Ponticeras* o *Archoceras* 2). En todo caso, su edad frasnense es muy probable.

2) La sutura (línea lobular) de estas formas no da una idea clara del género de goniatites de que se trata. No permite ver bien si el lóbulo externo muestra o no la presencia de una silla media. En el primer caso se trataría, con seguridad, de *Ponticeras*; en el segundo caso podría ser también *Archoceras*; este género se conoce hasta ahora del frasnense medio y famenense inferior. Desde luego, las capas donde fue hallado son, visiblemente más antiguas que el frasnense medio.

Como se trata exclusivamente de faunas pobres en especies, tal vez de formas jóvenes, a juzgar por su pequeño tamaño, no se consigue obtener de esta asociación de goniatites ningún resultado claro respecto a su ecología y distribución geográfica. Todos los componentes de estas faunas son ya bien conocidos de la Europa central y del África septentrional, en parte también de la Montagne Noire (Francia) y de la Cordillera Cantábrica (España).

#### Carbonífero

En esencia, los goniatites carboníferos se encuentran en dos horizontes bien definidos y de edad diferente uno de otro. De ellos, el más reciente es el que únicamente posee una fauna de goniatites, con relativa facilidad de determinación paleontológica.

La fauna más antigua, hallada en el techo de las pizarras silíceas de la cantera de Asturreta (punto 20), se compone sólo de algunos ejemplares conservados en su forma propia, pero muy aplastados. Este mal estado de conservación hace que su clasificación sea insuficiente, lo que impide la seguridad en decidirse a dar una edad determinada a los ejemplares, a dudar si se trata de formas referibles al viseense o al namurenses. Dos de los ejemplares podrían ser del género *Imitoceras?* o del *Kazakhoceras?* Debemos decir que mientras no se halle material mejor esta determinación ha de continuar manteniéndose en tal grado de incertidumbre. Las formas de este grupo nos llevan a considerar las capas que las contienen como pertenecientes al carbonífero inferior o namurenses inferior (E). En cambio es improbable, en todo caso, que se trate de namurenses superior o de edad todavía más reciente.

La fauna esencialmente más importante del carbonífero de Asturreta (Eugui, Navarra) fue encontrada, por primera vez, en diciembre de 1949, por J. G. Llarena, y publicada al año siguiente por este autor (1950) en una nota de carácter provisional. Más tarde fue estudiada a fondo por H. Schmidt (1951, 1955), Nuevos hallazgos hechos estos últimos años se deben, principalmente, a R. Müller y H. Requadt, que constituyen un complemento im-

3) El profesor J. G. de Llarena, Madrid, ha hecho una nueva y abundante colecta de goniatites en las pizarras de en medio y sobre la magnesita que, amablemente, ha puesto a mi disposición. Por mi parte, pude también coleccionar, personalmente, goniatites de este mismo yacimiento.

portante a las determinaciones de Llarena y Schmidt y dan así una mayor precisión a la edad de las capas fosilíferas.

Los goniatites se encuentran en unas pizarras arcillosas oscuras; todos ellos están aplastados. La sutura se ha conservado en escasos ejemplares. No obstante, los signos esculturales, en parte son bien visibles. Pero la clasificación se hace difícil, debido a que muchos de los goniatites están en fragmentos y muy raramente se logra obtener el contorno completo de la concha. La clasificación de H. Schmidt, basada tal vez en los fósiles hallados en varios puntos distantes unos de otros, pero, probablemente pertenecientes a un mismo horizonte, es la que a continuación reproducimos (\*). H. SCHMIDT daba la edad arnsbergense (piso superior de *Eumorphoceras*, E<sub>2</sub>) a las capas que contienen estos fósiles, lo que, indudablemente, corresponde a los fósiles antes citados.

Los nuevos hallazgos, que proceden de diferentes puntos de las pizarras carboníferas en el yacimie nto o muro de magnesita, contienen numerosos ejemplares que, basándonos en la escultura espiral y transversal, pertenecen al género *Reticuloceras*. Se trata de goniatites de diámetro entre 10 y 20 mm. de la especie *R. circumplicatile* (FOORD, 1903) (= *R. inconstans*, PHILLIPS, 1941). Además hallamos otras formas con costillas bifurcadas, semejantes a los ejemplares determinados por H. SCHMIDT como *Cravenoceratoides*, que, por mi parte, debido a las líneas de crecimiento, fuertemente onduladas, las situaría en *Homoceratoides* (*Ramosites* RZHENDENCEV y BOGOSLOVSKAYA (1969). Posiblemente, las bandas de crecimiento de los ejemplares de Schmidt deben estar incompletas, lo que no permite reconocer la dobladura tan clara en la proximidad del ombligo. Teniendo en cuenta todo lo

(\*) Esta clasificación es posterior al hallazgo hecho por mí el 23 de julio de 1953 del *Pronorites arkansiensis*, del *Eosianites* y otros fósiles en la carretera de Eugui a Olaberri, junto al poste número 24 del teléfono militar que llegaba al cuartel de carabineros próximo a la frontera con Francia, en el valle de los Aldudes, y que no había sido descrito hasta ahora; se ha publicado en mi "Contribución al estudio de la génesis de los carbonatos sedimentarios (III)", en el "Bol. R. Soc. Esp. de Hist. Natural (Llarena).

*Pronorites arkansiensis* (Smith).

Cf. *Eosianites*, *Paralegoceras?* sp.

*Proshumardites karpinski* RAUZ-TCHERN.

*Eumorphoceras* aff. *bisulcatum* GIRTY.

*Reticuloceras?* sp., *Homoceras* aff. *striolatum* (PHILL).

*Cravenoceratoides nititoides* (BIS).

*Ct. fragilis* (BIS) y *Ct. stellarum* (BIS).

que antecede, resulta la siguiente lista de goniatites de Asturreta:

*Reticuloceras circumplicatile* (FOORD, 1905, 4).

*Homoceratoides varicatus* (HIND, 1927).

*Eosianites* sp. *divaricatus* (HIND, 1927).

*Proshumardites* (*Proshumardites*) *karpinskii*

RAUZER-TCHERNOUSSOVA, 1928.

*Pronorites uralensis* KARP subsp.

Por el hallazgo del *Reticuloceras*, bien clasificado, resulta una edad un poco más reciente que la atribuida por H. SCHMIDT, debida a lo incompleto de sus ejemplares. En cuanto a las pizarras arcillosas de Asturreta, se trata del piso de *Reticuloceras* (R<sub>1</sub>); es decir, del namurensense superior bajo (Namur B).

Es digno de anotar que las faunas del muro (punto 21) y de las pizarras entreveradas en la magnesita (punto 24), lo mismo que las capas del techo de la magnesita (puntos 3 y 4 de la zona del río de Lanz) tengan la misma composición. Siempre se encuentra la forma guía *Reticuloceras circumplicatile*.

Esta especie es la forma guía de la zona más baja de *Reticuloceas* (R<sub>1a</sub>) en sus capas medias. Es poco corriente hallar *Homoceratoides divaricatus* (HIND, 1905), cuya duración llega también al namurensense C y al westfalense. Hasta ahora se consideraba como su aparición estratigráfica al sector superior de la zona *inconstans*; es decir, a la subzona *todmordenense*; ahora la vemos en el sector medio de la zona *circumplicatile*. Es curioso ver que otras especies de los géneros *Reticuloceras*, *Homoceras* y *Homoceratoides*, tan frecuentes en la zona de *inconstans*, parezcan faltar por completo en la zona de *Reticuloceras*. En su lugar se presentan dos goniatites que faltan en la fauna del Este, Centro y Oeste de Europa: *Proshumardites karpinskii* y *Pronorites uralensis* susp.

En la parte nórdica de la Europa del Suroeste hay faunas semejantes de goniatites, como ocurre en puntos diversos de la Cordillera Cantábrica

4) En sentido amplio, BISAT y HUDSON, 1943, página 424, concuerdan con esta opinión; como la igualdad específica no ha sido probada hasta ahora, es más conveniente emplear el término *circumplicatile* (FOORD, 1905). A este mismo resultado llega también el doctor H.-J. NICOLAUS, del Servicio Geológico Federal (Hannover), que ha examinado algunos organismos fósiles ben-tónicos y varios fragmentos de goniatites. Agradezco aquí al señor NICOLAUS la ayuda prestada, así como sus estímulos y observaciones.

Lámina 1.

Figura 1

*Reticuloceras circumplicatile* (FOORD, 1903)

1: ejemplar núm. 1432/1076, leg. H. REQUART, × 1.

2: ejemplar núm. 1432/1061, leg. W. WILLE, × 2.

3a-b: ejemplar núm. 1432/1119, leg. J. KULLMANN, × 2.

Figura 4

*Proshumardites karpinskii* RAUZER-TCHERNOUSSOVA, 1928

ejemplar núm. 1432/1077, leg. W. WILLE, × 5



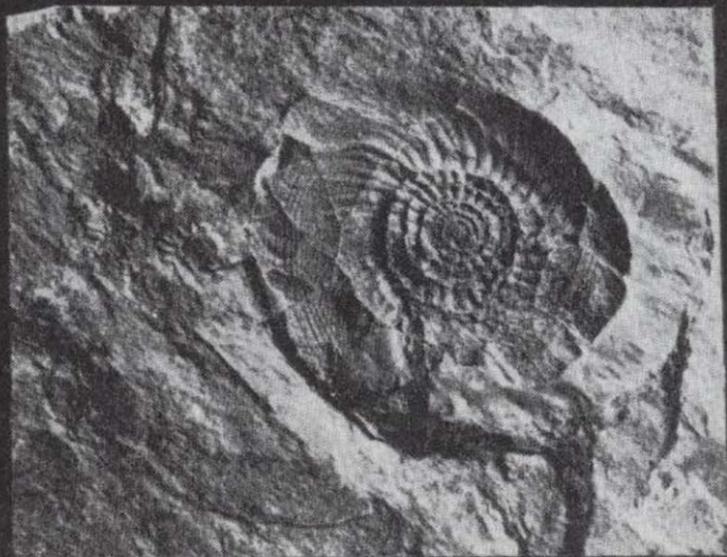
1



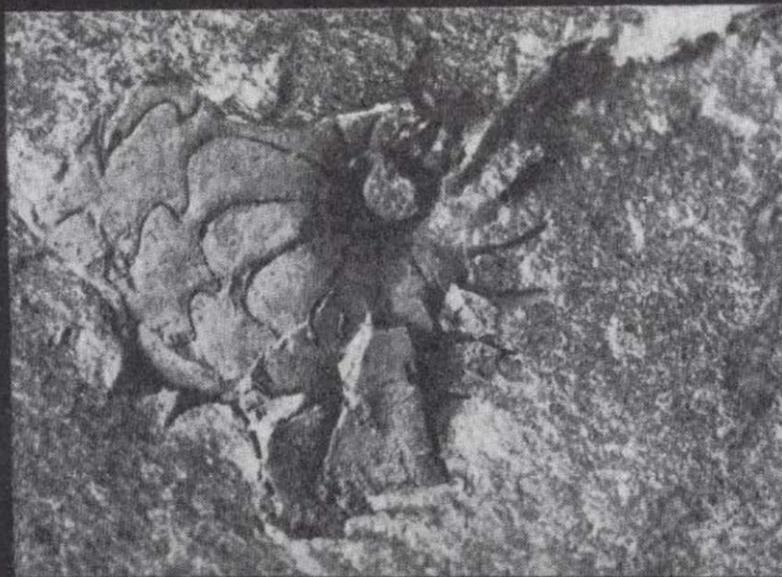
2



3a



3b



4

Lámina 1.

Figura 1

*Reticuloceras circumplicatile* (FOORD, 1903)

1: ejemplar núm. 1432/1076, leg. H. REQUART, ×1.

2: ejemplar núm. 1432/1061, leg. W. WILLE, ×2.

3a-b: ejemplar núm. 1432/1119, leg. J. KULLMANN, ×2.

Figura 4

*Proshumardites karpinskii* RAUZER-TCHERNOUSOVA,  
1928

ejemplar núm. 1432/1077, leg. W. WILLE, ×5



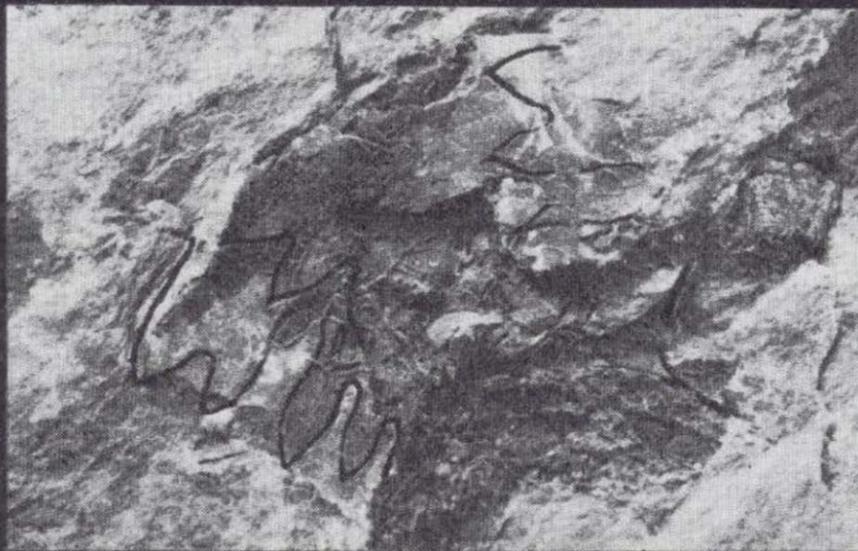
1



2



3



4

Lámina 2. *Homoceratoides divaricatus* (Hind, 1905)

- 1: ejemplar núm. 1432/1118, leg. J. KULLMANN, × 2.  
 2: ejemplar núm. 1432/1120, leg. J. KULLMANN, × 2.  
 3: ejemplar núm. 1432/1079, leg. H. REQUARDT, × 2.

Figura 4

- Stenopronorites uralensis* (KARPINSKI, 1889).  
 Ejemplar núm. 1432/1078, leg. H. REQUARDT, × 2.

Todos los goniatites de las láminas 1 y 2 proceden del mismo yacimiento. Capa o estrato del yacimiento: pizarra arcillosa negra de la serie de Asturreta, encima de la cantera de Asturreta, Al norte de Eugui (Navarra).

Edad: tramo bajo del piso de *Reticuloceras* (R<sub>1</sub>). Namurensense sup. (Namur B).

Los originales se encuentran depositados en el Instituto Geológico-Paleontológico de la Universidad de Tübingen (Württemberg, Alemania), bajo el número colector 1432.

(KULLMANN, 1962, p. 105), en los Pirineos españoles y franceses y en Menorca. Es característico de estas faunas la aparición simultánea de *Reticuloceras* y en parte de *Homoceratoides*, por un lado, y *Proshumardites* y *Pronorites*, por otro.

Si bien es cierto que el género *Reticuloceras* tiene una distribución universal, se observa, no obstante, que está limitado a los ámbitos epicontinentales. En cambio, es frecuente su ausencia de los geosinclinales. Se comprueba que este género tiene su vida limitada al namurenses B; es decir, a la parte más baja de namurenses superior. En cambio, el género *Proshumardites* posee una vida de mayor duración, ya que aparece por vez primera en el namurenses inferior y llega hasta el westfalense (en los Estados Unidos de Norteamérica queda limitado al piso de Des Moines; es decir, al westfalense superior). Además, *Proshumardites* se presenta de preferencia, en los sedimentos pelágicos y sólo por excepción se le encuentra en las zonas epicontinentales. Este género falta en el centro y oeste de Europa, así como también en Portugal y sur de España. En cambio, es frecuente en las calizas de cefalópodos del namurenses inferior del norte de África, de la Cordillera Cantábrica, de Yugoslavia y de Rusia.

En resumen, vemos que la composición de la fauna de goniatites de las regiones aquí estudiadas muestra una mezcla de dos fáunulas, que, en general, están separadas una de otra. Al mismo tiempo se observa una notable pobreza de espacio, que contrasta con la riqueza de organismos bentónicos de la facies Culm (H. SCHMIDT, 1951). Este resultado nos autoriza a suponer que durante el namurenses ha habido una tendencia a equilibrar las diferencias faciales que aún existían al principio de este piso en el SW de Europa.

#### LISTA DE LOS YACIMIENTOS DE GONIATITES AQUÍ ANOTADOS.

- 2 a) Calizas y pizarras negras (Vellate), al E del kilómetro 31 de la carretera Mugaire-Pamplona:  
Formas pertenecientes al subgrupo *Goniatitina*, gen. sp. indetermin., cf. *Tornoceras* o afines.  
Edad: devónico superior.

- 2 b) Pizarras arcillosas grises, calcáreas a arenosas (Vellate), al E de la carretera Mugaire-Pamplona:  
Formas del subgrupo *Goniatitina* o de la superfamilia *Pharcicerataceae*, gen. et sp. indet.  
Edad: do I (devónico superior bajo).
- 3) Dolomías grises, calizas negras, liditas y pizarras arcillosas (Lanz), 2, -4 Km. al NE de Lanz:  
*Proshumardites?* sp., *Stenopronorites* cf. *uralensis* KARP.  
Edad: Namur B (Namurenses superior).
- 4) Dolomías grises, calizas negras, liditas y pizarras arcillosas (Lanz), 2,5-4 Km. al NE de Lanz: *Proshumardites* cf. *karpinskii* RAUZ. TSCHERNOUS., *Reticuloceras circumplexum* (FOORD) *Homoceratoides divaricatus* (HIND), *Stenopronorites* cf. *uralensis* KARP.  
Edad: Piso bajo de *Reticuloceras* (R<sub>1n</sub>) Namur B (namurenses superior).
- 5) Calizas oscuras y de color pastel, dolomías grises, areniscas (Lanz), 2,5-4 Km. al NE de Lanz:  
*Cyrtospirifer* ex pr. *verneuli*, *Disphyllum* sp. sp., *Thamnopora* sp.  
Edad: do I (devónico superior bajo).
- 9) Capas del techo de las pizarras Argus, en la carretera militar:  
*Ponticeras* sp.  
Edad: do I (devónico superior bajo).
- 10) Arenisca de Zuregún, en la carretera militar:  
*Ponticeras* sp.
- 11) Capas yacentes de la serie Tropa, camino del valle de Zocoa.  
*Ponticeras* sp. *Ponticeras?* sp.  
Edad: do I (devónico superior bajo).
- 12) Capas limitantes de la serie Tropa, pizarras de Zocoa, en la carretera militar:  
*Ponticeras* sp., *Tornoceras* sp.  
Edad: do I (devónico superior bajo).
- 13) Capas bajas de las pizarras de Zocoa, arroyo de Artesiaga:



Figura 4

*Stenopronorites uralensis* (KARPINSKI, 1889).  
Ejemplar núm. 1432/1078, leg. H. REQUADT, × 2.

Lámina 2. *Homoceratoides divaricatus* (Hind, 1905)

- 1: ejemplar núm. 1432/1118, leg. J. KULLMANN, × 2.  
2: ejemplar núm. 1432/1120, leg. J. KULLMANN, × 2.  
3: ejemplar núm. 1432/1079, leg. H. REQUADT, × 2.

Todos los goniatites de las láminas 1 y 2 proceden del mismo yacimiento. Capa o estrato del yacimiento: pizarra arcillosa negra de la serie de Asturreta, encima de la cantera de Asturreta. Al norte de Eugui (Navarra).

Edad: tramo bajo del piso de *Reticuloceras* (R<sub>1</sub>). Namurenses sup. (Namur B).

Los originales se encuentran depositados en el Instituto Geológico-Paleontológico de la Universidad de Tübingen (Wurtemberg, Alemania), bajo el número colector 1432.

- Pharciceras* sp., *Synpharciceras* sp.  
Edad: do I<sub>2</sub> (Capas basales del devónico superior bajo).
- 20) Techo de las pizarras silíceas, al E de la cantera de magnesita de Asturreta:  
*Imitoceras?* sp., *Kazakhoceras?* sp.  
Edad: carbonífero inferior o namurenses A y B (namurenses inferior).
- 21) Capas yacentes del muro de la magnesita: a unos 200 m. al E del puente sobre el río Arga:  
*Reticuloceras* cf. *circumplicatile* (FOORD), *Glaphyrites?* sp., *Proshumardites?* sp.  
Edad: tramo bajo del piso de *Reticuloceras* (R<sub>1</sub>) Namur B (namurenses superior).
- 23) Capas del techo de la magnesita, Asturreta:  
*Reticuloceras circumplicatile* (FOORD), *Homoceratoides divaricatus* (HIND), *Proshumardites karpinski* RAUZ-TCHERN, *Stenopronorites uralensis* KARP.  
Edad: tramo bajo del piso de *Reticuloceras* (R<sub>1a</sub>), namurenses B (namurenses superior).
- 24) Pizarras entre la magnesita:  
*Reticuloceras circumplicatile* (FOORD), *Homoceratoides* sp., *Proshumardites?* sp.  
Edad: tramo bajo del piso de *Reticuloceras* (R<sub>1a</sub>) namur B (namurenses superior).
- 25) Pizarras ferruginosas del muro:  
*Reticuloceras circumplicatile* (FOORD), *Proshumardites?* sp.  
Edad: tramo bajo del piso de *Reticuloceras* (R<sub>1a</sub>) namur B (namurenses superior).

Recibido: febrero 1973.

## Colmatación de la Depresión interandina de Uspallata (Argentina)

Por F. FERNANDEZ RUBIO (\*) y J. A. PEREZ AZUARA (\*\*)

### RESUMEN

En la colmatación de la Depresión o Fosa interandina de Uspallata han intervenido sedimentos terciarios y cuaternarios de facies continental y depósitos fluviales cuaternarios procedentes de los flancos.

Se describe el "Barreal del Leoncito", cubeta ocupada por partículas arenosas, cuyo origen se debe a la conjunción de los glaciares procedentes de las cordilleras que al Este y al Oeste bordean la Depresión (Cordillera Frontal y Precordillera).

### SUMMARY

The clogging of the Uspallata Inter-Andine Depression—or Trench—is due, to a great extent, to Tertiary and Quaternary sediments with a continental facies, and also to Quaternary fluvial deposits which have been washed down from the mountain slopes.

A description is made of the "Barreal del Leoncito", which is a basin filled by sandy particles produced by the scumble coming down from the mountain ranges on the Eastern and Western sides of the Depression (The Frontal Cordillera and the Pre-Cordillera).

### RÉSUMÉ

La colmatación de la Dépression ou Cuvette interandine d'Uspallata a été originée par l'intervention des sédiments tertiaires et quaternaires à facies continental, de même que des alluvions quaternaires procédentes des versants.

On fait une description du "Barreal del Leoncito", cuvette remplie de particules sableuses dont l'origine est due à l'agglomération des glaciares provenant des chaînes qui bordent la Dépression à l'Est et à l'Ouest (la Chaîne Frontale et la Pré-Cordillera).

### ÜBERSICHT

Bei der Auffüllung des interandinischen Grabens oder Senke von Uspallata waren Sedimente des Tertiärs und Quartär mit kontinentalcharakter beteiligt, ebenso wie Flussablagerungen von den Flanken aus dem Quartär.

Hier soll der "Barreal del Leoncito" beschrieben werden, dessen Mulde von feinstem sandigem Material ausgefüllt wird, das seinen Ursprung in dem Zusammentreffen der Wallböschungen hat, die von den Kordilleren im Osten und Westen den gesamten Graben umgeben (Frontal-Kordillere und Prä-Kordillere).

(\*) Doctor Ingeniero de Minas.

(\*\*) Licenciado en Ciencias Geológicas.

INTRODUCCION.

En el año 1968 y con motivo del estudio "Desarrollo eléctrico de la Región Cuyo" (1), hemos tenido ocasión de conocer una interesante región de los Andes argentinos y considerar numerosos fenómenos geológicos y geomorfológicos—algunos poco frecuentes en nuestra geografía—, de entre los cuales comentamos aquí la colmatación de la Depresión interandina de Uspallata, y la formación del denominado "Barreal del Leoncito".

SITUACION DE LA ZONA.

Las ciudades de San Juan y Mendoza, al pie de los Andes, son cabeceras de las vías que atraviesan la Cordillera en estas latitudes siguiendo los cursos de los ríos homónimos.

El valle del río Mendoza, soporta la carretera Panamericana y el Ferrocarril Trasandino; en él se encuentra la localidad de Uspallata, de donde nace una carretera que atravesando una zona estéril (Depresión de Uspallata) enlaza con la Ruta Nacional número 20 que asciende hasta Calingasta por el río San Juan.

MARCO AMBIENTAL.

De los elementos o unidades geomorfológicas que se han diferenciado en la zona Cuyo (figura 1) nos interesa señalar:

1. CORDILLERA PRINCIPAL.

Alcanza las alturas más relevantes de los Andes argentinos (Aconcagua, 7.040 m. Tupungato, 6.800

(1) Este importante estudio para el desarrollo eléctrico de la región andina de Cuyo, que reúne las provincias de Mendoza, San Juan y San Luis, fue contratado por las empresas consultoras españolas EDES y AUXINI con Agua y Energía Eléctrica y contempla la posibilidad de exportación de energía, incluso al gran Buenos Aires, con carácter integral. Abarca las proyecciones de la demanda de energía eléctrica, la investigación de los recursos hidrologicos de la región, la elección de una solución óptima de producción de energía hidráulica o térmica, convencional o nuclear, y el análisis económico y financiero de las inversiones necesarias.

metros). Constituye el edificio andino propiamente dicho desde el punto de vista geológico y está formada por rocas sedimentarias y volcánicas del ciclo orogénico andino.

2. CORDILLERA FRONTAL.

Se sitúa al Este de la Cordillera Principal. Alcanza alturas superiores a los 5.000 m. (Cordón del

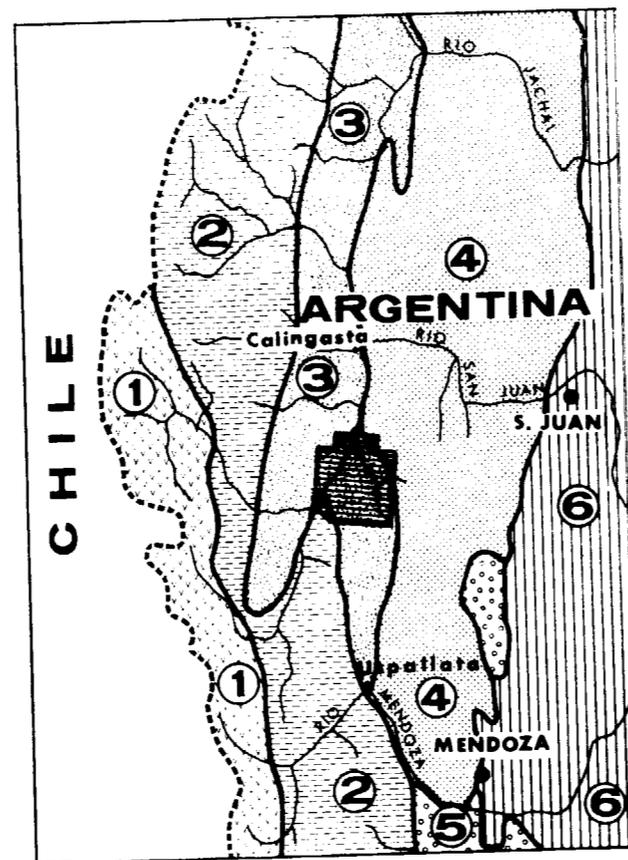
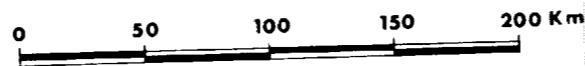


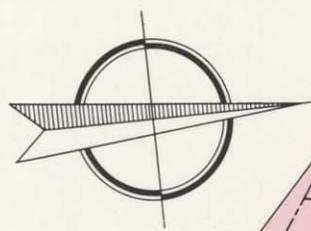
FIG.1.- UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

- 1 Cordillera Principal
- 2 Cordillera Frontal
- 3 Depresión de Uspallata
- 4 Precordillera
- 5 Guayquerías
- 6 Depresión de la Travesía



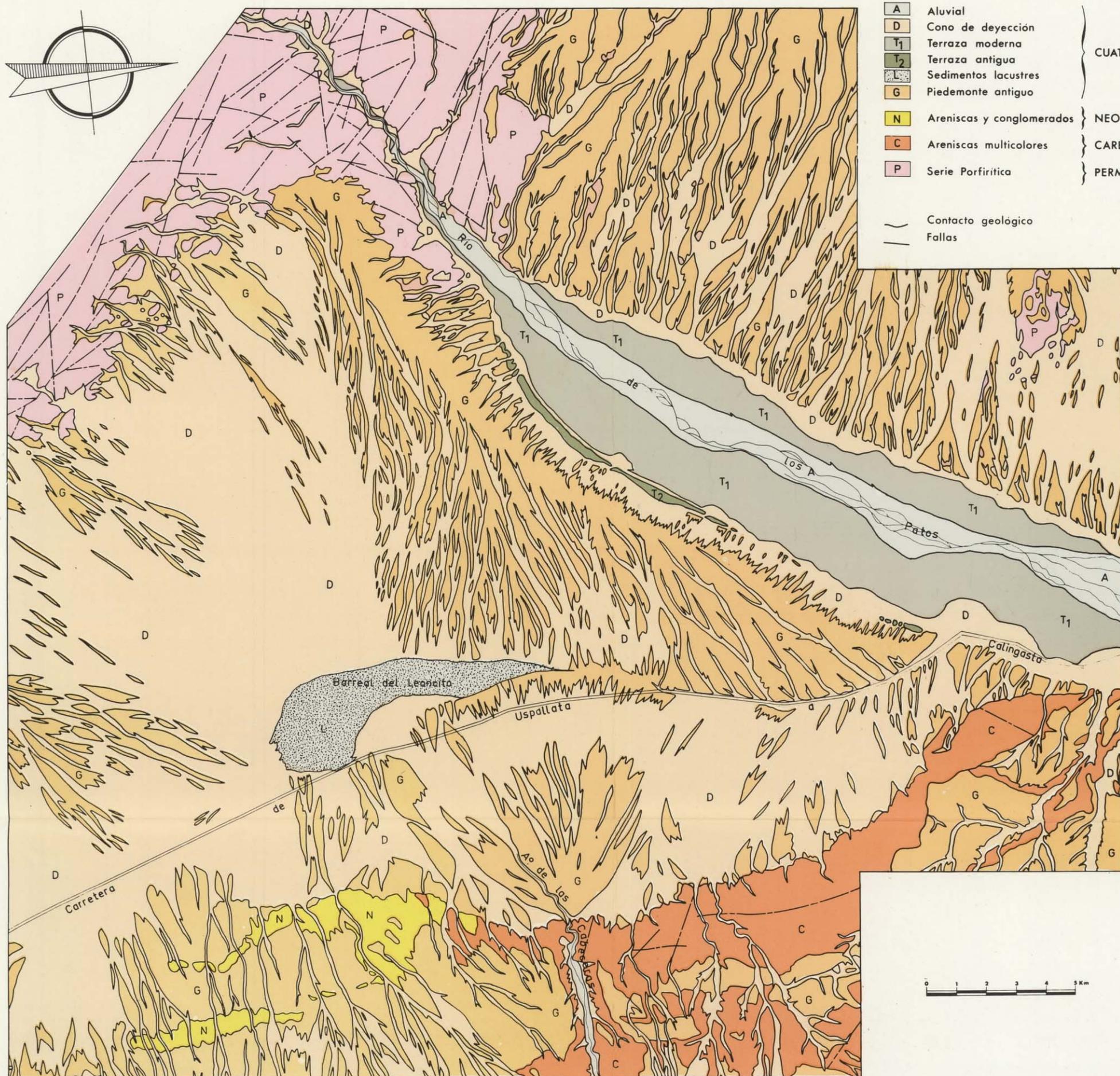
Plata 5.800 m.). Se trata de una alineación constituida por terrenos volcánicos y sedimentarios de edad triásica intermedia entre los ciclos orogénicos preandinos y el andino propiamente dicho.

COLMATACION DE LA DEPRESION INTERANDINA DE USPALLATA. (ARGENTINA)



A	Aluvial	CUATERNARIO
D	Cono de deyección	
T <sub>1</sub>	Terraza moderna	
T <sub>2</sub>	Terraza antigua	
(stippled)	Sedimentos lacustres	
G	Piedemonte antiguo	NEOGENO
N	Areniscas y conglomerados	
C	Areniscas multicolores	CARBONIFERO
P	Serie Porfirítica	PERMOTRIASICO

— Contacto geológico  
 - - - Fallas



0 1 2 3 4 5 Km

### 3. DEPRESIÓN DE USPALLATA.

Situada al Este de la Cordillera Frontal, con una cota media de unos 2.000 m., se encuentra rellena de sedimentos terciarios y cuaternarios de facies continental.

### 4. PRECORDILLERA.

Presenta alturas decrecientes de Norte a Sur (La Punilla, 4.650 m. Tontal, 4.317 m. Cruz del Paranalillo, 3.000 m.). Está constituida por materiales preandinos (Precámbrico y Paleozoico).

Guayquerias y Depresión de la Travesía completan la zona, asentándose en esta última las ciudades de Mendoza y San Juan.

### LA DEPRESION DE USPALLATA.

Cordillera Frontal y Precordillera son bloques levantados del antepaís mientras que la Depresión de Uspallata no es sino otro bloque hundido del mismo antepaís por la tectónica de fallas postorogénicas.

En la Depresión o Fosa tectónica de Uspallata (alineada Norte-Sur con unos 30 km. de ancho y 300 km. de largo) aparecen sedimentos terciarios de relleno, con notable pendiente hacia las zonas interiores por causa del mismo hundimiento acaecido a finales del terciario (Plioceno y Cuaternario antiguo). Se trata de sedimentos parafluviales de clima árido (areniscas y conglomerados), que inician la colmatación de la depresión. Proceden de una intensa erosión en la Precordillera y la Cordillera Frontal.

Los detritus más recientes que recubriendo a los anteriores ocupan la mayor parte de la superficie de la depresión, presentan morfología de conos de deyección imbricados lateralmente.

En las morrenas glaciares que aparecen en esta zona de los Andes quedan señaladas cuando menos dos glaciaciones principales, una primera muy intensa, y otra, segunda, múltiple, más suave y compleja. Los cambios climáticos que originaron las glaciaciones tuvieron asimismo como consecuencia la acumulación de depósitos fluviales y por consiguiente de relleno en la Fosa de Uspallata.

Los ríos y torrentes procedentes de la Cordillera Frontal y de la Precordillera sufren una pérdida

de energía cinética al llegar a la Depresión de Uspallata que da lugar a la formación de terrazas fluviales de dimensiones espectaculares (Uspallata y Calingasta). Se observan, en consonancia con las morrenas glaciares, dos niveles de terrazas, de las cuales la más antigua, que corresponde al postglaciar de la primera glaciación, alcanza un espesor visible muy considerable.

### EL BARREAL DEL LEONCITO.

Reciben el nombre de "barreal" ciertas cuencas fluviales normalmente cerradas, que como la del "Leoncito" que comentamos (figura 2) están formadas por acumulaciones arenosas (limos y loess) con un relieve horizontal, y cuyo color blanco o amarillento contrasta con el marrón oscuro de la región. El origen de estas cuencas actuales está íntimamente relacionado con el fenómeno de colmatación de la Depresión de Uspallata: Los derrubios procedentes de los bordes se extienden por la cu-



Figura 2

El "Barreal del Leoncito" (Fotografía aérea)

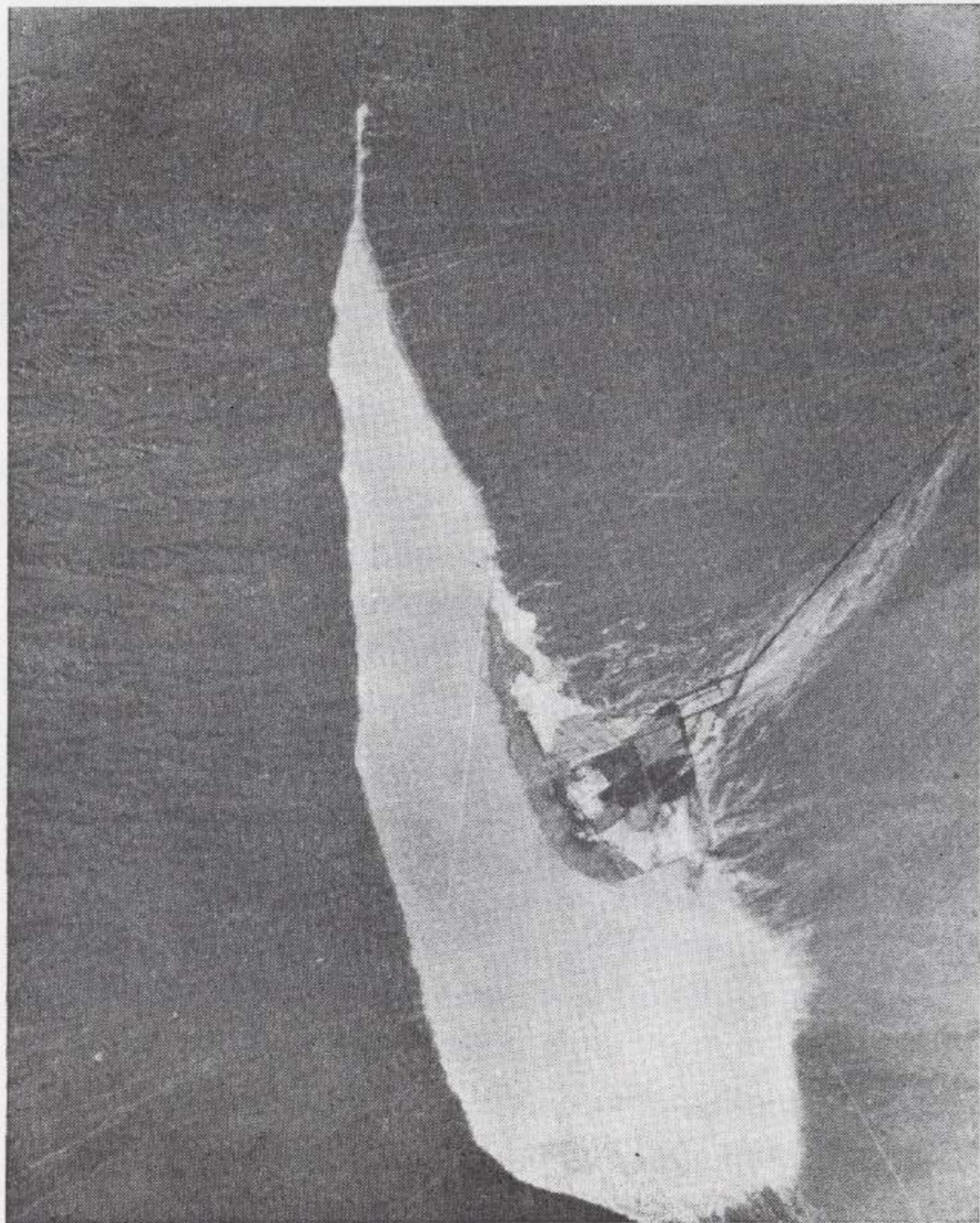


Figura 2

El "Barreal del Leoncito" (Fotografía aérea)

beta en régimen torrencial inundando grandes superficies. El resultado es un glacis de aluviones en pendiente acentuada (figura 3), surcado por lechos torrenciales anastomosados y constituidos por conos de deyección que se imbrican lateralmente, como hemos dicho, o se enfrentan y conjugan los procedentes de los flancos de la depresión, interrumpiendo el drenaje de la misma y dando lugar a cuencas endorreicas de dimensiones variables.

En nuestra opinión el viento habrá arrancado de las morrenas fangosas y arenosas las partículas más



Figura 3

"El resultado es un glacis de aluviones en pendiente acentuada" (Ver texto)

tenues. Estos materiales, por precipitación pluvial o nival, o simplemente por aumento de la humedad atmosférica, se habrán depositado en los flancos de la Depresión de Uspallata. Las arroyadas habrán arrastrado tal loess concentrando las partículas finas en el interior de la depresión donde se forman barreales como el descrito, tanto por evaporación como por sedimentación y filtración.

En los bordes del barreal las partículas arenosas se indentan con los fanglomerados, en un proceso periódicamente repetido.

## BIBLIOGRAFIA

ANÓNIMO: "Estudios geológicos y fotogeológicos del Pla Cordillerano Norte". Dción. Gral. Fabr. Militares. Buenos Aires, Mendoza, Inédito.

APARICIO, E. P.: "Rasgos geomorfológicos de la provincia de San Juan". Act. Cuyanas Ing. 1966.

AUBOIN, J. y otros. "Précis de geologia". Dunod, 1968.

BOHM, K. E.: "Informe preliminar sobre los resultados geológicos obtenidos en el levantamiento de la zona del Horcajo, confluencia de los ríos Blanco y los Patos, con respecto al problema de la construcción de un dique de embalse". Arch. Dción. Agua y Energía Eléctrica. Buenos Aires, 1950. Inédito.

BRACACCINI, O.: "Lineamientos principales de la evolución estructural de la Argentina". Rev. del Inst. Arg. del Petróleo. Tomo X. Num. 6. Buenos Aires, 1960.

DERRUAU, M.: "Geomorfología". Ariei, Barcelona, 1966.

DESSANTI, R. N.: "Rasgos geológicos de las regiones naturales de Mendoza", Bol. Inf. Petroleras, Vol. 42. Número 11, Buenos Aires, 1958.

EDES y AUXINI: "Desarrollo eléctrico de la Región Cuyo". Madrid-Buenos Aires, 1969. Inédito.

FERNÁNDEZ RUBIO, F.: "Nota sobre las características geológicas de la zona Cuyo". Mendoza, 1968. Inédito.

MARTONE, E.: "Tratado de Geografía Física". Juventud. Barcelona, 1967.

HIRRE, C.: "Geología del valle del río de los Patos". Rev. Asoc. Geol. Arg. Tomo XXI. núm. 4, Buenos Aires, 1966.

PALMA, A.: "Informe final sobre el embalse del río de los Patos Sur". Arch. Dción. Agua y Energía Eléctrica. Buenos Aires, 1955.

PRONSATO, D. A. y RIVA, J. C.: "Un factible y potente desarrollo hidroeléctrico en la provincia de San Juan". IV. Congr. de Ing. Buenos Aires.

Recibido: diciembre 1972.

# Estado actual de la investigación de criaderos del Suroeste de España

## Deducciones Genéticas

J. DOETSCH (\*) y Colaboradores (\*\*)

### RESUMEN

1) Nuevas informaciones obtenidas por estudios de laboratorio y de la minería de criaderos de menas magnéticas del Suroeste de España sirven para establecer la génesis correcta y más probable de esos criaderos, a que se hizo ya referencia en (1).

2) Más probable y correcta génesis inicial de los criaderos ferríferos del SW se centra en su formación sedimentaria cámbrica inferior en relación con la actividad volcánica de ese Período geológico.

3) El metamorfismo de contacto hercyniano-varísico destruye parcialmente a los criaderos ferríferos cámbricos inferiores.

4) Son urgentes y necesarios muchos estudios, monografías y tesis doctorales sobre estos criaderos de menas magnéticas Suroccidentales cámbricas inferiores para disipar todas las dudas racionales.

### SUMMARY

1) New data obtained by means of studies and industrial mining of magnetic iron orebodies in the Southwest of Spains, serves for establishing the most probable and correct orebodies genesis, already referred to in (1).

2) This most correct initial ore body genesis is the sedimentary cambrian formation with reference to the volcanic outburst in the Lower Cambrian Age.

3) The Hercynian or Varisc contact-metmorphisme destroys partially the lower cambrian ore-bodies.

4) New studies and monographs of single orebodies are much needed for dissipating all doubts.

## I. INTRODUCCION.

Hace ya unos cinco años que dimos a conocer los resultados de campañas de sondeos de investigación comprobatorios de estudios realizados en dicha región. Los sondeos se llevaron a cabo durante los años 1966, hasta mediados de 1967 (1).

Desde entonces, campañas posteriores de sondeos y de labores mineras subsiguientes de investigación y de explotación en dos de los principales criaderos encontrados han arrojado nueva luz sobre la

génesis de estos criaderos. Y es que las labores mineras han puesto a nuestro alcance nuevas facetas de su estudio para conocer bien el proceso sucesivo genético completo de estos criaderos.

Sin embargo, más de cinco lustros de experiencias habidas en el trabajo de campo y de laboratorio de los criaderos de menas magnéticas del Suroeste nos llevaron de la mano y se pudo establecer dos posibles génesis de aquéllos:

a) La hipótesis o la teoría de origen sedimentario, "in situ", inicial solapado por transformaciones superpuestas posteriores (fases metamorfosis regional y de contacto y fase hidrotermal).

b) La hipótesis de origen total, debido a fenómenos de metamorfosis de contacto entre rocas

(\*) Instituto Geológico y Minero de España.

(\*\*) Gonzalo Rivas García-Calderón, Juan Locutura Ruizpérez, Manuel Arana Ozequieta, Benjamín Calvo Pérez y Lucas Amado Cueto.

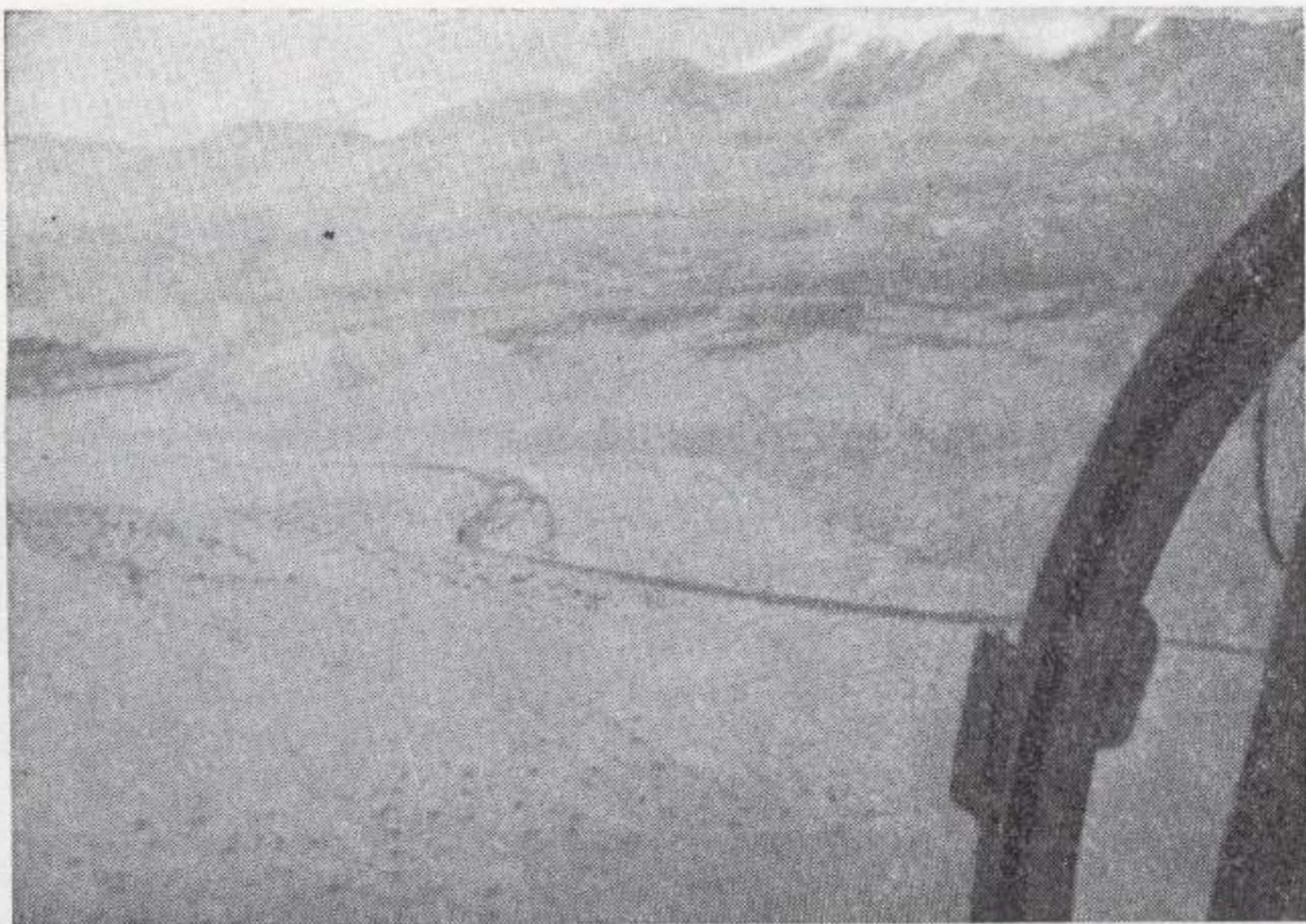


Figura 3

“El resultado es un glacis de aluviones en pendiente acentuada” (Ver texto)

carbonatadas e intrusiones magmáticas ácidas (éstas concentran el material y lo convierten en magnetita).

Ya allí (hace cinco años) nos inclinábamos por la primera hipótesis. Actualmente nos confirmamos en ella, y es más, estimamos que el origen sedimentario ("mise en place") inicial es probablemente la única verdadera, como se expondrá en el capítulo dedicado a la génesis de estos yacimientos complejos.

Grande es la importancia de la génesis de criaderos, ya que la toma de posición de una o de otra hipótesis afecta esencialmente la marcha del proceder en la investigación minera, y así de poder encontrar nuevos y grandes criaderos ocultos existentes.

Expuesta la finalidad del presente escrito, recordaremos sumariamente la situación de la reserva estatal por hierro del SW de España, por si alguien no se acuerda. También hablaremos someramente de la Sierra Morena o Mariánica, resaltando ciertos aspectos de interés genético. A continuación seguiremos dando la serie de datos e información obtenida en este último lustro y, por fin, discutiremos los datos que favorecen a una u otra teoría, después de exponer determinados criterios que iluminen el juicio crítico final que se pueda deducir siguiendo esos criterios en el manejo apropiado de la información acumulada.

No se trata, sin embargo de un trabajo totalmente terminado. Tan sólo hemos procurado escoger la mayor parte de los datos de cada uno de los criaderos considerados en el presente escrito, y que se conocen en la actualidad. La finalidad propuesta es la de encontrar datos comunes y diferenciarlos de las particularidades locales de cada uno de los criaderos.

Es evidente que se necesitan muchos trabajos y nuevas monografías de criaderos determinados, como lo puede ser el coto minero de San Guillermo. Fue realizada esta magnífica obra por el profesor doctor Tirso Febrell.

Este estudio, con el conocimiento de toda la zona, dará lugar a una información fehaciente, pero siempre humana.

Las conclusiones a que somos llevados por el cúmulo de datos objetivos estudiados en el campo y en el laboratorio favorecen grandemente a la génesis inicial sedimentaria, como ya se dirá.

## II. LA RESERVA ESTATAL FERRIFERA DEL SW ESPAÑOL.

La reserva se efectuó como necesaria salvaguardia al iniciarse las investigaciones mineras de menas de hierro en esta región. Se llevó a cabo yuxtaponiendo los territorios de partidos judiciales, algunos muy extensos. La superficie total afectada por la referida reserva es de casi 16.000 kilómetros cuadrados.

El criterio seguido se basaba fundamentalmente en la existencia probable de minerales ferríferos y su distancia a puerto de embarque (1).

## III. LA SIERRA MORENA.

La Sierra Morena o Mariánica se extiende desde la provincia de Albacete hasta traspasar los límites fronterizos con Portugal en dirección sensiblemente de Este a Oeste, con tendencia hacia el Sur. Pasada la frontera se desparrama prácticamente. Los desniveles topográficos se atenúan mucho, a excepción de la Sierra de Adisa.

Dentro de España, tiene una longitud de más de 450 Km., siendo su anchura variable, pero como media se puede aceptar unos 60 Km.

Desgraciadamente, esta Sierra, tan interesante desde muchos aspectos, aún no está estudiada a fondo. Es verdad que estudiantes de Universidades extranjeras hacen una labor de "pioneros" desde el punto de vista geológico, pero no se ha llegado aún a una labor de síntesis verdadera. Así, no sabemos aún con certeza si existe la famosa falla del Guadalquivir o, por el contrario, si se trata de una inflexión. No sabemos por qué es una cordillera de plegamiento de estratos discordantes con la dirección de la Sierra Morena. Y esto por sólo citar dos puntos concretos. Tampoco existe un estudio de rocas ígneas intrusivas, como lo son las granodioritas grises y los granitos de feldespatos y plagioclasas rojas con textura frecuentemente porfídica, etcétera. ¿Son simultáneos? ¿Qué diferencias genéticas muestran?

Es verdad que hace una veintena de años se ha empezado a estudiar algunas zonas de esta Sierra (en sentido amplio) y se ha podido encontrar vastos depósitos de rocas volcánicas y datar, siguiendo al profesor Ramdohr, a las piritas como de origen volcánico submarino devónico.

Es verdad también que se puede describir la Sierra Morena como un ente geológico de gran interés minero, en el cual destacan al sur de su eje geométrico los grandes criaderos de minerales sulfurados (piritas y sulfuros complejos), situados en terrenos del devónico. A lo largo de ese eje geométrico existen criaderos importantes de minerales de hierro (óxidos y carbonatos), contenidos dentro de estratos cámbricos, ordovícicos y silúricos, cuyo origen está sobre el tapete de la discusión por falta de estudio (monografías, tesis doctorales, etc.). Al norte de este eje geométrico existe un gran campo de fracturas de 200×80 Km., en los cuales se encuentran las mineralizaciones de plomo, cinc y cobre, agrupados, según edad, en tres direcciones: N-S, NW-SE, NE-SW. Su origen es hidrotermal y encajan en estratos cámbricos, ordovicienses y silúricos.

En el presente trabajo nos interesan los criaderos y las rocas de la parte central de esta Sierra.

Referente a las rocas de esta zona, hemos tenido una grata sorpresa por la publicación (2), en la que se clasifican indubitadamente como rocas volcánicas básicas las rocas que se hablan, catalogada como intrusiva (3), en la misma Sierra de El Pedroso. Como, por otra parte, en la multitud de sondeos realizados se han podido clasificar en diversos lugares de esta parte central de la Sierra Morena algunos estratos como volcánicos, damos la voz de alerta para proseguir este estudio minuciosamente. También en otros lugares se conocen rocas volcánicas cámbricas (al sur de Arroyomolinos, Huelva) (véase hoja geológica 1:200.000, n. 76 del IGME).

Es ciertamente más difícil aquí, en esta zona, que ha sido sometida a acciones perturbadoras de metamorfismo regional (aun cuando no demasiado intenso, en general), y localmente, a efectos de metamorfosis de contacto.

En el siguiente capítulo recogemos datos escuetos referentes a criaderos existentes en la provincia de Badajoz, Huelva y Sevilla. Se tiende a que estos criaderos, de los que se da determinada información, sean de cierta importancia minera, al menos la zona donde están enclavados. Empezaremos por la información de Badajoz, siguiendo por la de Huelva y la de Sevilla.

## IV. 1.—DATOS DE LA PROVINCIA DE BADAJOZ.

### a) Generalidades de la zona ferrífera.

Las estribaciones suaves de la Sierra Morena, en su parte septentrional y dentro de la parte meridional de la provincia de Badajoz y, especialmente, en las proximidades de los confines con Portugal, nortean desde el punto de vista estratigráfico. En ellas es frecuente encontrar criaderos de menas ferríferas.

Así, al trazar una línea ideal que arranque en la Venta del Culebrín, muy cerca de Santa Olalla del Cala (Huelva) y llegue hasta Villanueva del Fresno, junto a la frontera con Portugal (unos 100 Km. de distancia), se observa que a uno y otro lado de esta línea ideal se encuentran criaderos de menas ferríferas, más o menos importantes.

Las especies minerales ferríferas que allí existen son, por lo general, óxidos e hidróxidos y carbonatos. Pero en la extensa región de Oliva de la Frontera, donde se presentan aflorando terrenos precámbricos, que también llevan mineralizaciones ferríferas interestratificadas, aparecen nuevos tipos de criaderos. Pertenecen éstos al ciclo pegmatítico y, por lo común, son cuarzosos, con metales pesados, entre los cuales resaltamos el tungsteno, bismuto y oro.

Toda esta zona merecería un estudio detenido.

Pero en toda esta zona ferrífera sólo está el criadero del Coto San Guillermo, junto a Jerez de los Caballeros, que da una producción anual superior a las 100.000 toneladas anuales. Nos vamos a detener algo en ella, o sea de esta explotación minera.

### b) Coto San Guillermo.

b<sub>1</sub>) Elementos químicos presentes en el Coto San Guillermo.

CUADRO NUM. 1  
Composición elemental química de las menas del Coto San Guillermo

H	Cu
Be (i)	Ga (i)
C	Ge (i)
O	As
F (i)	Sr
Na	Tierras ítricas esporádicamente.
Mg	Zr

K	Mo
Ca	Ag esporádicamente (i)
Ti	Sn (i)
V (i)	Ba esporádicamente (i)
Cu	Tierras céricas: esporádicamente.
Mn	Au esporádicamente.
Fe	
Co	
Ni	

Este cuadro ofrece numerosos datos que dan pie a largas discusiones, que reservamos para otra publicación.

Referencias. Ayudas: Profesor doctor Benjamín Alpanseque.

b<sub>2</sub>) *Contenido de la mena ferrífera en especies minerales.*

#### CUADRO NUM. 2

##### *Contenido general de la mena ferrífera en especies minerales*

Magnetita.	Cordierita.
Hematites roja.	Amiébales (tremolita hornablendas sentido amplio).
Maghematita.	Piroxenos "diópsida, etc.).
Hematites pardas.	Circón.
Piritas.	Granates (grosularia) (andradita).
Marcasita.	Epidota (zoisita, epidota, allanita).
Calcopirita.	Plagioclasas (altas y bajas).
Cuarzo (alto y bajo).	Feldespatos (alto y bajo).
Calcita.	Biotita.
Aragonito.	Muscovita.
Apatito.	Escapolitas.
	Cloritas (chamosita, thuringita).

También podemos hacer la misma observación a este cuadro que se hizo al anterior. Sólo tenemos que añadir a éste que aún está bastante incompleto.

Rereferencias: Agradecemos a los profesores don Gonzalo Rivas y don Juan Locutura su ayuda y sugerencias.

#### b<sub>3</sub>) *Rocas a que pertenecen las menas ferríferas del Coto San Guillermo.*

Calizas magnesianas.  
Dolomías.  
Areniscas cuarcitosas.  
Esquistos epidóticos.  
Esquistos anfibólicos.  
Corneanas.  
Granito (granito-diorita).  
Neises (tabular cordierítico).  
Skarn.  
Greisen.

Sería de desear hacer un estudio de detalle de las rocas existentes en este anticlinal tan interesante desde el punto de vista geológico y minero.

Referencias: Profesor Tirso Febrel.

Publicaciones: Bibliografía (4), (5), (6).

Ayudas: Profesor don Lucas Amado Cueto.

#### b<sub>4</sub>) *Información del criadero múltiple de San Guillermo.*

1) Se trata de un criadero múltiple, pues consta de un mínimo de tres capas mineralizadas y de algunas capas satélites intermedias más exiguas. En realidad, de las tres capas de que consta el criadero, la tercera, en la rama occidental del anticlinal sólo se ha podido observar y, lo que es más importante, explotar, en la orilla izquierda de la ribera del Ardila. Hacia el Norte, el granito intrusivo la hizo desaparecer. Pero en la rama oriental del anticlinal aparece en forma alentejonada, como la segunda capa (croquis núm. 1).

2) La forma de presentarse el criadero múltiple en la Naturaleza, "das Dasein" germánico, es una función directa del anticlinal actual, de la que la capa primera y más antigua forma claramente parte. Este anticlinal actual, sinclinal anteriormente, "pincha", se inclina hacia el Norte abriendo las ramas hacia el Sur.

La rama occidental tiene una dirección sensiblemente N-S, mientras que la rama oriental diverge claramente hacia el SE.

Las dimensiones del anticlinal asimétrico: eje, de unos 8 Km. de longitud, y distancia entre ramas es naturalmente variable.

3) De las tres capas mineralizadas hacemos los siguientes comentarios:

*Capa I.*—Es la más antigua, más impura (residuo insoluble alto), más constante (no tiene interrupciones manifiestas de mineralizaciones en su corrida) y de buena y económica concentración magnética.

Se pliega o configura perfectamente interestratificada, al anticlinal asimétrico.

Actualmente en explotación con volúmenes superiores al centenar de miles de toneladas anuales. Se piensa en duplicar, al menos la producción. Esta se obtiene a cielo abierto en parte de la explotación y la restante en subterránea.

*Capa II.*—Denominada por la corta: "Santa Bárbara". Es posterior a la capa I. Más pura que la capa I. Explotada a cielo abierto y subterráneamente en la corta antigua en la margen izquierda de la Ribera del Ardila, hasta que se anegó por barrero mal puesto.

Se siguió esta capa mineralizada por debajo de la Ribera en dirección Norte perdiéndose por fallas y apareció el granito en el frente.

Desde la cuña granítica donde se situó el pozo moderno hasta más allá del gran rellano como a más de dos kilómetros de distancia en dirección Norte está comprobada su existencia en la rama occidental del anticlinal. En la rama oriental esta capa forma lentejones que han sido asimismo objetos de sondeos, más bien positivos.

Esta capa ha dado lugar a explotaciones mineras habiendo sido sacadas más de seiscientos mil toneladas de mineral grueso con una media superior al 57 por 100 de Fe, durante unos diez años.

*Capa III.*—Es la más reciente. La pureza de sus mineralizaciones es similar a las de la capa II. En la rama occidental del anticlinal de San Guillermo sólo ha podido ser localizada en las antiguas explotaciones en las labores subterráneas anegadas y a Poniente de las mineralizaciones de la capa II. Por el contrario en la rama occidental del anticlinal forma lentejones orientados en una alineación paralela a las dos, capas II y I anteriormente descritas.

El que esta capa no exista en superficie en la rama occidental del anticlinal de referencia puede ser adscrito a su digestión por la intrusión del granito. Esta intrusión está visible en la capa II Santa Bárbara en el lugar donde está emplazado el pozo nuevo.

4) *Capas satélites.*—Están a la vista en la superficie en el Cerro del Colmenar. Son por lo menos unas cinco y su longitud es de 300 metros por lo menos. Están perfectamente superpuestas.

Otras más exiguas existen en dirección Sur y pudieran ser consideradas como prolongaciones de este paquete.

También en la rama oriental existen algunas de estas capas satélites.

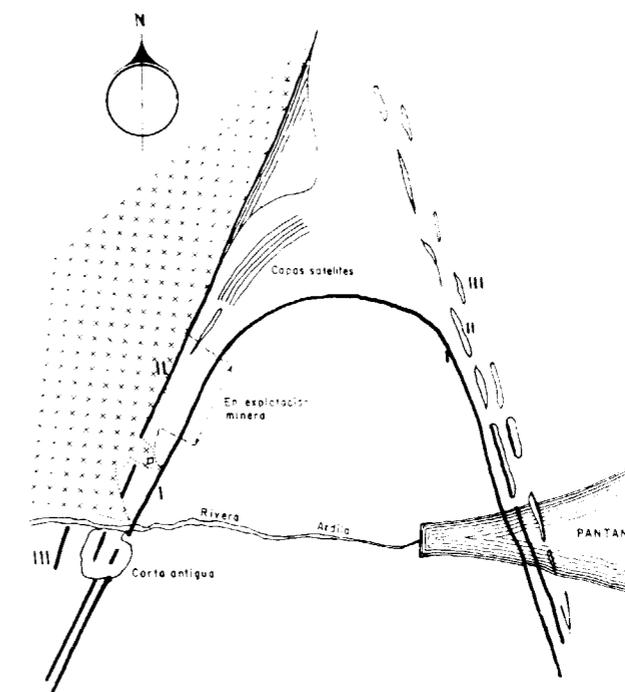
5) *Disposición de las capas en el espacio.*—Hemos dicho que la capa I (en actual explotación concretada) se pliega perfectamente al anticlinal. Aflozaba en la corta antigua anegada como a unos 20 metros de la capa II Santa Bárbara. En aquel entonces no era económica su explotación ya que no se concentraba y el subido tanto por ciento de residuo insoluble y la cantidad de pirita que ofrecía hacían antieconómica su explotación.

Desde la corta antigua hacia el Norte la capa I tiene una marcada tendencia hacia el Este hasta lograr empalmar la dirección del eje de las mineralizaciones de Santa Justa, etc., dentro del mismo coto de San Guillermo. La razón o motivo es que se pliega perfectamente al núcleo del anticlinal.

No sucede con la capa II de Santa Bárbara que sigue hacia el Norte simplemente.

Estos fenómenos están reflejados en el croquis número 1 adjunto.

Con ello queda explicado el problema que exponíamos en la publicación de referencia (1).



Croquis núm. 1

6) *Las ramas del anticlinal.*—Las capas ferríferas tienen todas ellas suave buzamientos. Así la capa I tiene unos buzamientos medios en sus dos ramas cerca del vértice Norte de unos 45°. La rama occidental buza al Oeste y la rama oriental al Este. Al alejarse estas ramas del vértice del anticlinal septentrional existen variaciones.

Este buzamiento parece constante también en las demás capas y a medida que la explotación minera progresa se irá conociendo más y mejor.

7) *Convergencia o divergencia de capas entre sí.* Las tres capas aparecen bastante próximas en las explotaciones antiguas anegadas. La separación entre la capa I y la II es de unos 20 metros máximo. La distancia entre la II y la III es inferior allí a los 10 metros.

Sin embargo, al diverger de la dirección Norte y tender hacia el Este la capa I se alejaba progresivamente de la capa II. Esta hacia el eje anticlinal cuando la capa I ha torcido completamente hacia el Este y se encuentra a más de 300 metros tiene una inclinación o buzamiento reducidísimo de 10° aproximadamente. Este fenómeno es evidentemente consecuencia de la estructura del anticlinal que tiene como origen una componente de empuje vertical de abajo hacia arriba y así acomoda los estratos a los esfuerzos que desarrolla.

No se le encuentra otra explicación lógica natural.

Pero la causa o razón de que existan capas satélites entre las capas I y II una vez iniciada la separación entre ellas por el plegamiento es debida a su génesis en el sinclinal original sedimentario y que éste tenía el aporte de materiales precisamente por el Norte y la dirección de las corrientes aportadoras de material era de Norte a Sur.

8) *La capa I.*—Tiene a su techo constantemente una capa de carbonatos magnesianos (dolomía) a lo largo de los muchos kilómetros de corrida, que exceden de los cinco (hasta ahora conocidos). Este hecho no descubierto por mí sino por el profesor Dr. Tirso Febrel y por don Alejandro Sánchez Rodríguez, es una de las características genéticas más importantes de este criadero.

9) *Capas mineralizadas cortadas por granito.*— Tanto la capa III como la capa II han sido cortadas más bien digeridas en diferentes sitios por el granito intrusivo. No se trata de aplitas etc, sino intrusiones del mismo granito. Nos referimos entre otros al espigón granítico donde se situó el pozo nuevo,

y al granito encontrado en el frente de la galería subterránea contra el cual se estrelló la mineralización de la capa II.

Referencias:

Prof. D. Juan Locutura.

Ing. D. Alejandro Sánchez Rodríguez.

c) *Otros criaderos de la región.*

En la región donde se ubica el criadero múltiple del Coto San Guillermo existen también otros muchos criaderos de menas magnéticas. Algunos importantes se citan a continuación. Empezamos por el más cercano al Coto San Guillermo.

1) *Coto Minero La Bilbaína.*—Está situado en la falda oriental del gran cerro de San Benito cercano a Jerez de los Caballeros siguiendo más o menos la gran falla de dirección N-S que jalona en parte el valle de hundimiento que le separa del criadero del Coto San Guillermo (como a unos 4,5 km.).

Se trata de un criadero sencillo compuesto de dos lentejones (proyección horizontal). El lentejón Norte es mayor que el del Sur. El estrechamiento se refleja en la superficie a la altura de la carretera de Zafra a Jerez o del mismo arroyo que fluye por el valle. El lentejón Norte culmina en su topografía en el pico Corbacho mientras que el lentejón Sur muestra el pico Bravo cortado por medio, por labores antiguas de minería.

La explotación antigua se inició en el año 1949 y terminó por agotamiento del criadero. Se explotaron alrededor de más de un millón de toneladas de óxidos no magnéticos e hidróxidos de un contenido medio del 54 por 100 de Fe y muy porosos. Como curiosidad mineralógica aparecían láminas largas de oligisto micáceo de unos diez centímetros de longitud pero magnéticos.

Por indicación del autor al igual que en el caso del criadero del coto minero de San Guillermo y fundado en datos geofísicos se hicieron la primera campaña de sondeos con resultados altamente positivo. Había bastante magnetita, en profundidad, pero contrariamente a las menas de San Guillermo las del coto La Bilbaína tienen cobre en forma de calcopirita. Era difícil de distinguir testigos de Coto de Cala de las de La Bilbaína si se ponían juntos.

Característico del criadero de La Bilbaína son los tres ramales de menas magnéticas que vienen del cerro San Benito y que se han figurado en el croquis adjunto (croquis núm. 2). No atraviesan el eje

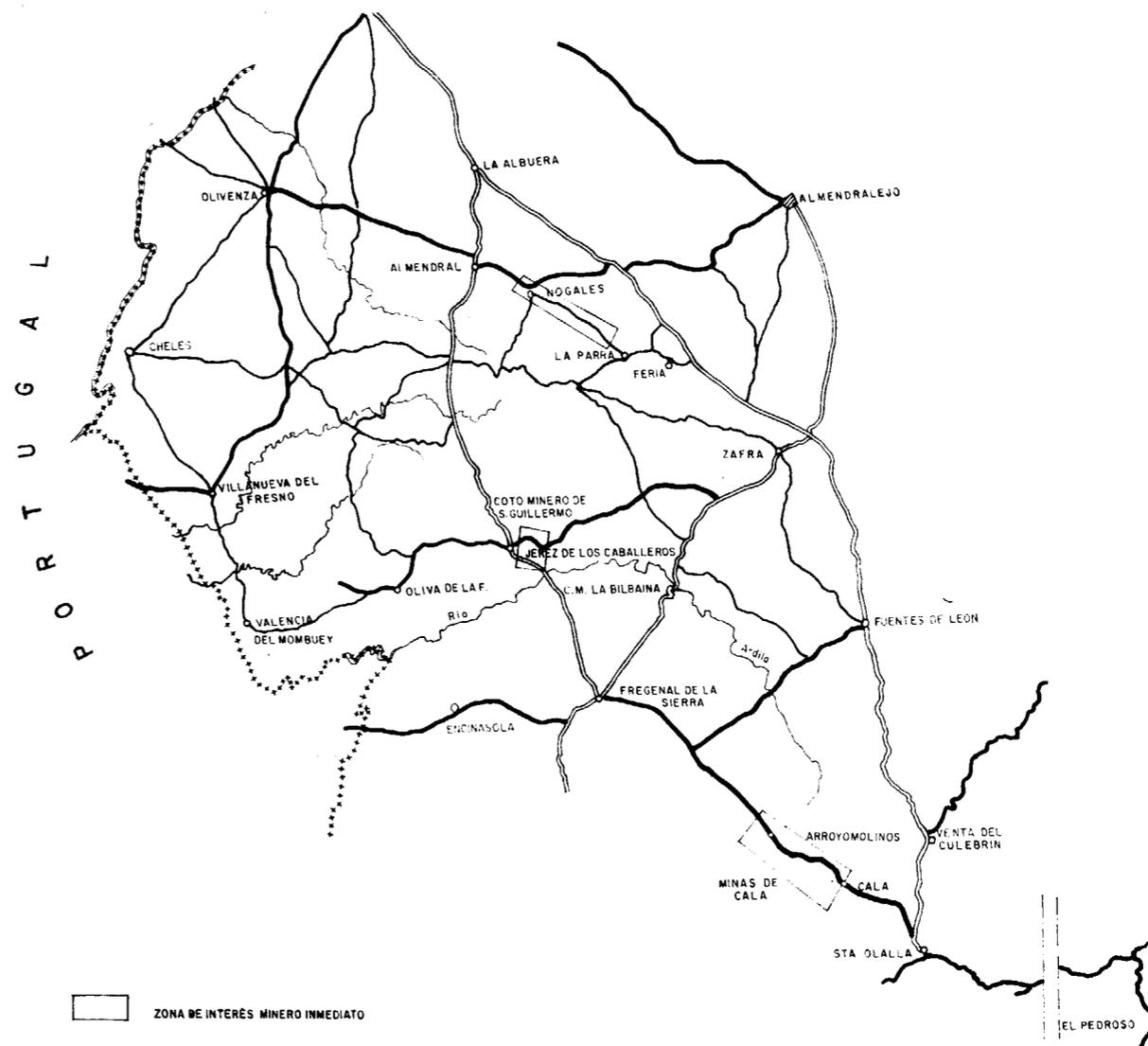
NS del criadero propiamente y deben ser de origen hidrotermal. Existen razones para pensar así, pues, las explotaciones del lentejón Norte demostraron la existencia de menas ferríferas muy sulfuradas que cortaban al criadero primitivo y a veces se mezclan con él en determinadas longitudes de corrida haciendo desmerecer la mena primitiva.

Pero todo ello merece un estudio detallado.

2) *La Asunción.*—Comprende gran parte del cerro San Benito y intesta con el coto minero La Bilbaína por el Poniente. Encierra una superficie minera muy interesante. Existen dos sistemas de

mineralizaciones N-S y otra E-W que forman cuadrículas. De estas mineralizaciones parten los tres ramales en dirección al Coto La Bilbaína y parecen quedar cortados por la falla tectónica limitante del valle.

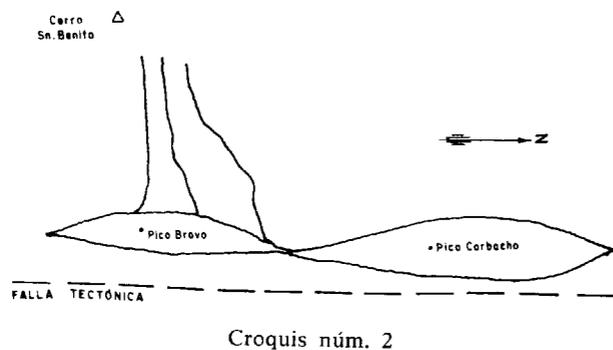
3) *Zona minera de Burguillos del Cerro.*—Existen aquí problemas. Claras dos zonas la llana del valle y la montañosa de entre las cuales destaca la Sierra del Cordel. Es muy probable que se trate de las mismas capas alzadas, unas onduladas y otras según han respondido a los esfuerzos tectónicos locales.



Plano 1

Desgraciadamente tampoco existen monografías de estos criaderos en plan científico objetivo.

4) *Zona minera de Torre de San Miguel-Nogales-La Parra.*—Es probablemente la zona de mayor abundancia de menas ferríferas de esta región de la provincia de Badajoz. Acerca de su calidad no se puede juzgar hasta tanto se obtengan testigos al menos.



No tenemos más datos concretos de esta zona tan interesante. Sólo sabemos geofísicamente que las mineralizaciones tienen gran extensión (plano 1).

IV. 2.—DATOS DE LA PROVINCIA DE HUELVA.

En este capítulo expondremos datos más bien escuetos referentes a criaderos importantes existentes en la provincia de Huelva. Se trata siempre de criaderos de cierta importancia tanto referente a su ubicación como a su calidad. Sólo en los no aflorantes de los cuales no existe trabajo serio alguno daremos nuestra opinión acerca de ellos. Otra cosa es imposible.

a) *Generalidades acerca de la zona ferrífera onubense.*

Los criaderos de menas ferríferas de cierta importancia se encuentran, exceptuando las menas sulfuradas en la parte central-septentrional de la Sierra Morena. Así, si unimos Santa Olalla del Cala con Encinasola, encontraremos que la mayoría de los

criaderos de menas de hierro conocidas por sus afloramientos se encuentran rozando y al Norte de esta línea.

Las especies minerales ferríferas que predominan en los afloramientos son en general óxidos e hidróxidos de hierro. Los carbonatos no parecen tener la preponderancia secundaria que tienen en la provincia meridional de Badajoz.

De todos los criaderos de minerales de hierro de esta provincia tiene la primacía Minas de Cala y como es tan conocida en su descubrimiento la intervención del autor de estas líneas lo pasamos por alto.

Vamos a continuación a dar una información sumaria de datos que pueden interesar.

b) *Minas de Cala.*

b<sub>1</sub>) *Elementos químicos presentes en las menas de Cala.*

CUADRO NUM. 3

*Composición elemental química de las menas de Minas de Cala*

H	Cu
Be (i)	Ga (i)
C	As (i)
O	Sr
F (i)	Zr
Na	Mo
Mg	Ag (i)
K (i)	Sn (i)
Ca	Ba
Ti	Au
V (i)	
Cr	
Mn	
Fe	
Co	
Ni	

Tanto las tierras ítricas como las céricas y el germanio no han sido aún encontradas, estarán por debajo del límite de sensibilidad con que operamos.

b<sub>2</sub>) *Contenido de la mena ferrífera en especies minerales.*

CUADRO NUM. 4

*Contenido general de la mena ferrítica en especies minerales.*

Las especies minerales hasta ahora encontradas son:

Cobre nativo.	Piroxenos (diópsida, augita).
Pirita.	Amfíboles (tremolita, hornablendas (sentido amplio).
Marcasita.	Granates (frosularia).
Melnikovita.	Epidota (zoisita, clinozoisita epidota, allanita).
Pirrotita.	Circón.
Marcasita.	Plagioclasas (altas y bajas).
Galena.	Feldespatos (ortosa, microlino).
Molibdenita.	Biotita.
Covelina.	Muscovita.
Calcopirita.	Escapolitas.
Magnetita.	Cloritas (chamosita, thuringita).
Hematites roja.	Illita.
Martita.	
Hematites parda.	
Limonita.	
Maghematita.	
Cuarzo.	
Calcita.	
Malaquita.	
Azurita.	
Apatito.	

Acerca de estas especies minerales contenidas en el todo uno que entra en la planta de trituración se podría proponer amplias discusiones que reservaremos a ulteriores estudios, más especializados.

Asimismo tenemos que exponer que esta lista aún no es completa pues hay que tener en cuenta que el criadero múltiple se extiende a lo largo de cerca de dos kilómetros y las muestras reseñadas no están distribuidas por igual en toda la corrida del criadero.

Referencias: Agradecemos la ayuda del profesor don Gonzalo Rivas en la determinación de especies minerales así como a don Lucas Amado Cueto.

b<sub>3</sub>) *Rocas en las que se encuentra encajado el criadero múltiple de Cala.*

- Calizas magnesianas.
- Dolomitías.
- Areniscas cuartitosas.
- Esquistos epidóticos.
- Esquistos anfibólicos.
- Granitos (granito-diorita).
- Skarn.

Sería loable hacer un estudio de detalle de las rocas existentes en este complejo minero.

Referencia: D. Fernando Vázquez.

Publicaciones: (7).

Ayudas: Prof. D. Lucas Amado Cueto.

b<sub>4</sub>) *Información del criadero múltiple de Minas de Cala.*

Lo que se sabe de Minas de Cala actualmente:

1) Existe un criadero múltiple de menas magnéticas. Este criadero está en explotación actualmente con más de 600.000 toneladas de todo-uno anualmente.

2) Desde el punto de vista geológico el criadero total es múltiple.

3) Desde el punto de vista genético el criadero es múltiple accidental o sustancialmente.

4) El criadero múltiple consta en casi toda la corrida de tres paquetes de capas mineralizadas:

Son estas:

Capas Norte.

Capas Centrales.

Capas Meridionales o del Sur.

5) Existe un filón hidrotermal llamado el filón del Portugués que tiene bastante mayor corrida que la del criadero de menas magnéticas de Cala.

Bordea por el Norte a las capas Norte del criadero de menas magnéticas. El contenido de este filón del Portugués es principalmente de cuarzo, carbonatos y calcopirita.

6) Tanto el filón del Portugués como las capas Norte quedan cortadas por la intrusión limitada de una roca ígnea ácida de color rosado (Granito rosa). La aureola de metamorfismo de contacto (Skarn) perteneciente a esta intrusión no afecta sensiblemente a las capas centrales y menos a las meridionales.

7) La intrusión de rocas ácidas (rosadas) no se verificó según un plano, por el contrario, es ondulado a manera de champiñón.

8) En Minas de Cala existen dos clases de rocas ígneas ácidas. El granito porfídico, de feldespatos y plagioclasas rosados y la granodiorita granítica del batolito de Santa Olalla del Cala.

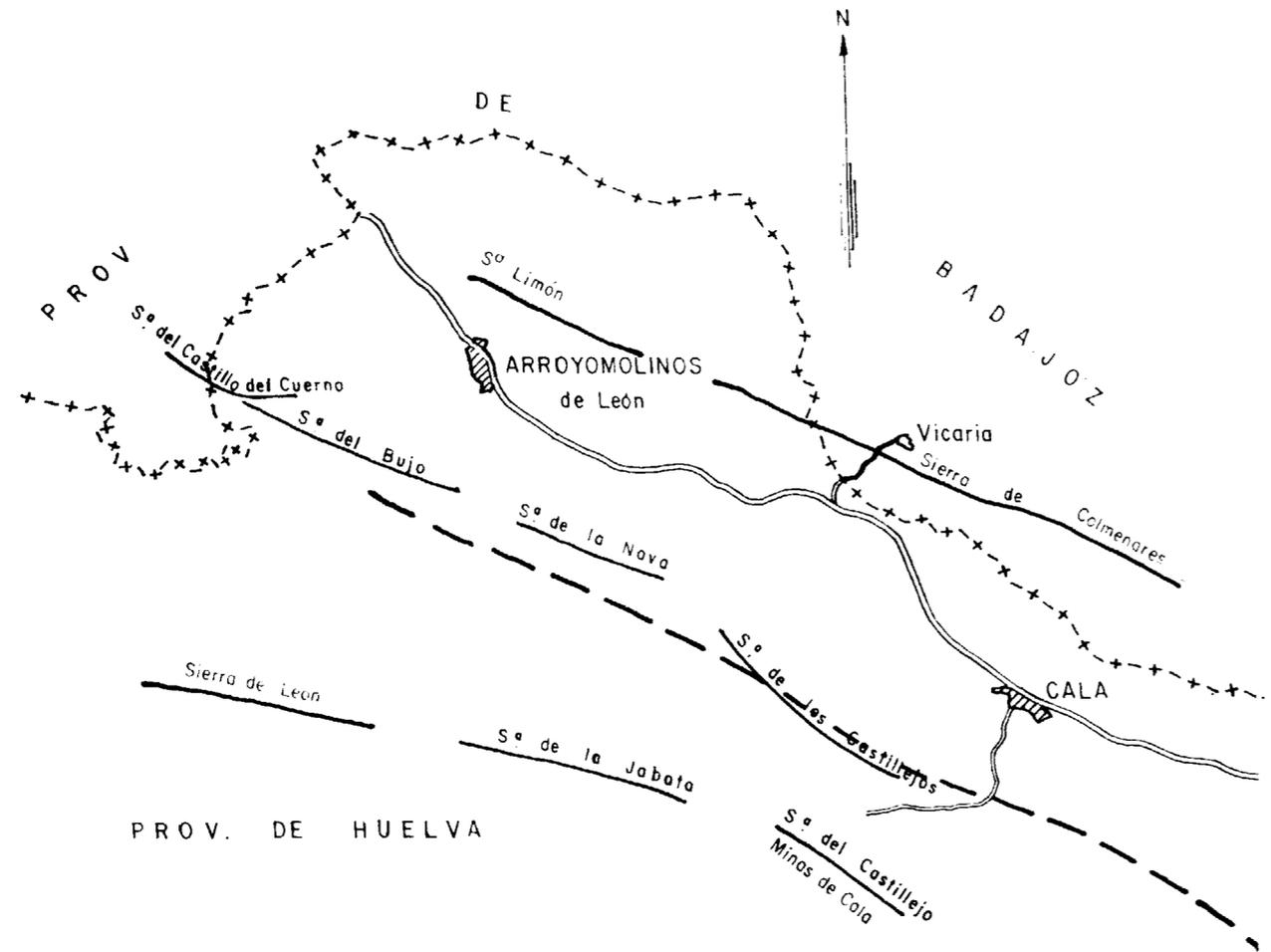
Al perforar el gran túnel de explotación, en dirección Norte Sur, se emboquilló en pizarras arcillo-

sas pardo amarillentas. Poco a poco se fueron éstas cargando de centros gérmenes de epidota (zoisita) verde y finalmente se cortaron rocas del tipo "skarn" en fajas muy estrechas. A continuación se inició la perforación del granito rosado porfídico.

Después de atravesarlo se atravesó una franja de

En casos el granito corta a las capas Norte y al filón del Portugués. En estos casos se observa gran limpieza de corte.

Cuando este granito intrusivo y cortante se tiene forma en dirección de la intrusión y del corte una aureola metamórfica de contacto, relativamen-



Plano 2

debilidad de roca descompuesta y enseguida se penetró dentro de la granodiorita granítica gris.

Posteriormente se cortaron esquistos, dolomías, esquistos y finalmente anchas capas de mena magnética pertenecientes a las capas septentrionales o Norte.

A medida que progresa la actividad minera en la gran corta (Corta San Manuel más Corta Mercedes) se observa que donde existe granito, éste desplaza al mineral hacia el Sur poniendo las capas Norte más cerca de las capas centrales.

te muy pequeña. Esto puede indicar que la presión y la temperatura de las masas intrusivas fueran más bien exiguas.

No se ha podido aún observar que la intrusión granítica haya penetrado dentro de las capas centrales a excepción de un par de emisarios graníticos como se señala en el croquis número 4. En éste se ha señalado las zonas metamórficas de contacto por medio de puntos o punteado.

La actividad del granito es, pues, físico-química. Física en cuanto dobla estratos y luego los rompe

y atraviesa y química en cuanto los metamorfiza, etcétera.

Otro ejemplo de la actividad física dinámica de estas rocas ígneas intrusivas en Minas de Cala constituye el macizo lenticular de ellas que existe a Levante del criadero actualmente conocido y que tuerce y doblega al filón del Portugués, a las capas Norte y a las capas centrales, obligándolas a realizar una doble rodilla, mientras que las capas meridionales siguen su rumbo sin distorsión aparente. Véase el croquis número 4.

La cita anterior de hechos que se pueden comprobar en el campo, indica que hubo intrusión de forma lenticular de rocas ígneas ácidas que sólo afloran como a kilómetro y medio de distancia. El rumbo de la intrusión tectónica es la de Este hacia Oeste. Presupone, como es natural, la existencia anterior del criadero de menas magnéticas.

9) Vamos a continuación a considerar más el mismo interior de la masa de rocas ígneas ácidas. Varios sondeos nos dan una información objetiva. A veces estos sondeos son verticales y otras son inclinados.

A partir del meridiano geográfico que pasa por el emplazamiento del sondeo número 1 no se encuentra, en los niveles actuales de la explotación a cielo abierto, roca ígnea intrusiva alguna y ya se llevan allí beneficiados los rabos de Poniente del criadero múltiple en una longitud de más de doscientos cincuenta metros. Ya han sido explotados más de un millón de toneladas de todo uno procedentes de allí.

La columna petrográfica de cada uno de los sondeos es sumamente aleccionador para conocer la verdadera génesis de estos criaderos complejos.

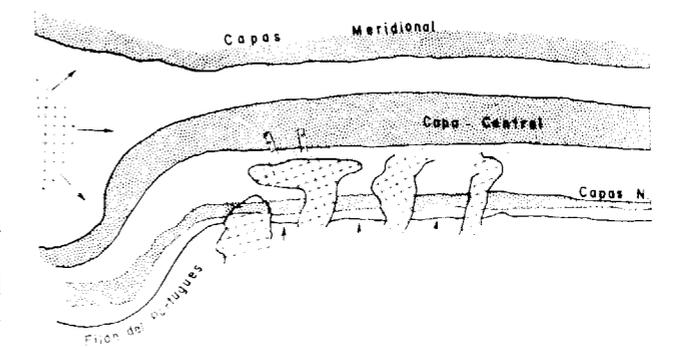
Estas columnas en general nos informan que después de atravesar una potencia de más de un centenar de metros de granito bien rosa o gris (granodiorita) aparecen esquistos del criadero (sólo en un sondeo cortó rocas carbonatadas, o sea calizas magnesianas). Debajo aparecen vetas de roca ígnea intrusiva. Luego esquistos, cortan estos sondeos a continuación diferentes capas potentes de mena mineralizada con características de las capas septentrionales o del Norte, separadas entre sí por los esquistos corrientes y finalmente se vuelve a cortar roca ígnea intrusiva. Generalmente se trata ya siempre de la granodiorita gris.

No parece que se le pueda dar otra explicación a este hecho repetido de que se trata de un gabbro. O lo que es lo mismo que la roca intrusiva du-

rante el período de intrusión englobó trozos muy apreciables del criadero preexistente y no pudo digerirlo y transformarlo por efecto de la disminución de fuerzas físico-químicas del conjunto intruyente (rocas ígneas ácidas).

El que se corten calizas dolomíticas o no, depende de la situación del sondeo. Estas calizas magnesianas corresponden a las capas del techo del conjunto del gran criadero complejo de Minas de Cala. Suelen ser rosadas. Están en contacto de la mena o muy cerca separadas por esquistos de las capas Norte.

10) Sondeos hechos con la intención de conocer la prolongación del criadero hacia Poniente, pusieron de manifiesto que el episodio estratigráfico pizarreno que acompaña al criadero había desaparecido y que en el horizonte estratigráfico donde de-



Croquis núm. 3

berían estar los estratos mineralizados, habían sido sustituidos por rocas carbonatadas más o menos impregnadas en mineralizaciones ferríferas.

11) Siguiendo estos horizontes portadores de mineralizaciones se pudo encontrar como a unos tres kilómetros de distancia en dirección Poniente en las lomas de la Sierra Javata nuevas mineralizaciones. La razón está en que las calizas de muro y techo del criadero de Cala se han vuelto a separar y episodios estratigráficos de pizarras esquistosas vuelven a mineralizarse. En la superficie de la segunda vaguada de esta Sierra de la Javata se encuentran fácilmente trozos de magnetita.

No se vuelve a cerrar las calizas de muro y techo hasta otros tres kilómetros de corrida.

12) El filón del "Portugués", con abundante cuarzo se puede observar en esta ladera fácilmente.

13) El desconocido criadero situado en la ladera Norte o Umbría de la Sierra de la Javata promete ser un criadero importante de magnetita.

c) *Otros criaderos actuales o potenciales.*

Hacemos a continuación una relación de posibilidades o de probabilidades de criaderos de esta provincia de Huelva, en que al igual que en el año 1965, al poner los sondeos de Cala, San Guillermo y La Bilbaína, dieron fruto superabundante. Pero en estos nuevos lugares no suelen existir ni afloramientos claros ni labores mineras anteriores. Por ello el riesgo es mucho más elevado. Pero hay que seguir investigando aún cuando se trate de criaderos ocultos.

1) Y en primer lugar citamos dentro de la concesión minera Honor de Miengo, *el paraje de la Javata*, del cual se acaba de hablar.

Constituye la prolongación occidental de la Sierra de los Castillejos y de la de Minas de Cala. La umbría de esta Sierra de la Javata presenta una serie de lomas originadas por erosión milenaria. A partir de la Rivera del Hierro, que atraviesa este sistema orográfico en dirección N-S, entre la primera y segunda loma se observan ya en la vaguada separatoria de ambas lomas pequeños trozos de magnetita. Estratigráficamente se puede ver que coincide este fenómeno con la separación en este perfil de las capas carbonatadas guías de techo y muro del gran criadero de Minas de Cala. Estas capas guías se ponen en contacto en la parte occidental de la loma de las Minas de Cala y no se vuelven a abrir en dirección Oeste hasta este perfil N-S de la Sierra de la Javata. Al abrirse y separarse estas capas guías de techo y muro aparecen materiales hoy esquistosos que encierran mineralizaciones de hierro y de magnetita en concreto. Juzgamos, pues, de que se trata de una réplica de las mineralizaciones de Minas de Cala, ya anunciada hace años (1) al pedir se hiciese en Cala un estudio detallado estratigráfico, que por desgracia aún no ha sido realizado.

También aflora allí el filón hidrotermal de cuarzo llamado del "Portugués". Dentro del probable criadero y hacia Occidente parece que debe cruzar dicho filón algunos tramos de las capas del criadero.

Referencias verbales:

Dr. Ing. Fernando Fernández Vial.  
Dr. Ing. José Toledo.  
Ing. Miguel Márquez.  
Ing. Benjamín Calvo.

2) En segundo lugar citamos, también dentro de la concesión Honor de Miengo, *el Coto Teuler*. Se encuentra a unos 7 kilómetros en dirección ENE de Minas de Cala.

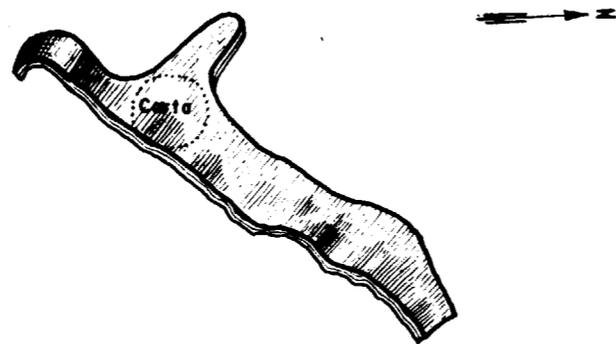
Pertenece estratigráficamente hablando a una corrida paralela a la de Minas de Cala. Tiene las mismas características que las menas de Cala. La calcopirita es posterior al criadero de magnetita-pirita. Pero al menos la temperatura es superior.

No hemos podido encontrar hasta ahora wollastonita, pero abundan las escapolitas y prevalecen en las fracturas de la mena, grandes cantidades de antigorita-serpentina-crisotillo, a pesar de no existir en las cercanías rocas básicas conocidas hasta ahora.

Además existen concentraciones de minerales radiactivos más bien exiguas, según el profesor doctor M. Arribas.

Merece también hacer resaltar cierta preponderancia del aragonito sobre la calcita.

El criadero en sí no es otra cosa al parecer que una lámina más bien delgada de mena magnética compleja que buza suavemente al Norte. El extremo Sur de esta lámina buza al Sur resultando una hoja algo doblada en su extremo Sur. Tiene una protuberancia hacia el Oeste, precisamente donde se han practicado las labores mineras. En uno de los pilares a la derecha el tercero o quinto existe una pequeña concentración radiactiva (croquis número 4).



Croquis núm. 4

En su aspecto de laboreo aparecen en la actualidad todos los trabajos realizados en mineral. Por ello dan la impresión de tratarse de un gran criadero. Quizá sea el único criadero que conozca que aparente tanto. Los sondeos efectuados empero dan buena cuenta de su magnitud, así como el estudio inicial magnetométrico.

Referencias. Publicaciones: Prof. Dr. Arribas.

Comunicaciones verbales:

Dr. Ing. Frco. Esteban Santiesteban.  
Prof. Dr. Fernando Vázquez.  
Ing. D. Miguel Márquez.

3) Dentro del coto minero Honor de Miengo, citamos en tercer lugar el coto minero *Fernando V.* Se ubica próximo y a Poniente del anterior y se extiende hasta cerca del kilómetro 7 de la carretera de Santa Olalla del Cala a Badajoz por el Norte y hasta casi 2 Km. de distancia del de Cala, por el Poniente.

Se trata de un conjunto múltiple de capas próximas en forma de pirámide, cuyo vértice se encuentra cerca del kilómetro 7 de la carretera de referencia. Al Sur está limitada por la sierra que allí se encuentra, y que está al Sur del coto Teuler.

Estas mineralizaciones no parecen aflorar en ninguna parte. Por ello será más difícil encontrarlas, y sólo podemos fiarnos por datos geofísicos.

Por su extensión y mineralizaciones probables es bastante importante.

En la actualidad y en el extremo Levante se han puesto dos sondeos. Estos han cortado tan sólo rocas de tipo "skarn", que no afloran. Persiste claramente el interés minero (plano núm. 2).

4) Al Oeste del meridiano de Cala, por orden de fracturas tectónicas, de las que hablaremos en el próximo apartado citamos por orden de situación, en dirección de Sur a Norte.

4<sub>1</sub>) Prolongación de minas de Cala-La Javata. Conjunto de sierras. Al Oeste no se observa, en la realidad topográfica del campo, la continuación estratigráfica, ya que parte del terreno cámbrico está recubierto por terrenos posteriores (ordoviciense-silúrico).

4<sub>2</sub>) Prolongación del coto Teuler y coto Fernando V. Marcadas en la superficie real como en los planos topográficos por los accidentes denominados sierras del Ruar y del Bujo. Se encuentran estas sierras muy próximas y al Sur del pueblo de Arroyomolinos.

Las prolongaciones de estas sierras se adentran algo en la provincia, colindante, de Badajoz.

4<sub>3</sub>) Prolongación de la alineación Sultana-La Vicaria. Representado en el plano topográfico de la región 1:50.000 y a la altura de Arroyomolinos existe un conjunto de sierras que tienen interés minero

que merecen también un estudio detallado. Siempre tenemos que tener en cuenta que la orografía externa superficial es una función algo compleja en la que interviene ciertamente el contenido de los estratos afectados, pero no suelen ser ellos determinativos en la Sierra Morena, que yo conozco.

5) Acabamos de hablar de un sistema de fracturas. Estas son tectónicas y han servido para el paso de soluciones hidrotermales. Los constituyentes principales fueron el cuarzo, carbonatos en general (calcita, aragonito, ankeritas, dolomitosos) y el componente metálico, principalísimo, que es la calcopirita. Accesoriamente contiene pirita, y en ella, marcasita. Por lo poco que se conocen estos sistemas de fracturas, pues sólo han sido objeto de somero estudio, no se puede aventurar una descripción objetiva clara y precisa. Pero, sin embargo, en determinados lugares, el cuarzo de estas fracturas es aurífero.

Estas tres fracturas, más o menos lineales, son, desde el punto de vista minero, los lugares geométricos mineros más importantes del norte de la provincia de Huelva.

#### IV. 3.—DATOS DE LA PROVINIA DE SEVILLA

Se conocen bastantes criaderos en esta provincia de menas magnéticas en el dominio de la Sierra Morena, que no están en explotación intensiva ninguna de ellas. Quizá sea debido a falta de un reposado estudio de ellas.

Nosotros mismos reconocemos este fallo. De las que hemos visitado llama la atención singularmente los criaderos de menas magnéticas, contenidos dentro del término municipal de El Pedroso y, especialmente, los criaderos asociados al accidente topográfico actual, denominado Sierra del Pedroso.

a) *Generalidades relacionadas con los criaderos de menas magnéticas sevillanas.*

Existen numerosos criaderos de menas magnéticas, más o menos conocidos. Estudiados a fondo, no hay ninguno de los ubicados en las serranías y sierras sevillanas comprendidas dentro del sistema orográfico de la Sierra Morena. Dentro de este conjunto destacan, sin género de duda y desde el pun-

to de vista genético, los criaderos ubicados en la Sierra de El Pedroso.

Es verdad que se ha explotado la mina San Manuel y la de Navalázaro, en el rellano de Levante y a unos 2 Km. de la Sierra propiamente dicha y a Levante de ella. El mineral era muy bueno, pero su cantidad exigua.

Sin poderlo dudar, están relacionados estos criaderos, en su aspecto genético, con los criaderos existentes en la misma Sierra de El Pedroso. Y lo importante de esta investigación demuestra a las claras que los referidos criaderos de San Manuel y de Navalázaro enseñan muestras inequívocas de metamorfismo de contacto, mientras que los criaderos, actualmente conocidos en la Sierra en su relación fundamental con las rocas encajantes no muestran especies minerales metamórficas de contacto. Está, pues, muy claro que las mineralizaciones magnéticas para su formación no necesitan, en la Sierra Morena, haber estado sometidas a las condiciones de presión, temperatura y demás condiciones físico-químicas que acompañan a una metamorfosis de contacto.

El que cerca de ellas exista granito es tan sólo un accidente, que no ejerce influjo en el resultado de la génesis.

Todo ello quedará más aclarado en el capítulo dedicado a la génesis de estos criaderos.

Como, por otra parte, estos criaderos de la Sierra de El Pedroso no han sido estudiados por nosotros con la detención que se merecen, hay que esperar a que se hagan estudios serios de ellos para obtener información nueva y fehaciente que cimiente el juicio genético definitivo de estos criaderos.

Pero, con los datos e información de que disponemos en estos momentos, estimamos como muy probable la génesis inicial SEDIMENTARIA EXHALATIVA SUMBARINA, al igual que sucedió doscientos millones de años después y a unos 70 kilómetros al Sur con las piritas del Suroeste, en tiempos del devónico y por efecto de la orogénesis herciniana (fase bretónica).

Esta es la importancia tan grande que encierran los criaderos de la Sierra de El Pedroso en plena Sierra Morena.

b) *Criaderos de la Sierra de El Pedroso* (cámbrico inferior).

b<sub>1</sub>) *Elementos químicos presentes en las menas.*

CUADRO NUM. 5

*Composición elemental química de las menas de los criaderos de la Sierra de El Pedroso*

H	Cu
Be (i)	Ga (i)
C	As (i)
O	Sr
F (i)	Zr
Na (i)	Mo (i)
Mg	Ag (i)
K (i)	Sn
Ca	Ba
Ti	Au
V (i)	
Cr	
Mn	
Fe	
Co (i)	
Ni (i)	

Prácticamente son los mismos elementos químicos. Parece tan sólo variar la proporción. Para deducir más consecuencias habría que realizar una campaña sobre muestras representativas de todos los criaderos y efectuada por un laboratorio, en el cual se deposite toda la confianza que merece tal estudio. De lo contrario, es mejor abstenerse.

Referencias:

Ayudas:

Prof. Dr. Benjamín Alpanseque.

b<sub>2</sub>) *Contenido en especies minerales de las menas ferríferas.*

CUADRO NUM. 6

*Contenido en especies minerales de la mena ferrífera (Mena-Roca encajante)*

Pirita.	Calcita.
Marcasita.	Dolomia.
Pirrotita (ind.).	Azurita.
Calcopirita.	Malaquita.
Covelina.	Barita.
Cuarzo.	Fluorita.
Magnetita.	Anfíboles (tremolita).
Hematites roja.	Cloritas.
Hematites parda.	Illita.
Goethita.	
Limonita.	
Maghematita.	
Siderosa.	
Anqueritas.	

Notable es la falta de minerales silicatados de los llamados de metamorfismo de contacto. Muchas otras facetas genéticas quedan al descubierto a causa de las ausencias en esta lista. Dejamos todo esto para trabajos subsiguientes.

b<sub>3</sub>) *Rocas en las que se encuentran encajados los criaderos de la Sierra de El Pedroso.*

Calizas magnesianas.  
Calizas dolomíticas biohermales.  
Dolomias.  
Pizarras.  
Areniscas.

Publicaciones: (7).

Referencias verbales:

Prof. Dr. Fernando Vázquez.

Ing. D. Lucas Amado Cueto.

b<sub>4</sub>) *Información existente de los criaderos de la Sierra de El Pedroso.*

Se sabe que:

1.º Constituye en la actualidad una Sierra de unos 6 Km. y medio de longitud por unos 2 Km. de ancho por término medio y orientada, aproximadamente, en rumbo NW-SE.

Es un sinclinorio, al parecer, y separado a manera de testigo de los terrenos que le circundan, a pesar de que parezca como elemento límite entre la serranía que la ampara por el Norte frente a las llanuras alomadas de El Pedroso, que la limitan por el Sur y Levante.

2.º La edad geológica de los estratos interesados en la constitución de la referida Sierra es esencialmente cámbrica inferior (3).

3.º Más o menos paralelamente al eje de la Sierra se encuentran no desdeñables afloramientos de rocas de origen volcánico interestratificadas básicas y ácidas anteriormente clasificadas por rocas intrusivas (2).

4.º Existen también rocas intrusivas más bien básicas. De esta coexistencia de rocas volcánicas sedimentarias y rocas volcánicas intrusivas hay amplias discusiones, por ejemplo, en el Suroeste de España (devónico). Trataremos de responder a esta dificultad cuando se hable de la génesis, y esperamos que se acepte la solución objetiva.

5.º A uno y otro lado eje de la referida Sierra existen depósitos de pirita masiva en lechos o capas voluminosas interestratificadas de características idénticas a las de una porción de criaderos devónicos de la provincia de Huelva central (por ejemplo de la mina de La Concepción). Esta pirita de la mina citada tiene origen exhalativo submarina, devónica.

En el extremo Norte de la rama septentrional de la Sierra de El Pedroso (mina Juan Teniente) fueron cortadas varias de estas capas por medio de socavones aún existentes y visitables. Se hicieron también cruceros a los socavones. Aquéllos siguen la dirección de las capas de pirita más o menos espolvoreada de magnetita.

En la rama meridional de las mineralizaciones metálicas (mina Londres, "mina Nueva") también fueron descubiertas mineralizaciones de pirita con mezcla de magnetita y pura por dos series separada unos 200 m. de tres sondeos cada serie. Los lechos de pirita son más potentes.

Más al Sur y casi al final de la solana de la Sierra se cortaron mineralizaciones de óxidos e hidróxidos exiguos ferríferos.

6.º La pirita masiva puesta al descubierto por las labores mineras y por la campaña de sondeos se puede clasificar de las siguientes maneras: como pirita económicamente pura, pero generalmente con exceso de hierro por la magnetita espolvoreada o en fajas rítmicas que contiene (muy parecida, por no decir idéntica, a la de la mina La Concepción, de la provincia de Huelva).

Esta pirita masiva contiene tan sólo indicios de cobalto y de níquel. Su contenido en cobre no suele exceder normalmente el 0,30 por 100. Se trata, pues, de piritas hoy no económicamente explotables. Tan sólo donde secundariamente está enriquecida en calcopirita hidrotermal acompañada de carbonatos, a veces con barita y raras veces con fluorita podría tener valor por el cobre contenido.

Por ello podremos decir que la pirita no es explotable desde el punto de vista económico, aún siendo apreciable el volumen estimada de ella.

7.º La magnetita, formando criadero independiente (mina Juan Teniente, mina La Lima, en profundidad y otras) o formando impregnaciones, por ejemplo, en la mina misma Juan Teniente, intercaldada entre pizarras o contenida en la pirita, no parece ser explotable. Hay, sin embargo, francamente, grandes cantidades de magnetita, pero diseminada.

Insistimos en el aspecto económico de la cuestión: Existe un desnivel entre la parte más alta de la Sierra y el llano, que se cifra en unos 300 m. Pero la magnetita se cortó en los sondeos de la mina La Lima (que corresponde a esta cima de la Sierra, por debajo de los 180 m.). Sin embargo, en la mina Juan Teniente, de esta Sierra, aflora en asomos de poca potencia, mineramente considerados.

Por todo ello afirmamos que existen bastante cantidad de magnetita repartidos por toda la Sierra, tanto en forma masiva como diseminada. Haría falta una red tupida de sondeos para poder juzgar de la viabilidad de la explotación y ulterior beneficio de la magnetita de esta Sierra.

8.º Especialmente en la mina Colosal, en el extremo NE de esta Sierra, existen dos capas de hematites, roja y parda, casi verticales. El problema de la concentración de la mena hace muy improbable su explotación.

9.º La existencia de calcopirita hidrotermal en esta Sierra está fuera de duda. Basta para comprobarlo estudiar algunas probetas pulidas de magnetita y de pirita, procedentes de determinados lugares.

Además, alguno de los sondeos realizados en la mina Colosal, hacia el extremo SE de la Sierra, cortó cerca de los 200 m. de profundidad una capa de roca carbonatada, con manchones de calcopirita. El contenido medio, sin embargo, no llegaba a superar el 1 por 100 de cobre metálico.

Referencias:

Publicación: (8).

Prof. Dr. Fernando Vázquez.

Ing. Lucas Amado Cueto.

Verbal:

Dr. Ing. J. Fernández Becerril (mina La Concepción).

Dr. Ing. Pedro García Salinas (mina La Concepción).

Ing. Alejandro Sánchez Rodríguez.

Ing. Miguel Márquez.

## V. CRITERIOS EN CIENCIAS NATURALES.

Tratándose de aplicar las Ciencias Naturales a un objeto material natural, es completamente necesario conocer y aplicar rigurosamente toda la metodología que le es propia.

Sería muy largo explicarla con detalle. Vamos a escoger tan sólo algunas reglas generales más sobresalientes.

1.º En este sentido podemos proponer como primera regla o norma vigente en ciencias naturales la siguiente: No se le puede imponer un objeto material natural, que se quiere estudiar, criterio subjetivo alguno.

Hay que someterle a ese objeto material natural a pruebas, análisis, experimentos, etc., y comparar los resultados obtenidos. Estos, en verdad, constituyen la llave de oro que abre el arcano de los entes materiales naturales.

Pero esta investigación se ha de realizar en forma ordenada. Y hay que saber la eficacia que tal o cual ensayo aporta al conocimiento del fenómeno natural material estudiado. Así, por ejemplo, cuando me entregan una muestra mineral natural, lo primero que hay que hacer es conocer la lista de elementos químicos presentes en la muestra. Si la muestra es un bisulfato de hierro en su forma polimorfa de pirita de hierro, tengo que conocer su contenido en hierro y azufre. Pero, además, debo de conocer la cantidad y calidad de otros elementos accesorios, como pueden ser el cobre, el cinc, el plomo, el arsénico, el mercurio, el selenio, el telurio, el oro, la plata, etc.

Es evidente que una persona investigadora tiene que llevar consigo a un equipo de especialistas, y éstos tienen que ser fiables; es decir, tienen que hacer las cosas bien humanamente. No al poco más o menos. En caso contrario, sobra la investigación, y nos podríamos dedicar a cultivar la poesía o la filosofía de la vida.

Un especialista en esta materia es el único científico que podrá emitir un juicio acertado acerca del conjunto de resultados obtenidos al estudiar y comparar los entre sí.

El resultado final se basa o funda en darle a los resultados parciales valoraciones acertadas de concordancia, en el conjunto de datos objetivos logrados, al someter a ese ente material natural a diversas pruebas o análisis aislados parciales.

2.º La segunda norma o regla indica que no todo el mundo está capacitado para emitir un juicio correcto final. Ello es debido a que es completamente necesario poseer y dominar unos principios o conocimientos profundos de la materia a la que pertenecen las muestras enjuiciables sometidas a pruebas científicas. Por ejemplo, se dice que don-

de existen rocas de paragénesis del tipo de "skarn" existen, muy cercanas, rocas ígneas intrusivas.

En el Congreso de Sulfuros Masivos, tenido en Madrid del 25 de mayo al 2 de junio de 1971, el profesor italiano doctor Piero Zuffardi expuso cómo se han encontrado en la región alpina lentejones muy apreciables de rocas del mismo tipo de "skarn", estando ausentes las rocas ígneas.

Y es que la cristalografía nos enseña que las especies minerales imbricadas en las zonas de tipo "skarn" se forman en recintos corticales, donde la presión y temperatura y demás condiciones son las apropiadas para su génesis y formación. Así se forman especies minerales de la familia de la epidota, de la familia de los anfíboles, de la familia de los granates y minerales oxidados (magnetita, por ejemplo) y sulfuros (pirita, por ejemplo).

Así, pues, el metamorfismo regional, con o sin aporte de sustancias, ha sido suficiente para formar especies minerales consideradas con exclusivas de la metamorfosis de contacto.

3.º Consecuencia de la regla general anterior, se deduce que las listas paragenéticas de especies minerales que deben caracterizar el metamorfismo regional y el de contacto pueden ser utilizadas con muchísimo cuidado y sólo tienen validez después de haber estudiado profundamente una región y sus criaderos minerales. De lo contrario se expone el autor o científico a equivocarse.

Asimismo, al estudiar las paragénesis de un criadero, es fundamental saber de antemano si la paragénesis que presenta en la actualidad el criadero responde verdaderamente a la paragénesis inicial o, por el contrario, representa tan sólo una paragénesis última, impuesta al criadero inicial.

Por desgracia, esto suele suceder con cierta frecuencia.

4.º En cuarto lugar, afirmamos que en ciencias naturales no se admite la autoridad sin comprobación. Un ejemplo fijará al ámbito de lo dicho. Hace más de treinta años, un sabio inglés, volviendo de visitar los criaderos de pirita de Tasmania (Mt. Lyell y Chester), tenidos como ejemplos de procesos de reemplazamiento de rocas silicatadas por procesos hidrotermales, visitó Río Tinto. A los dos días de visita a los criaderos de Río Tinto, se llevó tres muestras, de regreso a Inglaterra. Pocos meses después, apareció publicado un trabajo de investigación, firmado por él, en el que demostraba (al menos lo pretendía) igual origen que los criaderos de Tasmania. Puede ser que tengan igual ori-

gen, pero el origen de los lentejones masivos de pirita de Río Tinto no tienen el origen genético que les asignó dicho sabio. Con tres muestras estudiadas, no es de extrañar.

5.º En conexión con la norma anterior, exponemos la quinta norma. Las transformaciones dentro del campo de las Ciencias Naturales se atienen a reglas o normas generales lógicas, para nuestro actual estado de conocimiento de ellas, y esto una vez establecidas las leyes generales de transformaciones conocidas hasta el presente.

Todo fenómeno, por pequeño que aparentemente sea, tiene su razón de ser, aunque se escapa esta causa al investigador de nuestros días; por defecto, claro está, de ese investigador.

Por ahora nos conformamos con estudiar muchos objetos materiales naturales para ver características coincidentes; es decir, buscamos el denominador común y manifestaciones iguales o parecidas. De ellas deducimos, por separación, las características locales de algún objeto material natural. Tenemos, pues, a nuestra disposición bastantes entes materiales naturales sobre los que podemos insistir en nuestras observaciones e investigaciones en general. Y así no es muy difícil obtener una información objetiva suficiente para aproximarse a la verdad objetiva del o de los objetos materiales naturales que queremos estudiar.

En síntesis, hay que estudiar muchos objetos materiales naturales, buscar factores comunes esenciales a ellos y estudiar la razón de ser de los factores diferenciativos.

Aplicada esta norma a criaderos minerales, es fundamental estudiar un bloque cortical, al menos de centenares de kilómetros cuadrados. En nuestro caso, pertenecientes a Sierra Morena. Esto es lo que hemos realizado buscando objetos naturales materiales, homogéneos esencialmente

Los datos e información así obtenidos fundamentarán la resolución razonable y normal de la cuestión propuesta.

Pongamos un ejemplo (14) bastante frecuente en Ciencias Naturales. Se ha encontrado un yacimiento de cristales de una especie mineral que al parecer es cuarzo. Pero morfológicamente considerado presenta formas combinadas de un prisma exagonal rematado en sendas bases por pirámides exagonales. Su aparente simetría es claramente exagonal y no trigonal como le corresponde al cuarzo.

Este y otro problema que enunciaremos tan sólo

en seguida, radican en la diferente velocidad de crecimientos que poseen las distintas caras del cuarzo. Las caras que atañen a nuestro problema son las siguientes:

- m* prismas exagonal ( $10\bar{1}0$ ).
- r* romboedro positivo ( $10\bar{1}1$ ).
- z* romboedro negativo ( $01\bar{1}1$ ).
- s* bipirámide trigonal ( $11\bar{2}1$ ).
- x* trapezoedro trigonal ( $51\bar{6}1$ ).

Cuando las caras *m*, *r*, *z* del cuarzo están en un medio apto para desarrollarse convenientemente no le dan tiempo a las caras hemidricas *s* y *x* para su desarrollo y aparece un cristal con mucha más simetría que la que contiene la celdilla elemental cristalográfica.

Es relativamente frecuente que en cristales de cuarzo no existe la cara *x*. Más raro es que no existan las dos, pero de hecho se da en algunos yacimiento.

En estos casos hay que acudir a la difracción del polvo de ese cristal mediante los rayos X. Y el problema queda resuelto y se expone la razón o causa del fenómeno observado. Esto pasa muy frecuentemente en el estudio de criaderos de minerales, y especialmente si se considera la paragenesis de minerales actuales como único fenómeno natural indicador genético, al no tener en cuenta "das Dasein" germánico del criadero en el espacio geológico temporal.

Volvamos nuevamente a considerar el bloque cortical mínimo, ya que en consideraciones geológicas (no mineralógicas ni petrográficas) no podemos echar mano de los rayos X, al menos por ahora.

El estudio genético de un criadero necesariamente debe radicar en el bloque de corteza terrestre donde está ubicado. La relación *mena-roca* es esencial y la historia geológica del bloque cortical sirve para conocer el del criadero insertándose convenientemente en ella. Pero esta historia del bloque cortical ha de hacerse objetivamente poniendo todos los múltiples medios de investigación a disposición de investigadores competentes. De lo contrario se pierde el tiempo y la inversión.

Por otra parte para conocer a fondo un bloque cortical terrestre es necesario dimensionarlo convenientemente. La extensión de España (Europa) no es demasiado grande comparada con la de otros continentes Asia, Africa o América. Sin embargo, podemos considerar como unidad de bloque cor-

tical terrestre la medida de 10 por 100 kilómetros. Dentro de esta medida unidad, a veces muy ampliada se han verificado procesos geológicos muy similares por no decir idénticos, en épocas simultáneas o sucesivas.

Claro que en determinados lugares de la corteza terrestre esta unidad es demasiado grande. Existen fenómenos locales más reducidos. Recordemos aquí la región del Vesubio (Italia). Pero aún en estos casos la dirección de fracturas corticales, etc., sólo son perceptibles a mayor escala que la local.

Las tres áreas que estudiábamos hace cinco años, están localizadas en las provincias geopolíticas administrativas de Badajoz, Huelva y de Sevilla. Pero los criaderos todos ellos se localizan en la Sierra Morena y además dentro de estratos cámbricos. Todos ellos están así afectados por los procesos que originaron la actual Sierra Morena que señala un jalón geológico y mineralogenético en la provincia metalogenética más importante, al menos de Europa.

Esta región en sentido de su alargamiento NW-SE impuesto por los estratos geológicos mide más de 120 kilómetros en longitud. Así podemos estimar que al menos en longitud puede ser considerado como una unidad cortical base de estudio somero inicial.

En séptimo y último lugar conviene exponer un defecto que nos arrastra insensiblemente. Es la proyección del tiempo en épocas geológicas. El hombre por término medio vive ochenta años, calculando la media por alto. Se ha calculado veinticinco mil años de duración de continuidad de procesos sedimentarios para originar un metro de potencia de pizarras en el período cretácico de la Tierra. Por otra parte el Cámbrico inferior dista de nosotros quinientos cincuenta millones de años. Han tenido que soportar estos estratos tres orogenias: La Caledoniana, la Herciniana y la Alpina. Aún cuando apartemos la última a causa de "craton consolidado" (escudo galaico-astur-leonés-castellano-extremeño) quedan dos importantes orogenias. De las cuales sólo se suele hablar de la herciniana o varísica, pero que en terrenos silúricos-orodviensenses y cámbricos hay que tener la orogenia caledoniana muy en cuenta. Y esto primordialmente por estar frente al bloque africano que empuja de Sur a Norte.

Insistimos: La orogenia caledoniana hay que tenerla muy en cuenta, aún cuando la herciniana la vemos más de cerca porque sus efectos los vemos

con mayor claridad y nos entre más por los ojos y sea más fácil encontrar la causa.

En octavo y último lugar hay que desechar de entrada un "Deus ex machina" en Ciencias Naturales a no ser que no exista otra causa posible de génesis. Así debemos desechar que el granito intrusivo concentre elementos químicos dispersos para originar la materia prima de un criadero.

Otra cosa es que las presiones tectónicas concentren especies minerales plásticas (por decirlo así) como la galena y la hagan viajar a lo largo de fracturas, poros, etc.

El granito intrusivo no es una fábrica concentradora selectiva de elementos químicos. (Estudio de equilibrio químico en siderurgia). Especialmente de óxidos en lechos silicatados no saturados.

## VI.—GENESIS.

El problema básico o fundamental en todo estudio genético de un criadero, se centra en la reconstrucción objetiva y veraz del proceso físico-químico que ha tenido lugar en la corteza terrestre. Este proceso a veces sencillo puede tener gran complejidad especialmente cuando el resultado final es una suma de procesos sucesivos o solapados que han actuado parcial o totalmente sobre el material primitivo. Determinar este material primitivo a veces es notablemente difícil, pero hay que poner los medios de los que se disponen hoy en día para acercarse a la verdad lo más que se pueda.

A conseguir esta finalidad ayudará sin duda como condición "sine qua non" el estudiar muchas, muchísimas probetas pulidas y transparentes de mena y roca encajante, análisis variados (químicos, espectrales, estructurales, físicos simples y compuestos, etcétera) y a veces aún tomando el trabajo de campo como punto de apoyo no se logra descifrar el enigma. Quedan aún demasiadas variables que no entran a formar parte del sistema de nuestras ecuaciones. Pidamos entonces a otros que nos ayuden a descifrar el jeroglífico. A veces este método suele conducir a solucionar el problema. Otras no y no queda más remedio que tomar más muestras y experimentar con ellas hasta que la Naturaleza nos ofrezca nueva información.

En nuestro caso hemos tenido información de tres centros de acción situados a prudente distancia

el uno del otro de suerte que pueden actuar fenómenos locales con entera libertad de no influenciarse mutuamente.

Recordemos las dos teorías más corrientes acerca de esta clase de criaderos.

*Teoría primera.*—Origen inicial sedimentario "in situ". Transformaciones posteriores más o menos intensas, acciones hidrotermales, posteriormente metamorfosis regional y metamorfosis de contacto destruyendo parte del criadero primitivo.

*Teoría segunda.*—Origen inicial y final por metamorfosis de contacto bien por la existencia de un óxido-magma-flemonar, bien con concentración de la acción neumatólica de materiales químicos muy dispersos en las rocas carbonatas encajantes bien por otra acción neumatólica imaginable.

Pasemos, pues, ya al capítulo de discusión de los datos experimentales tanto los obtenidos en el campo como los conseguidos en el laboratorio.

## VII.—DISCUSION DE DATOS EXPERIMENTALES DE INFORMACION.

Parece lógico ir discutiendo los datos de los criaderos de cada centro de acción situado en las provincias de Badajoz, Huelva y Sevilla, respectivamente. A continuación se puede cotejar los resultados ya que pueden resultar complementarios.

Y es racional pensar así pues todos esos criaderos pertenecen a una misma época de formación de criaderos de menas de hierro. Al menos lo atestiguan las rocas encajantes. Puede, naturalmente, haber cierta discusión acerca de la edad de estas rocas. Pero con los medios actuales y la información de que disponemos tenemos que suponer la misma edad cambriana inferior. En El Pedroso (Sevilla) y en Minas de Cala (Huelva) no puede haber mucha discusión, pero en el coto San Guillermo (Badajoz) dado que las rocas han sufrido una metamorfosis apreciable, aunque no muy intensa, excepto en el mismo anticlinal, podría afrontarse una discusión hasta que se haga un estudio geológico de detalle.

Cada uno de los puntos de discusión aquí señalados deberán ser objeto de un estudio más profundo.

Recordemos que en Mineralogía y Petrografía sin datos de Laboratorio y de campo correctos nada se puede hacer.

A) DATOS DE LA PROVINCIA DE BADAJOZ  
(Discusión).

COTO MINERO DE SAN GUILLERMO:

a) Laboratorio.

1) El que tanto las tierras ítricas como las céricas aparezcan esporádicamente es probable debido a la distribución no homogénea de la allanita.

Así la allanita no es abundante y debe estar muy localizada y en pequeña proporción. De lo contrario en los análisis químicos sistemáticos mensuales aparecerían las tierras raras, y no salen normalmente.

2) Juzgamos que el Sn y el Ga y el Be se encuentran en las rocas encajantes.

Asimismo lo afirmamos del Cr, Co, Ni y Mo. La razón es clara. Los concentrados de magnetita así lo indican y lo confirman los análisis de los estériles de la explotación minera.

3) El Mn pasa casi íntegro el concentrado de magnetita.

4) Parece que los indicios de Ag y Au se encuentran generalmente en la roca. Quizá en vetas hidrotermales con S, As o el Cu la Ag mientras que el oro puede venir en la roca o en vetitas de cuarzo o en la pirita.

5) Entre los anfíboles predomina la estructura cristalina de la tremolita en la mayoría de los casos estudiados. Sería de desear seguir estudiando este problema más detenidamente (8). Es muy importante por la presencia nociva de anfíboles alcalinos.

6) La existencia aunque localizada de biotita puede referirse a haber sido originada por metamorfosis regional (11).

7) Escapolitas han sido vistas tan sólo en una preparación transparente.

8) En las muestras de rocas del anticlinal asimétrico no es fácil distinguir lo que es granito real y granito virtual o roca metamórfica. Aquí lo único que señalamos es que las muestras difractadas por rayos X, a veces, indican la diferenciación de plagioclasas o feldespatos de alta o baja temperatura. Luego existen dos estructuras y dos condiciones fisicoquímicas de formación (orto y paraganito).

9) Creemos que se encontrarán entre las cloritas además de la chamosita y de la thuringita alguna más.

10) Con referencia a las rocas y su recta clasi-

ficación aún hay bastante que investigar. Uno de los problemas, de momento bastante arduo es designarle a cada roca su origen. Nos referimos entre otros en concreto a los neises. ¿Son ciertamente debido a metamorfosis regional únicamente?

11) La cordierita indica la temperatura relativa y baja presión relativa (9) al igual que la ausencia de la wollastonita.

Como fácilmente se infiere de lo dicho existen más de estas once cuestiones por discutir. Cada una de ellas debería ser objeto de monografías para dar explicación de lo que se afirma, por ser un fenómeno natural y por otra parte aclarar conceptos de clasificación de especies minerales y por ende de rocas, en el sentido de que lo que verdaderamente clasifica es la estructura cristalina (8). Hay que acostumbrarse a ir a la raíz última de los problemas. De lo contrario perdemos el tiempo.

b) Campo.

De la información dada y del esquema-croquis número 1 se deduce que existen tres capas mineralizadas y que éstas se conforman a horizontes a petrográficos determinados (rocas carbonatadas en horizontes sedimentarios estratigráficos concretos).

Son las capas I, II, III. La capa I la más antigua es constante así como su guía de roca carbonatada. Es la de mayor longitud (unos 10 kilómetros). Se adapta a la configuración estratigráfica perfectamente (al anticlinal asimétrico). Su composición es bastante silíceo y piritosa. Sólo se pudo beneficiar al concentrar la mena. El producto obtenido es óptimo. (Término medio da un 63 % de Fe.)

La capa II es más discontinua especialmente en la rama oriental del anticlinal. En la rama occidental presenta bastante circunscipciones donde ha sido explotada y está proyectado explotarla al máximo. La mena es más rica y tiene la mitad de residuo insoluble que la capa I. En la corta antigua y en las labores subterráneas asociadas se sacaron de esta capa y de la III más de 600.000 toneladas vendibles de grueso con contenido en hierro del 57 % de Fe. Su corrida de unos 3 kilómetros es visible en el croquis. Los ensanchamientos y estrechamientos en este croquis, debe ser debido al cambio de buzamiento. El croquis está basado en datos geofísicos y reales.

También en la rama oriental han sido sondeados algunos lentejones de esta capa II. La calidad del mineral es excelente también.

La capa III es la menos constante de las tres. La calidad de sus mineralizaciones es similar a los de la capa II. Al contrario de la capa II existen en la rama oriental más afloramientos de la capa III que en la rama occidental. Hasta ahora presente tan sólo conocemos como representante de esta capa III el lentejón apreciable que se explotó a partir de la corta antigua y una decena de metros más al Poniente de la capa II. Es, sin embargo, loable el deseo de recorrer la masa granítica que prácticamente recubre a la capa II en su flanco occidental por si se pueda rescatar algún lentejón oculto dentro de este granito y respetado por él durante su intrusión y posterior digestión que llegó incluso a cortar a la capa II en la vertical de la margen derecha de la ribera (labores mineras subterráneas) y a la altura del pozo nuevo situado precisamente por ello por nosotros en aquella ubicación.

A medida que siga la explotación se podrá obtener datos más recientes y se disponga aún de más información.

Las capas satélites de las que hemos hablado y que son de tres a cinco también ligadas a sus capas de rocas carbonatadas de techo tienen fácil explicación en la teoría sedimentaria. Bastante más difícil y vislumbrando un artilugio se podrán explicar en la teoría metamórfica inicial.

Resumiendo lo dicho referente al Coto San Guillermo podemos afirmar que a nuestro pobre juicio:

- 1) La composición tanto elemental como de especies minerales habida cuenta del metamorfismo regional y de contacto existentes no deben de inclinar a una u otra teoría genética.
- 2) Puede ser que con el tiempo al estudiar con mayor detención de los fenómenos y encontrar nuevos hitos que señalen una diferenciación clara y precisa podrán ayudar a conocer más el origen.
- 3) Son los estudios de campo los que inclinan definitivamente la balanza a la teoría inicial sedimentaria.
  - a) La existencia de tres capas.
  - b) La desaparición dentro del granito de la rama oriental de la capa III.
  - c) La deglución e ingestión por el granito de la capa II al menos en dos sitios conocidos.
  - d) La existencia de las capas satélites, cuyo origen fácil y lógicamente se explican en la teoría sedimentaria.

- e) La posible existencia de algún lentejón intermedio puede siempre explicarse como la del paquete de cinco capas satélites o bien como producto secundario de la deglución del granito y su consiguiente segregación.
- f) La concordancia manifiesta de la capa I con las rocas entre las que se encuentra interstratificada y su conformación perfecta con el anticlinal asimétrico nos lleva de la mano a afirmar su origen sedimentario inicial. Con ello ponemos punto final a la acepción del granito intrusivo como fábrica de criaderos concentrados.

N.B.—El problema que se proponía en la publicación (1) sobre la figura de una V invertida que en planta producía la proyección de las mineralizaciones, queda resuelto por lo dicho. Se trata de varias capas. Por erosión u otras causas ofrece hoy esa configuración.

Es muy conveniente al propósito genético de San Guillermo considerar lo que expone el profesor P. Routhier (10) en la página 88 y ss.

B.—DATOS DE LA PROVINCIA DE HUELVA  
(Discusión).

MINAS DE CALA.

a) Laboratorio.

Proponemos tan sólo diferencias con el coto San Guillermo por no alargar.

- 1) No aparecen prácticamente los dos grupos de tierras raras.
- 2) Los indicios de Ag y de otro aparecen en pequeña proporción en la roca. Pero en mayor cantidad aparece en los concentrados de calcopirita.
- 3) La menas de Minas de Cala tienen un contenido secundario de calcopirita hidrotermal, que permite beneficiarlo.
- 4) Existen anfíboles alcalinos en clara minoría frente a la proporción existente en menas de San Guillermo.
- 5) Las tremolitas asbestoides de fibras largas se encuentran primordialmente en hendiduras de la menas magnéticas implantadas a lo largo de la hendiduras. Algunos ejemplares llegan a tener hasta 40 cm de longitud de fibra.

6) Las escapolitas están más bien concentradas en muy determinados lugares.

7) Tampoco se encuentra la wollastonita en estos criaderos (9).

De todo la información y de lo que aquí se dice se infiere que la temperatura general de formación en el recinto genético aquí, en minas de Cala, ha sido inferior al de las menas del coto de San Guillermo, en general. Precisando más aún podemos admitir que la temperatura de las paragénesis del metamorfismo de contacto hayan sido similares pero la temperatura al menos de la metamorfosis regional que ha dado lugar al neislaminar de cordierita a muro y a pocos metros de la capa I del coto minero de San Guillermo, según datos actuales no ha sido alcanzada aquí en el criadero múltiple de Cala.

b) *Campo.*

1) El criadero múltiple de Cala se encuentra dentro de una cubeta múltiple. Al Poniente se cierran las calizas del techo y del muro y se termina las mineralizaciones. A los 3 kilómetros aproximadamente se abren nuevamente y existen mineralizaciones magnéticas.

2) Cuando se cierran las calizas de techo y de muro quedan entre ellas una zona de mineralizaciones de hierro hidroxidado. Alejados del criadero desaparecen totalmente estas mineralizaciones.

3) El sondeo puesto para ver cómo se comporta el criadero de Cala en profundidad, cortó a los 540 metros también hidróxidos de hierro entre las rocas carbonatadas del muro y del techo. La profundidad estaba predicha al tomar la inclinación del criadero actual.

4) El célebre filón del Portugués bordea por el N al criadero y se desparrama dentro del criadero enriqueciéndole con cobre hidrotermal.

5) Tanto las capas Norte como el filón del Portugués quedan dobladas y más próximas de las capas centrales del criadero múltiple y siempre a causa del empuje de la roca ígnea ácida (croquis número 3).

6) Esta logra despedazar o trocear al filón y a las capas Norte del criadero de Cala (croquis).

7) En determinados sitios los engulle y los hace desaparecer, digiriéndolos totalmente.

8) A veces quedan trozos de las capas Norte

dentro del granito a manera de gabarro con la sucesión normal de estratos como lo confirman varios sondeos.

*Este hecho es definitivo. El granito destroza al criadero. No lo genera. Es evidentemente posterior.*

9) La roca ígnea intrusiva se introduce a Levante entre las capas mineralizadas del criadero múltiple de Cala, en dirección Levante. Obliga a los paquetes del Norte y a los centrales a doblarse hacia el Norte y después de recorrer unos 300 metros los deja que sigan hacia el Este con rumbo normal. Los paquetes mineralizados del Sur o meridionales siguen normalmente interestratificados hacia Levante.

10) Estas rocas ígneas intrusivas se arropan con una aureola metamórfica de contacto en las que predomina la familia de los granates (especialmente la grosularia) acompañadas de epidotas (zoisita, epidota) de anfíboles (de la serie tremolita-actinolita) junto con piroxenos (diopsida) en pequeña proporción, clorita (chamositas y thuringitas principalmente) óxidos metálicos en pequeña proporción (magnetita de segunda generación), sulfuros (pirita de segunda generación), molibdenita muy escasa) carbonatos abundantes (generalmente calcita, muy poco aragonito) cuarzo.

11) Estos minerales del "skarn" suelen estar también donde le corresponde al mineral. Luego técnicamente suelen ser "menadegradante".

12) Las rocas ígneas intrusivas emiten a manera de filones graníticos de pequeñas dimensiones que atraviesan capas mineralizadas.

Llegados ya este punto de la discusión no parece necesario insistir. La conclusión o deducción está a la vista de todo el mundo: *El criadero múltiple de Cala es sedimentario inicialmente, al menos.* O sea, que en el cambriano inferior se dieron las condiciones necesarias y suficientes para que formara el criadero múltiple de Cala.

Si a esto añadimos que los sondeos realizados descubrieron horizontes estratigráficos de materiales volcánicos se remacha más aún la solución del problema.

Muy cerca de Minas de Cala aparecen rocas volcánicas básicas y ácidas en fajas estrechas pero con decenas de kilómetro de longitud.

La conclusión es, pues, *el origen de las menas magnéticas de Cala al menos inicialmente fue sedimentario, en el Cámbrico inferior.*

C.—DATOS DE LA PROVINCIA DE SEVILLA (Discusión).

SIERRA DE EL PEDROSO.

a) *Laboratorio.*

Al igual que hemos hecho anteriormente haremos resaltar tan sólo los hechos objetivos más característicos.

1) No existen elementos químicos pertenecientes a las tierras raras (por lo menos no han sido halladas ahora) en las muestras ubicadas en la Sierra). (Límite de sensibilidad.)

2) Aparece el bario que referimos a aportes hidrotermales.

3) No aparecen minerales propios del tipo de "skarn". Ni granates ni anfíboles ni piroxenos ni epidotas.

4) Aparece en muy pequeña proporción algún grano de fluorita que relacionamos con la venida hidrotermal al igual que la barita que está en mayor proporción.

5) Lo característico de estos criaderos de magnetita y de pirita aquí existentes se relacionan con la presencia de las rocas volcánicas interestratificadas en el cámbrico inferior.

6) Estas rocas volcánicas son ácidas y básicas. Había, pues, diferenciación. El mecanismo eruptivo volcánico falló alguna vez no pudiendo salir a la superficie de aquel entonces y quedó como roca intrusiva. Al bajar el nivel del suelo por erosión las vemos hoy en superficie.

7) La pirita, la magnetita y las mineralizaciones mixtas, es decir, muestras de pirita+magnetita y magnetita+pirita, se han depositado simultáneamente como fenómenos de exhalación volcánica submarina (11).

8) Estas mineralizaciones son idénticas cuanto a componentes y disposición a las que ofrece, por ejemplo, el criadero de piritas La Concepción (Huelva).

9) Estas mineralizaciones cuando se ponen en contacto con rocas intrusivas forman criaderos como los de San Manuel y Lavalazaro.

10) Las mineralizaciones provenientes del proceso exhalativo submarino no tienen que ser exactamente pirita+magnetita. Pueden ser pirita sola,

magnetita sola, hematites roja sola, hematites parda sola, etc.

Las deducciones finales son las siguientes:

Los criaderos de *menas metálicas de la Sierra de El Pedroso son indubitablemente sedimentarios y precisando más aún:*

*Son sedimentarios de volcanismo exhalativo submarino.*

Han sufrido una actividad hidrotermal posterior que les ha suministrado carbonatos, cuarzo, barita y fluorita como gangas y mineral de cobre en forma de calcopirita.

VIII.—CONFRONTACION DE DATOS.

CUADRO NUM. 7

*Confrontación genética de los distintos criaderos*

	Sierra El Pedroso (Sevilla)	Caia (Huelva)	San Guillermo (Badajoz)
<b>OROGENESIS Caledoniana:</b>			
Sedimentario volcánico exhalativo ...	Sí	?	?
Sedimentario inicial	Sí	Sí	Sí
Acciones hidrotermales... ..	Sí	Sí	Sí (Pero menos)
Metamorfismo regional ... ..	Débil	Sí	Muy acusado (al menos en la base)
<b>OROGENESIS Herciniana:</b>			
Metamorfismo regional ... ..	?	?	?
Metamorfismo de contacto ... ..	No	Sí	Sí

La explicación del cuadro anterior es bien sencilla. Recoge tan sólo los datos expuestos y su ulterior discusión.

Da pie este cuadro a una pequeña y escueta hipótesis de trabajo, sobre las probables y casi segura génesis de estos criaderos. Aún cuando en

otro trabajo ulterior profundicemos algo más en líneas generales podemos establecer los siguientes pasos genéticos.

#### HIPÓTESIS DE TRABAJO.

1.º En el cámbrico inferior existieron condiciones necesarias y suficientes para dar lugar a un proceso de volcanismo (Sierra de El Pedroso, Cala). Es un hecho experimental.

2.º En el proceso volcánico submarino exhalativo se formaron criaderos relativamente abundantes de pirita y magnetita separados o mezclados. Es un hecho experimental (Sierra de El Pedroso).

3.º Este proceso volcánico ha dado lugar también en Cala a depósitos estratificados de volcanitas. (Es un hecho experimental).

4.º Durante este período en Cala y San Guillermo se formaron sedimentos ferríferos que provenían probablemente de exhalaciones submarinas (probable) cercanas, y formaron inicialmente estos criaderos en lo que eran cuencas alargadas y no muy profundas.

5.º La naturaleza de estos depósitos ferríferos de Cala y de San Guillermo podía ser ya magnetita muy probable o en su defecto (poco probable) hematites o carbonatos de hierro y pirita.

6.º Pasada esta fase metalogénica del cámbrico inferior se inicia otra fase posterior de metalogénesis previa fracturación del terreno como hemos explicado al tratar del criadero múltiple de Cala. Esta fase metalogénica se caracteriza por intrusión en el criadero de disoluciones hidrotermales con carbonatos, cuarzo a veces barita y fluorita quizá también localmente galena.

7.º Con esta fracturación del terreno y posterior venida hidrotermal e intensa metamorfosis regional existentes en todos, los tres criaderos terminamos la fase metalogénica del cámbrico, con contenidos hidrotermales algo distinto (no hay calcopirita hidrotermal en San Guillermo, al menos apreciable).

Todo ello debido a la orogénesis caledoniana.

8.º Iniciado el período de orogénesis herciniana o varísica se iniciaron nuevos trastornos en el Suroeste ibérico. Aislado de ellos quedaron a manera de testigo metalogénico los criaderos de la Sierra de El Pedroso. Pero tanto en la provincia de Huelva como en la de Badajoz actuaron, como asimismo

en la restante parte de la provincia de Sevilla acciones o procesos que tuvieron inicialmente como resultado el metamorfismo de contacto que dominó en el bloque cortical considerado. En algunos lugares fueron muy intensos (levantamiento pausado del sinclinal de San Guillermo hasta convertirle en anticlinal actual+la parte sacrificada por la erosión de períodos geológicos).

9.º Como consecuencia de ellos se verificó el hundimiento de áreas corticales y seguidos de la intrusión de granitos por doquier éstos tuvieron por efecto devastaciones en los criaderos primitivos y formaciones de rocas del tipo del "skarn". Por la presión de las rocas ígneas intruyentes se desplazaron partes de los criaderos ya existentes y quedaron a veces englobados en esas rocas ácidas a manera de gabarros. Influyeron más en la estructura poikilítica de los granos de magnetita formados ya hacia doscientos millones de años.

Todos estos fenómenos no son apreciables en los criaderos de la Sierra de El Pedroso.

10.º Estos son los efectos de la orogenia varísica.

Los efectos de la orogenia alpina no han sido aún apreciados, quizá por estar el cratón-escudo galaico-astur-castellano-leonés-extremeño consolidado por efecto de la orogenia varísica o hercínica.

No parece necesario proponer por separado las conclusiones a que hemos llegado después de estudiar los resultados de la información obtenida durante estos cinco largos años de investigación y explotación de criaderos de menas magnéticas del Suroeste de España. Véase el cuadro último, número 7.

Es urgente y necesaria una serie de trabajos monográficos, tesis doctorales, etc., de cada uno de estos criaderos de menas ferríferas del Suroeste, en orden a disipar toda duda razonable.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) DOETSCH, J.: *La investigación de magnetitas y los sondeos comprobatorios en el Suroeste de España*; Not. y Com. del IGME, nn. 97-98, año 1967 (41-106).
- (2) FABRIES, J.: *Les formations cristallines et métamorphique du NE de la Province de Sevilla (Espagne)*; F.S.U. de Nancy (Francia), 1968.

- (3) MELÉNDEZ, B.; MINGARRO, F.; LÓPEZ DE AZCONA, C.: *Hoja Geol. 1:50.000 de Constantina*, n. 920, IGME.
- (4) FEBREL, T.: *Metalogenia de la Hoja*, n. 875, Jerez de los Caballeros (Badajoz). Bol. Geol. y Min. IGME. T. LXXXI, año 1970 (497-492).
- (5) FEBREL, T.: *Facies estructurales en la Hoja*, n. 875, Jerez de los Caballeros (Badajoz). Estudio Geol. Volumen XXVI (209-217), 1970.
- (6) FEBREL, T.: *Geología estructural de la Hoja*, n. 875, Jerez de los Caballeros (Badajoz). Bol. Geol. Min. T. LXXXI-V, 1970 (473-478).
- (7) VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: *Hoja Geol. 1:50.000 Santa Olalla del Cala (Huelva)*, n. 918, IGME.
- (8) VÁZQUEZ GUZMÁN, F.: *Contribución al estudio de los yacimientos de hierro del SW de España (parte I y II)*. Bol. Geol. y Min. IGME. T. LXXIX, 1946 (498-512).
- (9) VÁZQUEZ GUZMÁN, F.; L. AMADO CUETO: *Génesis de los yacimientos de Hierro de El Pedroso y El Travieso*. Boletín Geol. Min. IGME. T. LXXX-I; 1969 (50-61).
- (10) DOETSCH, J.: *Estudio de Tremolitas Complejas procedentes del SW de España*. Bol. Geol. Min. IGME, 1971 (520-533).
- (11) WINKLER, H. F.: *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*; 2d Edition 1967. Springer, Berlín.
- (12) ROUTHIER, P.: *Essai critique sur les methodes de la Geologie*, 1969, Masson, París. VI.
- (13) BLATT, MIDDLETON, MURRAY: *Origin of sedimentary Rocks*, 1972. Prentice-Hall inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- (14) BUERGER, M. J.: *Elementary Crystallography*. 1956. John Wiley & sons Inc. New York.

Recibido: 5-II-73.

# Programa de investigaciones petrolíferas ante las futuras necesidades de hidrocarburos

Por J. CANTOS FIGUEROLA (\*)

## RESUMEN

El autor hace un extenso estudio del problema, tanto en lo que se refiere al Mundo, como en especial a España y repasa otras fuentes de energía como la nuclear que pueden ayudar a resolver la insuficiente producción de energía que ya está latente y se agravará en un futuro inmediato.

Las características del petróleo son muy especiales porque unido a su importancia como fuente de energía es una materia prima polivalente base de muchos otros productos de transformación de creciente importancia mundial.

Igual se puede decir de los demás hidrocarburos gaseosos.

El problema inmediato es el de los precios en parte porque los países a quienes les sobra, forman un grupo político económico de gran fuerza financiera y empiezan a mandar sobre los precios, lo que se traduciría en una subida constante del coste de los hidrocarburos.

Propone que se constituya inmediatamente una Comisión de Investigaciones Petrolíferas en el seno del IGME con el fin de reunir un importante banco de datos procesables en ordenador de todo lo que se ha hecho en España desde el principio de las prospecciones y que propondría al Ministerio algunos sondeos de los que por difíciles y caros, pero interesantes para aclarar el problema recomendasen la ayuda estatal.

Como conclusión general dice:

Que seguimos en la era del petróleo, y que hasta fin de siglo seguirá siendo la materia más importante sobre la Tierra, como base de energía.

Incluye en el trabajo 12 interesantes gráficos referentes a Producción, Consumo y Reservas de hidrocarburos en España y en el mundo y los complementa con otros referentes a otro tipo de energía como la nuclear.

Termina con una estimación de precios incluso hasta el año 1980.

Es optimista en cuanto las posibilidades de encontrar hidrocarburos en cantidad suficiente para que ello signifique una importante ayuda para resolver el problema español. Recomienda se estimule la investigación de los hidrocarburos, consumiendo en ello muchos miles de millones pues será rentable, sobre todo en lo que se refiere a sus plataformas marítimas españolas.

## RESUMÉ

L'auteur fait un étude du problème face au monde et spécialement envers l'Espagne, il se rapporte à d'autres sources d'énergie comme la nucléaire qui peuvent résoudre partiellement l'insuffisante production d'énergie qui va s'aggraver dans l'avenir.

Les caractéristiques du pétrole sont très spéciales parce que uni à sa valeur comme base d'énergie c'est une matière prime polyvalente base de beaucoup d'autres produits de transformation d'importance croissante dans le monde. On peut dire la même chose des autres hydrocarbures.

Le problème immédiat est celui des prix, puisque, les pays des plus grandes réserves, connues, forment un groupe politique-économique qui commencent à commander et ça va se traduire en un continuuel hausse des prix, des hydrocarbures.

(\*) Subdirector del Instituto Geológico y Minero de España.

On propose la constitution immédiate d'une Commission de Recherches Pétrolières, avec le propos principal de réunir toutes les renseignements possibles pour être emmagasinés et traités en Ordinateur.

En même temps la Commission proposera au Gouvernement quelques sondages des compagnies pétrolières que à cause de spéciales difficultés et en vue de son intérêt puissent recommander l'aide économique étatique.

Nous sommes toujours dans l'ère du pétrole et à la fin du siècle ça sera encore la matière prime plus importante comme source d'énergie.

On inclut 12 intéressants graphiques en rapport avec la production, consommation, et réserves d'hydrocarbures en Espagne et au monde et avec la production d'énergie nucléaire.

On fait un étude des prix et son calcul jusqu'à 1980.

L'auteur est optimiste en vue des possibilités de trouver d'hydrocarbures en Espagne en quantités qui peuvent signifier une aide importante pour résoudre partiellement le problème espagnol. Il recommande la stimulation des recherches en consommant des milliards, sur tout sur les plateformes maritimes.

## I. PREÁMBULO

Durante las reuniones del Grupo de Trabajo número II de la Ponencia de Investigación Científica y Técnica, recibí el encargo de redactar un avance de Proyecto de Investigaciones Petrolíferas. Relacionado con lo mismo, tuve que contestar a un extenso cuestionario que cumplimenté a su tiempo.

El presente estudio es una recopilación de ambos trabajos y parcialmente una explicación y ampliación de los mismos. Sus resultados se dan con las naturales reservas, como debe hacerse cuando se incluyan estimaciones sobre el futuro. Los datos están basados, principalmente, sobre las tendencias actuales de curvas de desarrollo ya conocidas hasta hoy, pero que puedan variar bastante en el porvenir por razones imprevistas.

## II. PANORAMA MUNDIAL DEL PETRÓLEO

Hace todavía bien poco, hacia los años 1950, miraban muchos economistas el panorama mundial del petróleo como algo sin graves problemas. Había dos motivos para creerlos:

1.º) Las reservas habían aumentado en aquellos años sin cesar; pero más aún las reservas relativas, o sea la relación Reservas/Consumo, que habiendo estado durante bastante tiempo en la cifra de veinte años, había subido hasta cuarenta años (véase gráfico núm. III).

2.º) La competencia de la energía nuclear se veía como un hecho cierto a relativamente corto plazo. Como veremos más adelante, ni estamos sobrados de petróleo, ni la ayuda energética nuclear será suficiente hasta pasado el año 1985, y para entonces la

demanda de energía será tan enorme que no podrá suplirse con facilidad, y será incluso necesario poner en explotación grandes reservas existentes de carbón, y aún así seguirá en aumento el consumo de los hidrocarburos.

El panorama de hoy es ya claramente muy distinto del de hace veinte años, y preocupa al mundo entero una deficiente situación de producción y reservas de petróleo, con relación a la creciente demanda. Las razones son varias:

Los hidrocarburos, líquidos y gaseosos, además de ser productos energéticos, sirven para la industria química. Este consumo en aumento, restará cantidades importantes a la producción de energía, y la demanda total de petróleo llegará a límites insospechados.

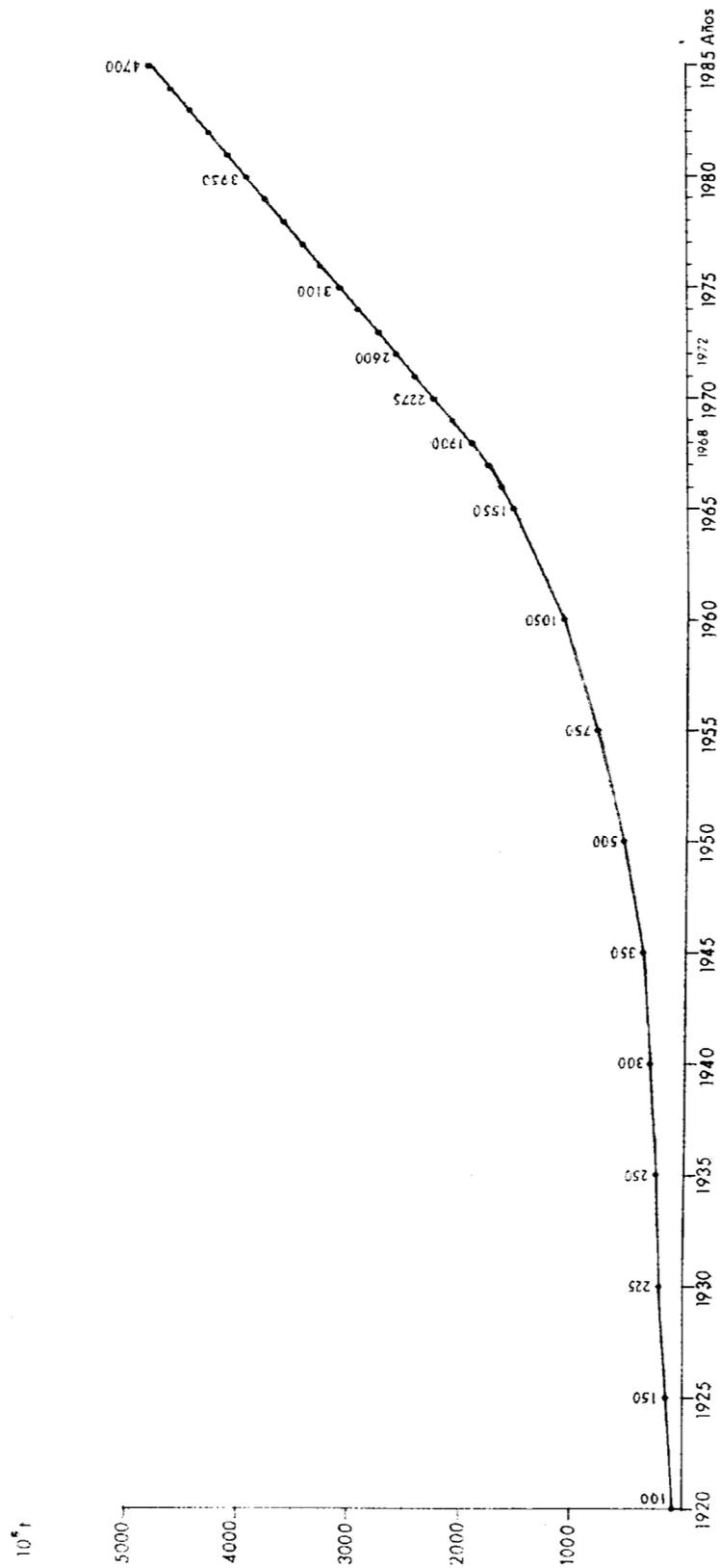
Los problemas ya se están produciendo, pero se agravarán considerablemente, hasta que después del año 1985 la energía atómica, junto a una vuelta parcial del carbón, nos restituirá lentamente el equilibrio. A pesar de todo no creemos que ni a fin de siglo haya pasado a segundo término la demanda de hidrocarburos. Las causas principales las veremos observando los gráficos adjuntos, que no necesitan muchas explicaciones. Pero de todas formas haremos algunas consideraciones sobre las diferentes producciones y reservas, y sobre los nuevos descubrimientos:

Vemos en el gráfico núm. I, que la producción para atender a la demanda aumenta a un ritmo que ya no corresponde al volumen de los descubrimientos. La de 1972 ha sido de 2.599 millones de toneladas y nuestras previsiones de consumo para 1985 llegan a 4.700 millones de toneladas.

En cuanto al gráfico núm. II de reservas, está hecho a base de las cifras más discutidas de todas, porque unas veces están basadas en cálculos de cu-

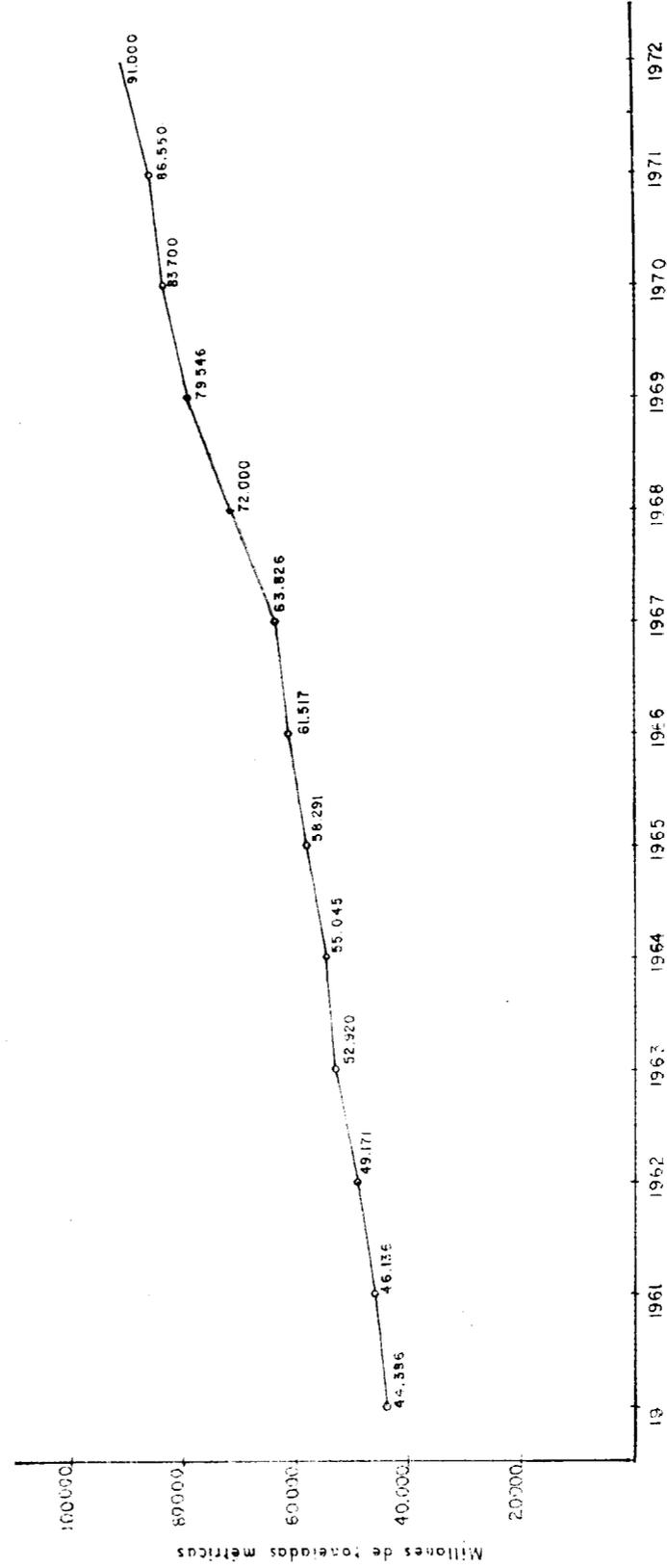
PRODUCCION MUNDIAL DE PETROLEO

GRAFICO I



RESERVAS MUNDIALES DE PETROLEO

GRAFICO II



bicación comprobadas de depósitos en explotación; pero otras en estimación de las posibilidades de explotación y recuperación de un nuevo yacimiento apenas conocido.

En el año 1972 llegaron las reservas comprobadas a 91.300 millones de toneladas y es previsible que en los próximos años se consigan importantes aumentos, gracias a las Plataformas Continentales. Con las varias aclaraciones damos nuestras estimaciones elegidas entre los de diferentes fuentes (Hispanoil, CAMPSA, "Boletín Informativo de CEPESA", World Oil y ANESPE 1971).

En el gráfico núm. II, de Reservas Mundiales, hay un escalón entre los años 1966 y 1968. Tiene su explicación: apesar de que no coinciden los descubrimientos con los años en que se ponen de manifiesto las reservas, en el 1968 aparecen importantes nuevos campos de Alaska, Nigeria, Argel, Indonesia, Aus-

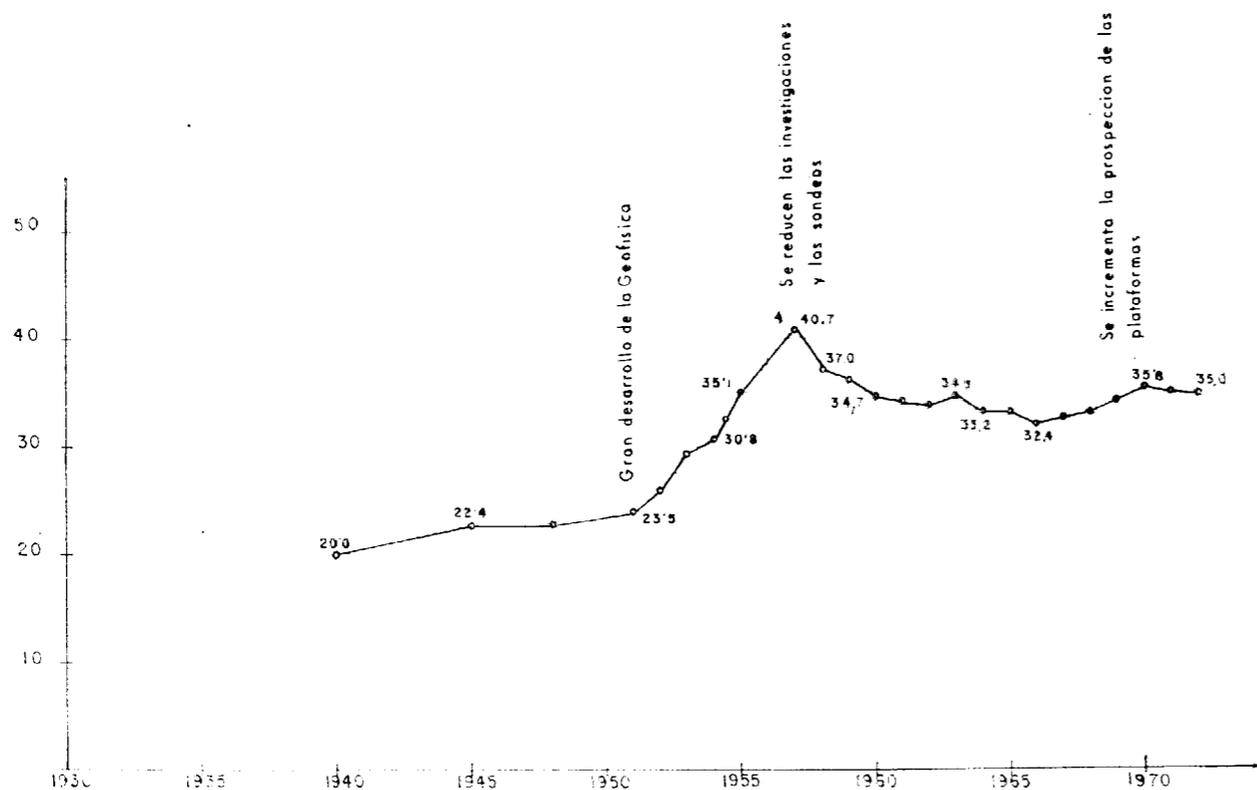
tralia, Libia, China. Entre todos han producido un salto hacia arriba en la curva.

El gráfico núm. III merece alguna explicación. Cada año se hace en el mundo el cálculo de la duración de las reservas. Es un cálculo teórico a consumo constante desde la fecha, o sea, que la cifra que se da es la relación Reserva/Consumo, referidos al año.

Ha variado mucho en el transcurso del tiempo y es natural que haya sido así, ya que hay dos factores principales que influyen: por una parte, el aumento de consumo, desenfrenado, como corresponde a un producto polivalente como éste, en un mundo en desarrollo. Esto es debido a que siendo el principal productor de energía, se ha convertido a través de la petroquímica en la primera materia para la fabricación de innumerables productos de consumo, como son asfaltos, amoníaco, etileno, pinturas, disolventes,

GRAFICO III

RELACION MUNDIAL RESERVAS/CONSUMO



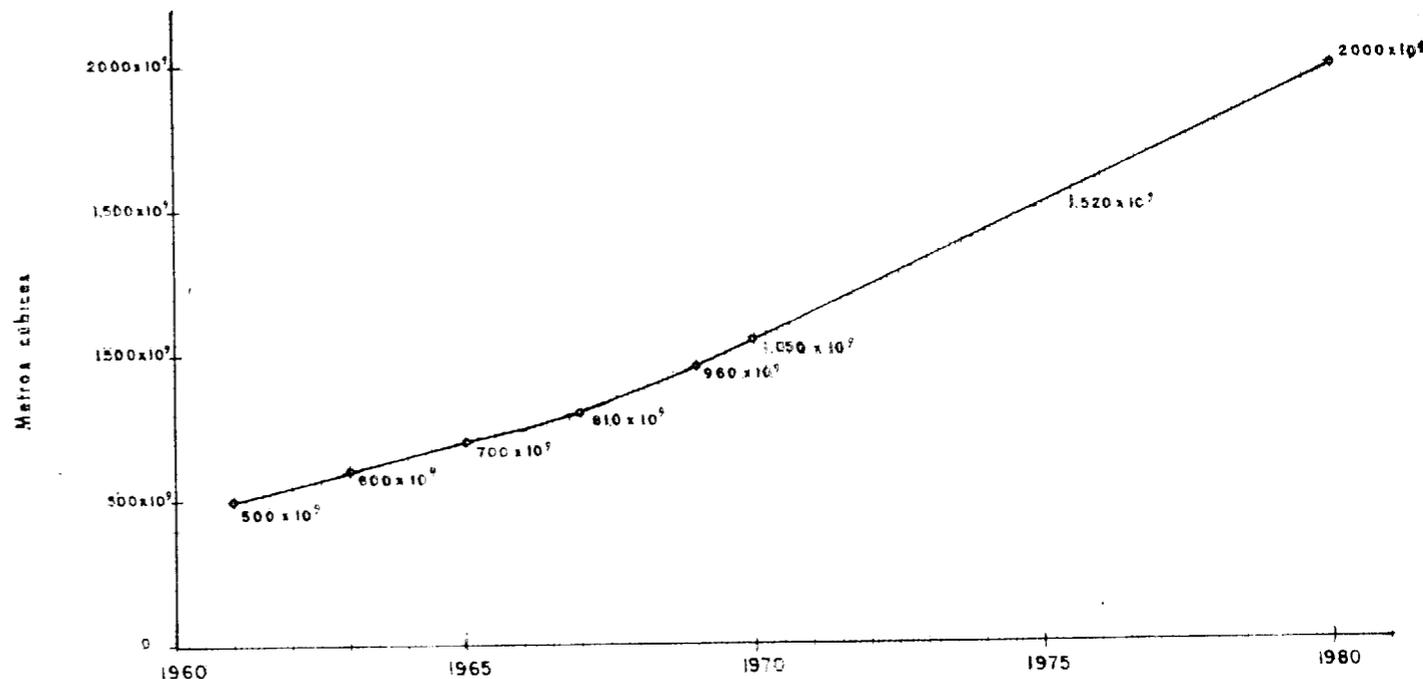
plásticos, cauchos, negros de humo, fibras artificiales, cuero artificial, aceites, y ya se inicia la etapa de los alimentos para animales en forma de proteínas. El aumento de consumo, que es en el mundo prácticamente el de producción, lo vemos en el gráfico núm. I. El de reservas, en el gráfico núm. II, el núm. III, Reservas/Consumo, que de ambos se deduce.

Han hecho que varíen esta relación los nuevos descubrimientos, que en algunos períodos han sido espectaculares. Esto también tiene su explicación y coincide con los grandes avances de la investigación del petróleo. Zonas características de la curva son los años a partir del 50 hasta el 57, que coinciden con la entrada en servicio y gran desarrollo de la geofísica moderna con sus serios adelantos e importantes descubrimientos en el mundo entero.

Los puntos 1957 a 1966 corresponden con un incremento de consumo que ha sido mayor que el de reservas, debido en parte a los nuevos empleos del petróleo a través de la industria química. A partir de los años 1967, gracias a los adelantos de la sísmica marina, entra en juego el petróleo de las plataformas continentales, y hay un nuevo aumento de la relación, pero que no dura. Anteriormente, hacia 1957, la reacción financiera contra tanto descubrimiento, produce una reducción relativa de las proyecciones. Un dato, aunque no suficiente, es que bajó el número de sondeos realizados en EE. UU., de más de 55.000 en el año 1956 a 26.224 en 1971, y en el mundo de alrededor de 64.000 sondeos a 34.083 sondeos en los años 1956 y 1971, respectivamente. Estas diferencias, que impresionan un poco, deben de tener una explicación, y la tienen, en efecto:

GRAFICO IV

PRODUCCION MUNDIAL DE GAS NATURAL



1.º) Los EE. UU. han reducido a la mitad el número de sondeos, en parte, de acuerdo con su política conservadora de su petróleo, mientras en el resto del mundo, en 1971, se hicieron alrededor de 8.000 sondeos, aproximadamente, los mismos que se vienen haciendo desde 1956.

2.º) Los sondeos son cada vez más caros, por más profundos y porque ya estamos de pleno en las plataformas marítimas, cuyo coste es mucho mayor. Por lo tanto, los estudios geológicos y geofísicos consumen cantidades muy superiores a las que se consumían antes y las decisiones son también más lentas.

3.º) Van quedando pocos lugares fáciles donde investigar, y eso cambia el panorama. Mientras el precio del petróleo no subía a tenor de los gastos y, sobre todo, de los riesgos, disminuía relativamente el interés por la investigación. Ahora, para bien o para mal, ha terminado esa época y entramos en otra en la que el interés por el petróleo será cada vez mayor, porque los precios, inexorablemente, subirán sin cesar.

Las indecisiones acabaron y ya no se dará marcha atrás en la investigación de hidrocarburos, pues no se prevé que pueda haber sobrante en lo que queda de siglo, que es igual a decir nunca más, pues para entonces habremos más que triplicado el consumo de hidrocarburos y las reservas potenciales y recuperables no son ilimitadas, a pesar de la esperanza que hemos puesto en las plataformas submarinas.

Según "Recursos Naturales del Mar", de Naciones Unidas (1970), se espera que en el año 1980 la producción submarina llegue a 25 millones de b/día, o sea 1.250 millones de toneladas en el año.

**Gráfico V: Producción mundial de energía.**—Hemos añadido el gráfico V de la producción mundial de energía, porque el acelerado incremento de consumo de la humanidad es la causa principal de problema planteado, y este hecho contribuirá a que el petróleo no pueda reducir su importancia. Vemos por ella, que si nuestras estimaciones no están muy lejos de la realidad, en el año 1985 no llegará la energía nuclear, unida a la hidroeléctrica, a la tercera parte de la producida por hidrocarburos.

**Gráfico VII: Producción y reservas de EE. UU.**—Por tratarse del primer país del mundo, productor y consumidor de hidrocarburos, diremos algo sobre su situación. Los gráficos VI y VII, referentes a ello, son de mucho interés.

**Gráfico VI.**—El gráfico VI es de producción, que no corresponde con su consumo de petróleo, que

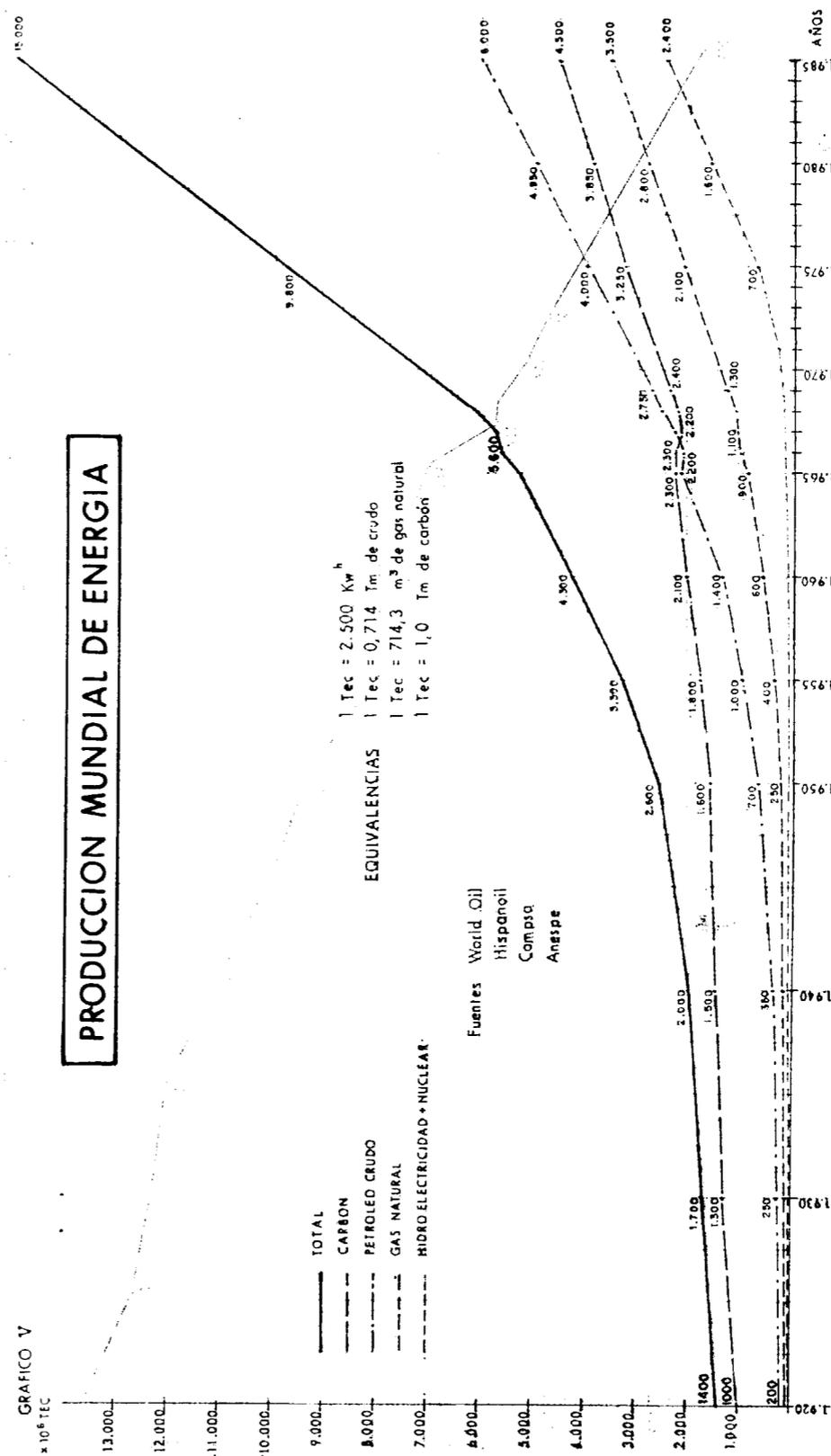
sigue en aumento, pero reduce su índice de crecimiento como corresponde a un país muy desarrollado que intenta resolver su problema energético con ayuda de otros medios.

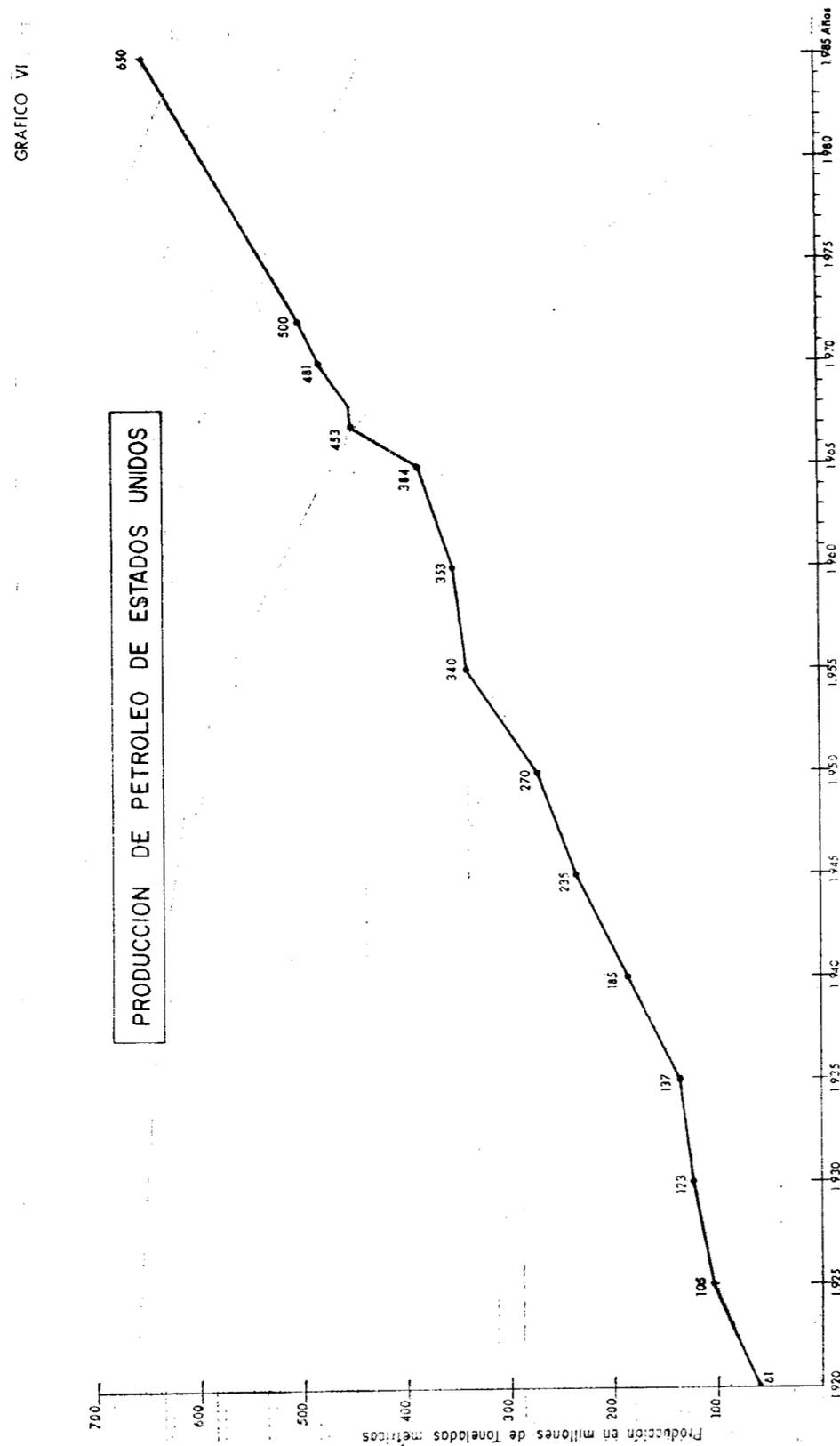
Sin embargo, los años 1965 a 1967 soltaron un poco los grifos de petróleo, y a partir de 1968 redujeron la producción. Aún así, llegarán al año 1985 con una extracción de sus pozos que no creemos baje de 650 millones de toneladas. Observando el VII, sus reservas disponibles han aumentado hasta muy recientemente, pero la relación citada es desde hace tiempo el consumo para once o doce años nada más. Sin embargo, ahí siguen en un equilibrio inestable. Mientras tanta, el "Bulletin Analytique Pétrolier" de agosto de 1972, dice que las importaciones de petróleo crudo en EE. UU., en el año 1985, serán de 750 millones de toneladas, algo superior a su producción propia para entonces, pero estima que tienen resistencia aún para sesenta y cinco años. Esto quiere decir, que si bien las reservas actuales comprobadas y cubiertas son relativamente pequeñas, las potenciales por descubrir se espera sean todavía enormes, aunque incalculables. Esta lección se podría aplicar en pequeño a nuestro país, que si bien tiene reservas muy pequeñas, en cambio desconocemos lo que pueda haber y esa es la finalidad de nuestro Proyecto: estimular y ayudar para que se haga lo necesario hasta conocer todas las posibilidades de España. Lo casi seguro, es que todo esfuerzo, de una forma o de otra, será recompensado.

Los nuevos yacimientos esperados para el futuro son cada vez más difíciles de encontrar y más duros de acceso; en resumen, más caros de producción. Nuestra tesis es que ya no va quedando en el mundo petróleo barato, por lo tanto, nos conviene producirlo en nuestro territorio, por muy cara que parezca su prospección.

*Otro aspecto de las reservas*

La estimación anterior de posibles reservas potenciales de EE. UU., hasta sesenta y cinco años de duración, no parece desacertada, si se piensa en la posibilidad de conseguir todavía muchos descubrimientos de los de la categoría de los del Mar del Norte, los de Alaska, de la zona Artica, del Canadá y del Artico Asiático, de Australia, de Nigeria, Indonesia y China, con enormes reservas potenciales. En especial sobre las plataformas marítimas, donde ya se perfora hasta con más de 100 pies de profundidad del fondo y donde la labor de la geofísica y las modernas téc-





nicas de sondeos, están abriendo nuevos e importantes horizontes al petróleo del futuro. También hay que tener en cuenta que así como en los países en vías de desarrollo, como el nuestro, aumentan su consumo de energía en más del 10 por 100, como da la última estadística de 1971, los muy desarrollados y económicamente poderosos, como EE. UU., no les corresponde el mismo crecimiento y su índice está situada en el 3 por 100 en ese mismo año.

Por otra parte, los grandes productores de petróleo del Oriente, incrementan también su consumo a un ritmo mucho mayor, lo que agravará la situación de suministro insuficiente de tan importante primera materia.

Dada su magnitud, su novedad y características especiales, digamos algo más sobre el Mar del Norte.

La evaluación de estas reservas, cuando apenas ha comenzado una explotación formal, es aventurada y puede ser muy discutida. Sin embargo, a modo de orientación, según datos publicados en revistas petrolíferas, como en este caso "World Oil" (octubre 1972), se encuentran en cerca de 30.000 millones de barriles recuperables de petróleo y 350 billones de pies cúbicos de gas. Muy superiores a los importantes descubrimientos de Alaska, a los que se atribuye de 10.000 a 20.000 millones de barriles de petróleo como reservas. (R. W. Scott-World Oil. Oct. 1972.)

Sin embargo, aunque aparentemente los descubrimientos de 1971 han sido mayores que la producción del año, no fueron suficientes y conviene aclararlo:

Lo que cuenta para los consumidores de petróleo es la citada relación Reservas/Consumo, y en el año 1970 era de 35,8 años. Pero en el año 1971 se han incrementado las reservas en 2.850 millones de toneladas, llegando a 86.550 millones de toneladas, que con una mayor producción total de 2.464,7 millones de toneladas en el año, da una relación de 35,1 años de duración. Por lo tanto, hemos empeorado. Por otra parte, a pesar de una pequeña recesión relativa del consumo, el incremento de producción 1970/1971 ha sido del 5,5 por 100.

El aumento correspondiente a 1971/1972, está calculado en 135,3 millones de toneladas, o sea que es del 5,4 por 100 y la citada relación de duración ha disminuido ligeramente, quedando en 35,0 años.

Referente a la competencia, o más bien, ayuda de la energía nuclear, si no contamos con el reactor rápido, difícilmente se llegará con ella al nivel de los hidrocarburos, por falta de suficientes minerales radiactivos de explotación económica en el mundo. Sin embargo, hemos de decir que está previsto que el

reactor rápido producirá energía en condiciones económicamente aceptables para 1985. Aún así, no creemos que hasta el año 2.000 los productos nucleares consigan hacer disminuir el ritmo del consumo de los hidrocarburos, muy por debajo del nivel actual, aunque sí que influirá mucho en la proporción, que se espera llegue al 50 por 100 de la total energía producida.

En cuanto a las reservas de gas, las estadísticas que se publican resultan muy pobres por falta de datos suficientes y las diferencias entre las distintas fuentes son grandes.

Los datos están basados principalmente en las reservas conocidas y explotables, y como el gas es de transporte mucho más caro y complicado, el que se encuentra en lugares mal situados, económicamente no se considera por el momento, y no suministran información. Por eso no hemos construido gráfico de Reservas.

Lo que es cierto, es que el gas natural tiene que jugar un papel importante en el futuro. Para los EE. UU. se estima que en 1980 se consumirá más de un millón de millones de metros cúbicos al año, y para el resto del mundo no estará lejos una cifra parecida (gráfico IV).

Especial interés tendrán las reservas marítimas, que están prácticamente sin explotar.

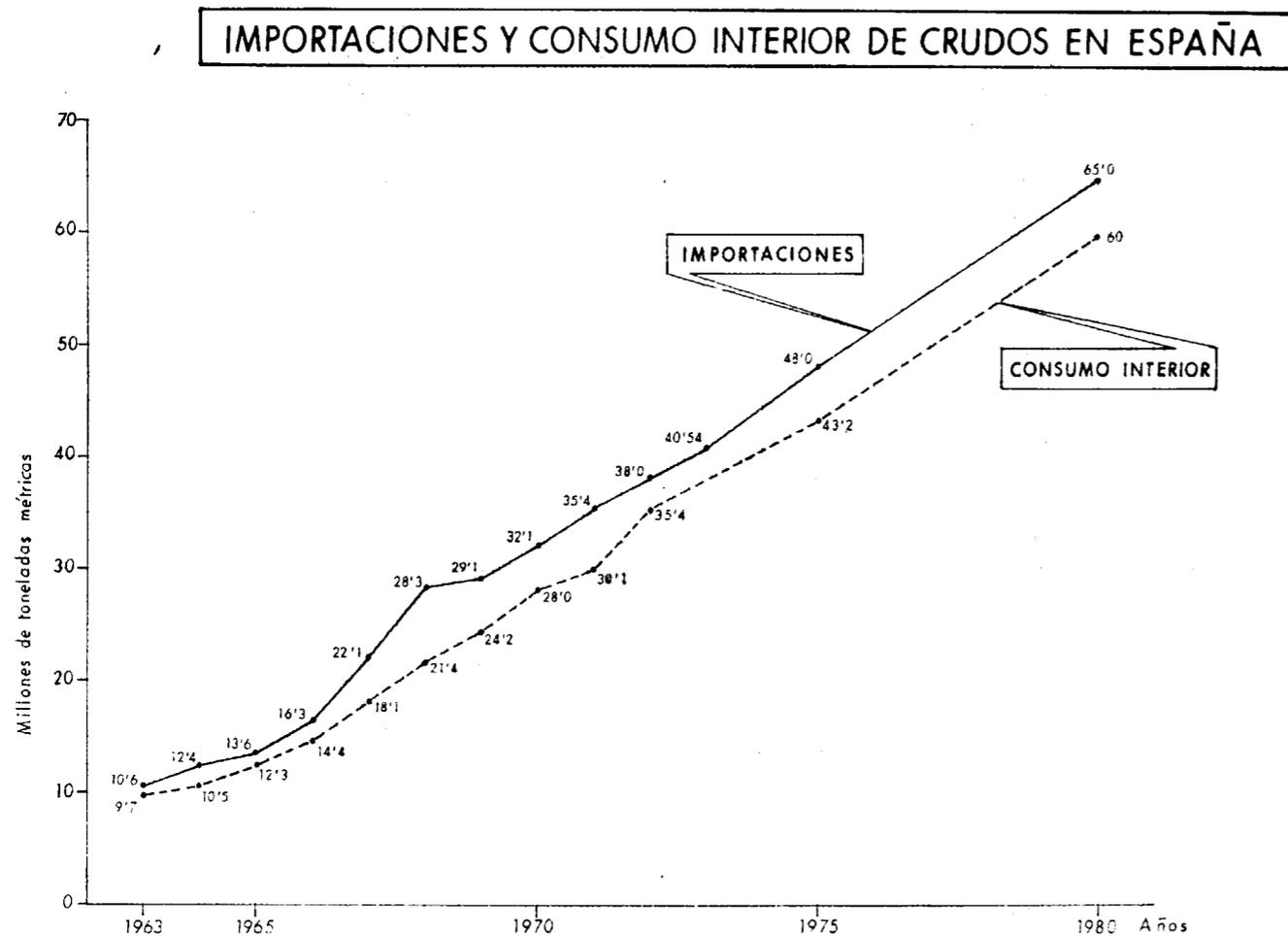
### III. EL PETRÓLEO EN LA ECONOMÍA ESPAÑOLA

En pocos años, el petróleo se ha convertido en la principal materia prima de la economía española.

Es natural, pues es el más importante productor de energía y en casi todos los países es igualmente vital. Para unos con signo positivo, como son los grandes exportadores del Oriente Medio; para la mayoría, tiene signo negativo, como es el caso de Inglaterra, Francia, Alemania y la mayor parte de los países desarrollados. Incluso el primer productor del mundo, como es EE. UU., tiene una producción de 559,5 millones de toneladas de petróleo (1971). (Datos de "World-Oil", 15 agosto de 1972, incluidas las gasolinas del gas natural), además de 625.000 millones de metros cúbicos de gas natural, pero su déficit anual es de 197,1 millones de toneladas sólo de petróleo y seguirá aumentando por muchos años.

Pero no queremos hacer demasiadas comparaciones, pues son tan diferentes las características de aquel país con las del nuestro, que los EE. UU. pue-

GRAFICO VII



den muy bien soportar esa situación, sobre todo teniendo en cuenta que cada tres o cuatro años aumentan las reservas en una proporción tal, que, a pesar de su incremento de consumo, les permite mirar al futuro con relativa tranquilidad, por ahora.

La situación del mundo tampoco es brillante, ya que, como hemos dicho, las reservas teóricas son suficientes para 35 años, dado el consumo actual.

Nuestro país no está en condiciones de encogerse de hombros ante el panorama que tiene delante:

1.º Dependemos en más del 90 por 100 de la compra de petróleo en divisas, en plena batalla mundial entre productores y consumidores; situación en la que contaremos solamente como un consumidor más,

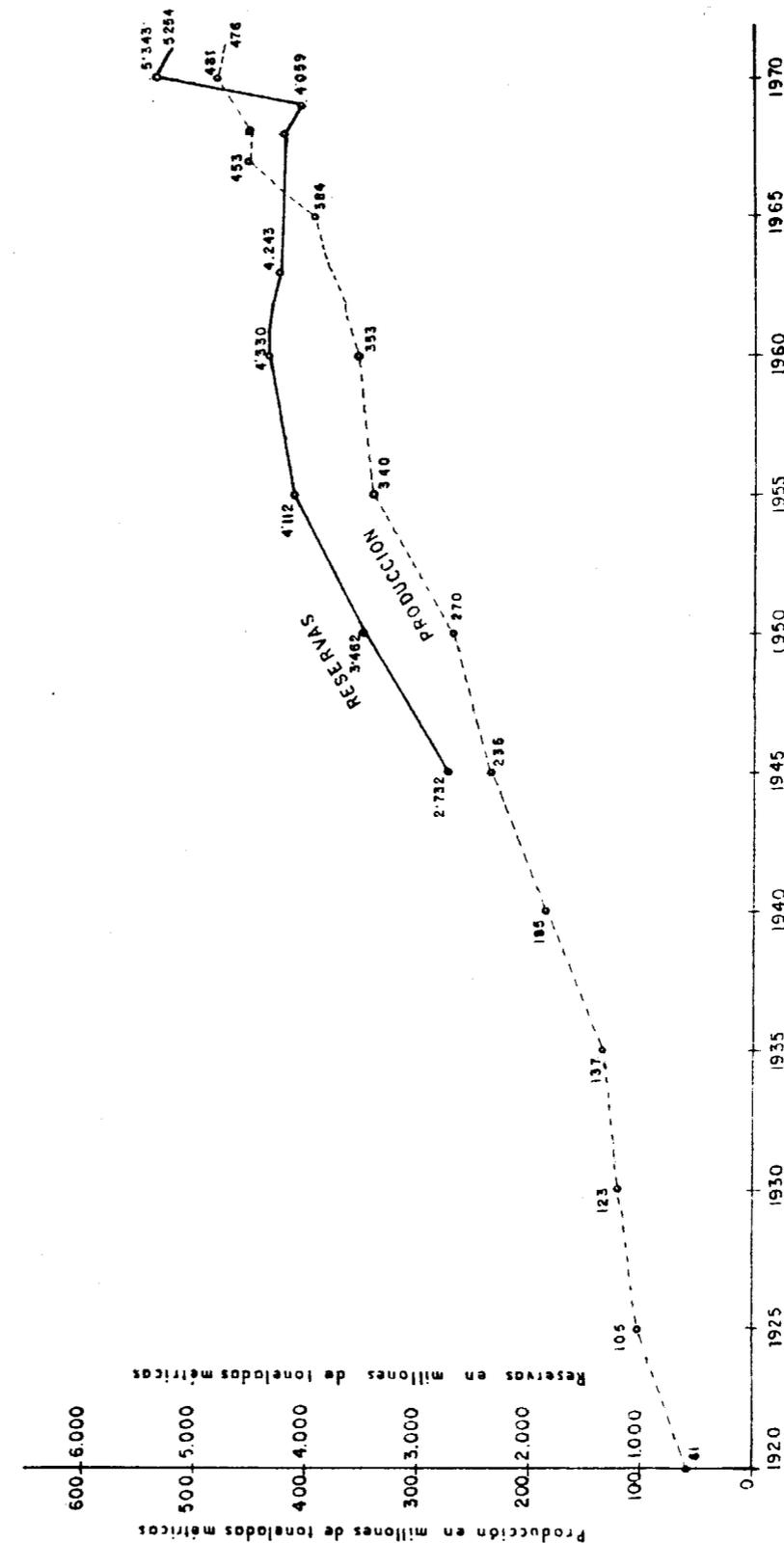
si no hacemos un esfuerzo de investigación muchas veces superior al que hoy se hace.

2.º Al ritmo de nuestras prospecciones y de nuestros descubrimientos, en el año 1980, que no está lejos, nuestro déficit en hidrocarburos, mirando exclusivamente a la producción del territorio nacional, será superior a los 60 millones de toneladas. Si tenemos en cuenta, además, las investigaciones que hace España a través de la entidad estatal HISPANOIL, entonces dependerá mucho nuestro futuro del esfuerzo económico que se haga fuera, pero también dentro del país.

Si multiplicásemos por 3 ó por 4 el esfuerzo actual, entonces no es muy aventurado decir que podríamos llegar a cuadruplicar el ahorro de divisas que signifi-

GRAFICO VII

### PRODUCCION Y RESERVA DE PETROLEO EN LOS ESTADOS UNIDOS



ca nuestra producción de fuera de España. Estamos aproximadamente en 2,0 millones de toneladas de producción española entre Libia y Dubai. Dentro de dos años se elevará probablemente hasta unos cuatro millones de toneladas debido al aumento previsto en Dubai (gráfico VIII).

3.º La pequeña producción del interior ha sido hasta la fecha solamente la de Ayoluengo, que ha dado 140.000 toneladas de crudo en 1972, y la de gas de Vitoria, que produce unos tres millones de metros cúbicos al año. Si bien son cantidades muy pequeñas, en cambio son muy significativas en cuanto a la posibilidad de encontrar petróleo y gas en el continente en cantidades mucho más importantes.

4.º La plataforma submarina ya empieza a dar sus frutos, puesto que frente a Castellón y Tarragona hay estructuras descubiertas por métodos geofísicos que están en condiciones de producir 1,5 millones de toneladas al año, y para el año 1975 no es aventurado decir que sobrepase la producción interior los dos millones de toneladas de crudos (gráfico VIII).

5.º En las sierras de Alava se han localizado y medido su cubicación, depósitos de gas de grandes dimensiones, pero que debido a una baja porosidad y permeabilidad de los horizontes geológicos que constituyen su estructura, no parecen explotables de momento. Sin embargo, se ve la posibilidad, si se estimulasen convenientemente estas costosas y arriesgadas prospecciones, de encontrar zonas más permeables que pudiesen resultar explotables. Es un dato favorable el que la presión del gas es muy grande en la formación.

6.º El incremento de consumo de petróleo para las industrias que no son productoras de energía, como la petroquímica, que consume naftas y otras materias primas de destilería, podrán afectar a las estimaciones del futuro que damos en nuestro gráfico VIII y que en todo caso no son muy tranquilizadoras.

7.º Somos un país en desarrollo, con un incremento anual de consumo total de energía, que bajó poco en 1971, del 10 por 100, lo que nos obliga a importantes previsiones, so pena de frenar mucho ese desarrollo.

8.º La demanda de energía en España aumenta mucho más rápidamente que el Producto Nacional Bruto (P. N. B.). Esto es natural, ya que el consumo agrícola de energía es muy inferior y va disminuyendo en proporción para dar paso a la industria, cuyo

índice de desarrollo es altísimo. Por eso creemos que si el crecimiento del P. N. B. se mantiene en un 7 por 100, como es probable, hasta 1980, el de consumo de energía debe ser mayor. Los gráficos los hemos puesto en un 7,50 por 100 aun creyendo que nos quedaremos cortos (gráfico IX).

La producción total de energía eléctrica en 1972 ha sido de 68.350 millones de kW/h. en el año, con aumento del 9,3 por 100 sobre 1971.

9.º Como complemento de los gráficos diremos lo siguiente:

El aumento anual acumulativo de energía primaria en el mundo ha sido desde 1963 a 1968 del 8,1 por 100. En Italia, en 1966-70, aumentó el 7,5 por 100 anual.

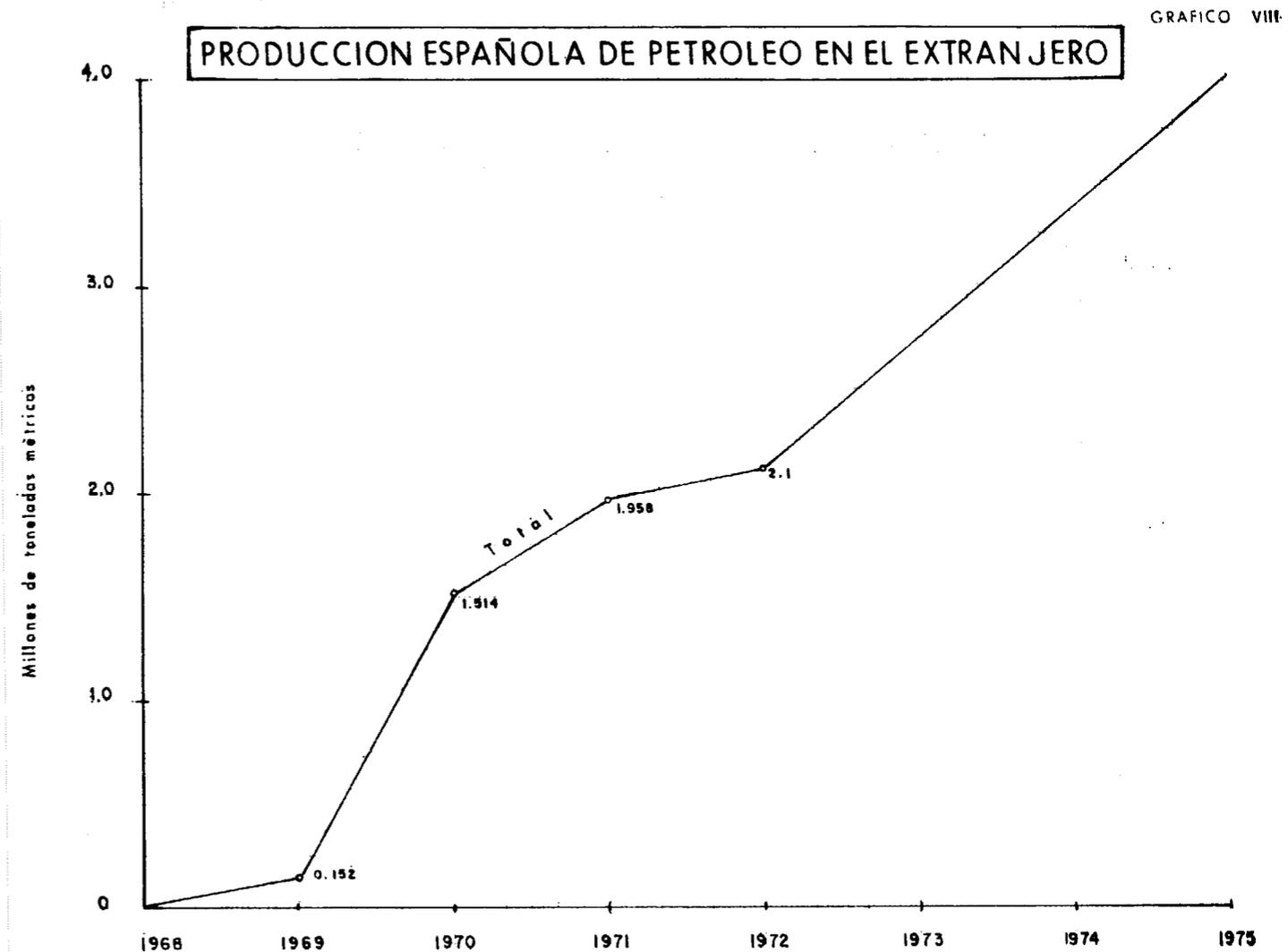
En la CEE calculan del 1965 al 1980 un aumento del 4,4 por 100 y en USA, de 1965 a 1980, del 3,3 por 100.

Es evidente que llegando a un alto nivel económico y elevada Renta Nacional se disminuye el índice de crecimiento.

A España le corresponde, como hemos dicho, para los próximos ocho años un crecimiento del 7,5 anual, que creemos se cumplirá como cifra mínima. No debemos olvidar que entre los años 1971 y 1972, la tasa de aumento de consumo energético llegó al 9,3 por 100 y el de petróleo al 10 por 100.

Por los gráficos se ve que si bien en términos relativos llegará a ser importante en 1980 la competencia de la energía atómica, en valores absolutos, el consumo de petróleo seguirá aumentando a un ritmo muy rápido. La razón es que el gasto correspondiente a transportes terrestres y marítimos, petroquímica, consumo directo en otras industrias y en las ciudades, significan en conjunto un aumento relativamente mayor (gráfico IX).

10.º Todo ello nos inclina a considerar muy rentable, bajo el punto de vista de los intereses del Estado, el emplear cantidades muy superiores a las que hoy, directa o indirectamente, se emplean en la investigación de los hidrocarburos. Al mencionar este incremento de inversión, nos referimos tanto a las cifras que se pueden consumir directamente a través de sus Organismos, como son el Instituto Geológico y Minero, ADARO, el INI e Hispanoil, como la que podría aportar el Estado en colaboración técnica y económica con la investigación privada, como se hace en otros países, como en Francia, Inglaterra y principalmente Alemania, donde las ayudas son muy importantes, aunque el investigador del petróleo, sea



particular. No hablemos de los EE. UU., pues la ayuda la reciben las Compañías de distinta forma, al haberles permitido siempre unos precios muy superiores al que paga CIF, cualquier país del mundo por el petróleo importado. Más adelante damos algunos datos sobre ello y sobre cotizaciones del petróleo. Lo que no hay que perder de vista, es que el petróleo es, en general, junto al pozo explotable, un producto barato, que se encarece escalonadamente entre transporte, refinería, distribución y sobre todo por los impuestos, ya que directa o indirectamente el Estado se llevará la mayor parte del valor de un petróleo descubierto por un tercero. Por lo tanto, aun pensando en las situaciones más pesimistas re-

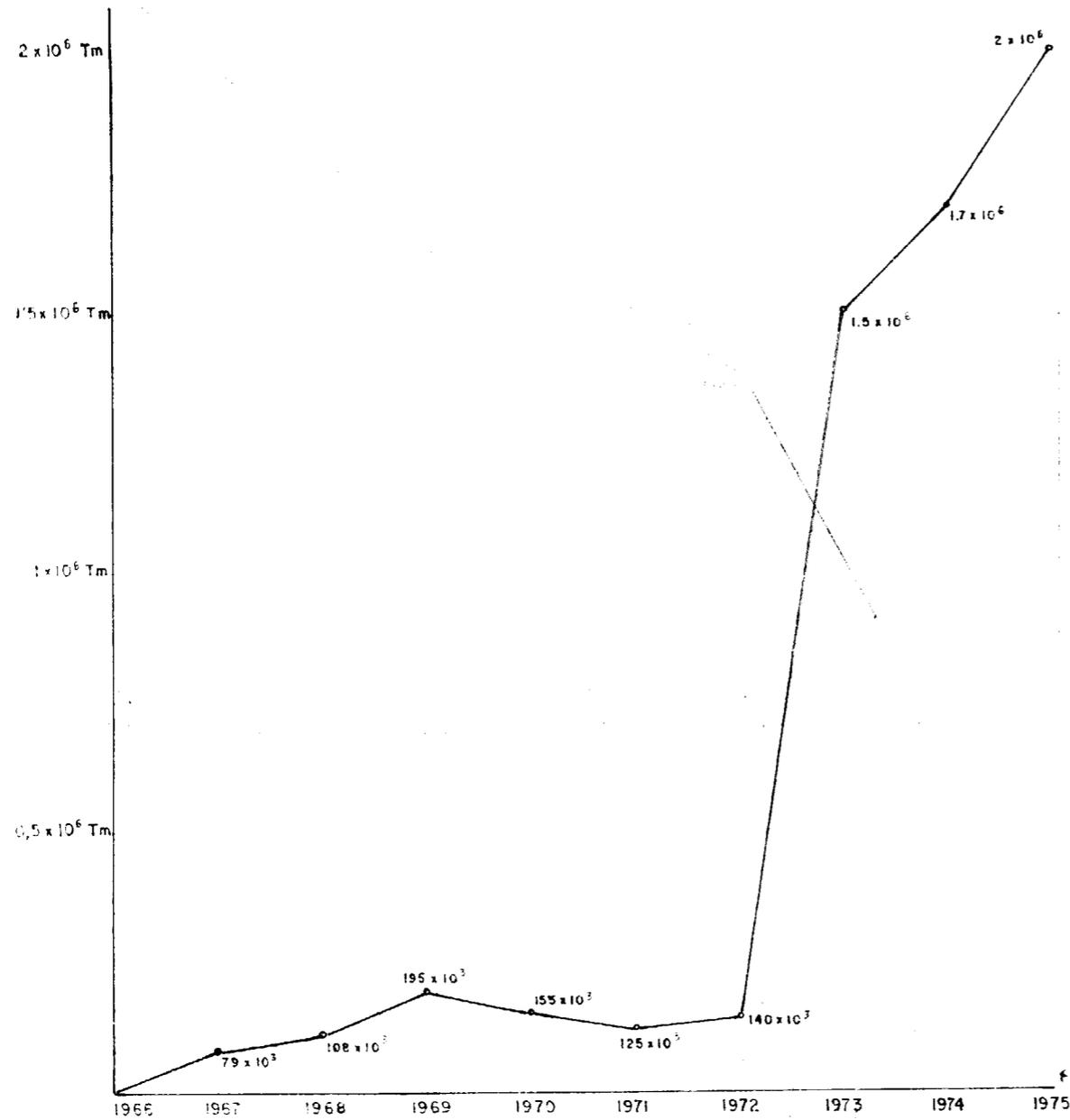
ferentes a prospecciones poco afortunadas, al Estado le conviene hacer un esfuerzo a favor de todo aquel que quiera buscarlo con elementos técnicos y económicos que se puedan considerar de suficiente capacidad.

#### IV. LA ENERGÍA NUCLEAR COMO COMPLEMENTO DEL PETRÓLEO

Para juzgar el problema en todos sus aspectos, diremos a su favor en cuanto a energía, que se ha puesto en marcha el gran programa español de producción eléctrica con centrales termo-nucleares, facilitado por la existencia de reservas de uranio en

GRAFICO VIII-

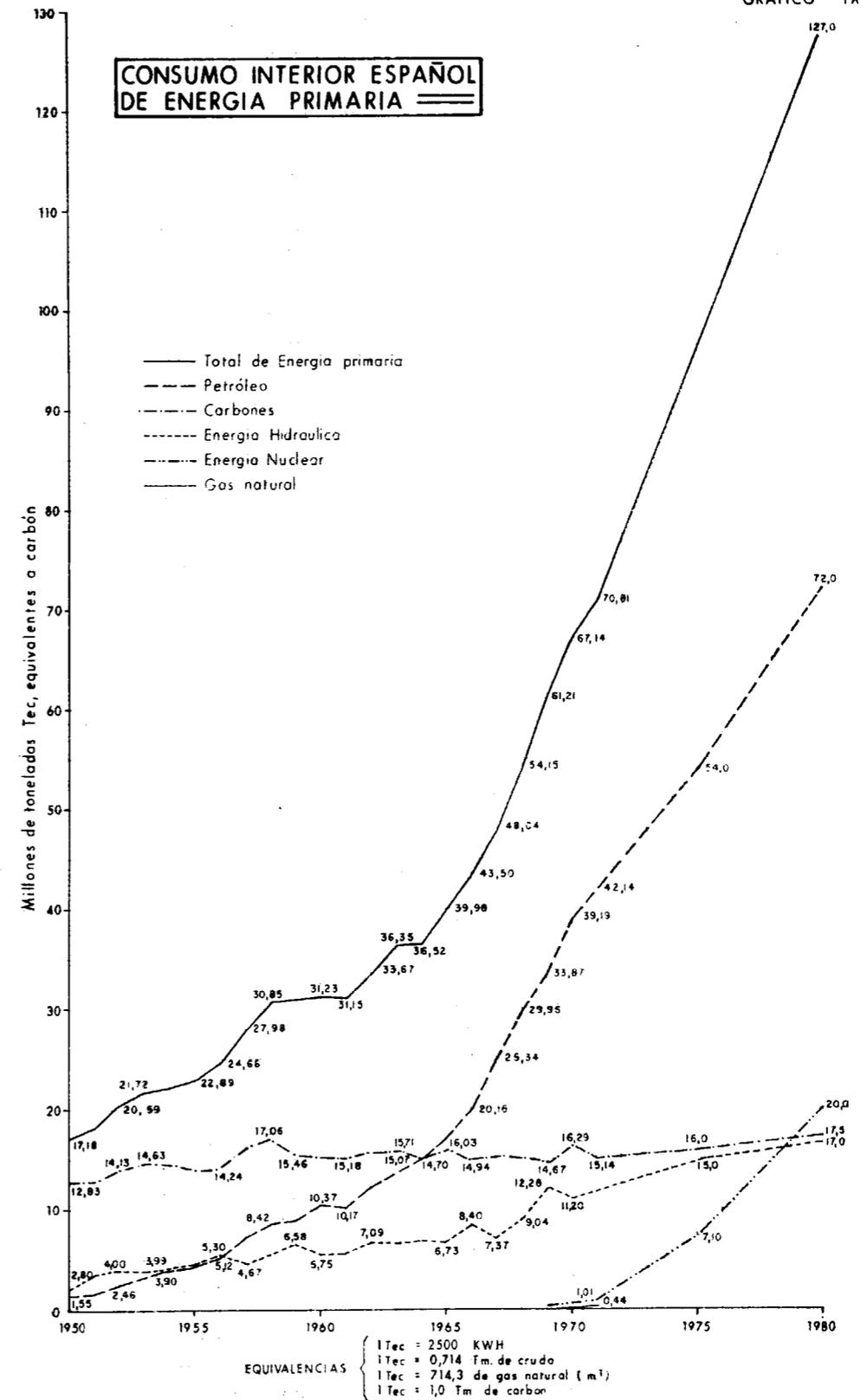
**PRODUCCION INTERIOR DE PETROLEO EN ESPAÑA**



España. Pero hasta 1985 no es fácil se aclare la situación, y para esa fecha también habrá subido el consumo del petróleo a 2,5 veces el actual debido a diferentes causas, ya previstas. Por otra parte, el Organismo Internacional de Energía Atómica estima que el año 1980 será crítico por insuficiente pro-

GRAFICO IX

**CONSUMO INTERIOR ESPAÑOL DE ENERGIA PRIMARIA**



EQUIVALENCIAS  
 1Tec = 2500 KWH  
 1Tec = 0,714 Tm. de crudo  
 1Tec = 714,3 de gas natural (m<sup>3</sup>)  
 1Tec = 1,0 Tm de carbon

ducción mundial de energía. Este Organismo cree que hasta el año 2000 no llegarán las centrales nucleares a cubrir el 50 por 100 del consumo total.

En España, en el año 1969, se puso en marcha la primera central de energía atómica, con una potencia instalada de 153 MW. Es de uranio enriquecido y agua a presión, hoy ya funcionan tres centrales, con una producción de más de 7.000 millones de kW/h. anuales de origen nuclear, que se suman a la hidroeléctrica y a las centrales tradicionales de carbón, y se espera que la producción de energía no procedente de hidrocarburos llegará en 1980 a más de 100.000 millones de kW/h., una parte importante de origen atómico.

Mientras tanto el consumo de energía eléctrica total habrá llegado a 172.500 millones de kW/h. en el año (datos del PEN), con una diferencia a cubrir con hidrocarburos del 37 por 100 aproximadamente. Esto, unido a los demás consumos, significará un déficit en 1980 de 60 millones de toneladas de petróleo, cantidad importante que debemos intentar cubrir parcialmente con nuevos descubrimientos dentro y fuera de España. Volvamos al gráfico IX con la estimación de nuestro futuro energético.

El hecho es que la energía nuclear sigue su marcha ascendente y en EE. UU. la producción de 1970 ha sido de 70.000 millones de kW/h.; en Francia, en el mismo año, de 9.000 millones de kW/h.; en la CEE se prevé que para 1985 habrá una potencia instalada en los seis países miembros, que será de 100.000 MW.

En 1970 ya se produjeron en España 923 millones de kW/h., el 1,6 por 100 del total, que fue de 56.347 millones de kW/h. (gráfico X).

En 1971, 2.500 millones de kW/h. por haberse sumado Santa María de Garoña. Es de uranio enriquecido y agua en ebullición.

En 1972, que se puso en marcha Vandellós, de uranio natural, produjeron entre todas el 4,05 por 100 de la total energía eléctrica (datos del PEN-UNESA), o sea, 6.900 millones de kW/h. nucleares.

A finales de 1972, existen las tres citadas centrales nucleares, con potencia total instalada de 1.113 kW., y una capacidad de producción de 7.360 millones de kW/h. año.

En proyecto hay otras tres centrales nucleares previstas para su puesta en marcha de 1977 a 1978: Almaraz (Cáceres), Lemoniz (Vizcaya) y Ascó (Tarragona). Ha sido autorizada otra más en Cofrentes.

Estarán montadas con dos grupos gemelos de 930 MW. de potencia cada uno. Las tres primeras son de uranio enriquecido y agua a presión, como

Zorita. La de Cofrentes de uranio enriquecido y agua en ebullición, y de potencia análoga a las anteriores, será capaz para 12.000 millones de kW/h. al año.

También hay en proyecto la instalación antes de 1980 de otras tres más.

Se espera que hacia 1977 se producirán 16.900 kilovatios/hora al año de origen nuclear, que será un 13,8 por 100 de la producción total de energía eléctrica en ese año, que se estima en 122.500 millones de kW/h. (gráfico X).

Para 1980 se contará con una instalación de 8,3 MW. nucleares y se producirán 48.300 millones de kW/h., que significarán el 28 por 100 del total, que será de 172.300 millones de kW/h.

El cuadro de producción previsto será en 1980:

Electricidad hidráulica ... ..	20,6 %
Electricidad con centrales de fuel ... ..	37,1 %
Electricidad con carbón ... ..	14,3 %
Electricidad con centrales nucleares ... ..	28,0 %

Para fin de siglo España deberá tener el equivalente de 70 u 80 centrales nucleares del tipo de 930 MW. Pero éstas consumirán mucha agua, lo que obligará a situarlas cerca del mar o de grandes ríos, pues la contaminación radiológica y térmica de las aguas son problemas a tener en cuenta.

El coste del kW. nuclear, se igualó a partir de 1965 y en la actualidad (1972), es teóricamente más bajo que el kW. térmico, de fuel o gas, que cuesta de media 0,55 pesetas; el de carbón cuesta 0,61 pesetas; el de central nuclear 0,43 pesetas. La diferencia principal está en el coste del combustible y de su transporte (datos de *Ingeniería Química*, octubre 1972). Aún se rebajará más con las grandes centrales term nucleares. Sin embargo, hay que tener en cuenta, que así como a estas centrales se les ayuda en todos los aspectos, a las de petróleo se les carga de impuestos, directos e indirectos, por lo tanto los precios reales no son totalmente comparables.

España tiene yacimientos de uranio y torio, con reservas del orden de 10.000 toneladas. Las reservas mundiales son 700.000 toneladas, de las cuales 600.000 en Africa del Sur, Canadá y USA.

Pero con los citados proyectos, las necesidades de España para 1981 serán de 2.200 toneladas de uranio, por lo tanto, se comprende que solamente poniendo en marcha los reactores rápidos podremos asegurar nuestro suministro interior. Ese ciclo de transformación llevará su tiempo, y no creemos que antes

GRAFICO X

PRODUCCION DE ENERGIA NUCLEAR EN ESPAÑA

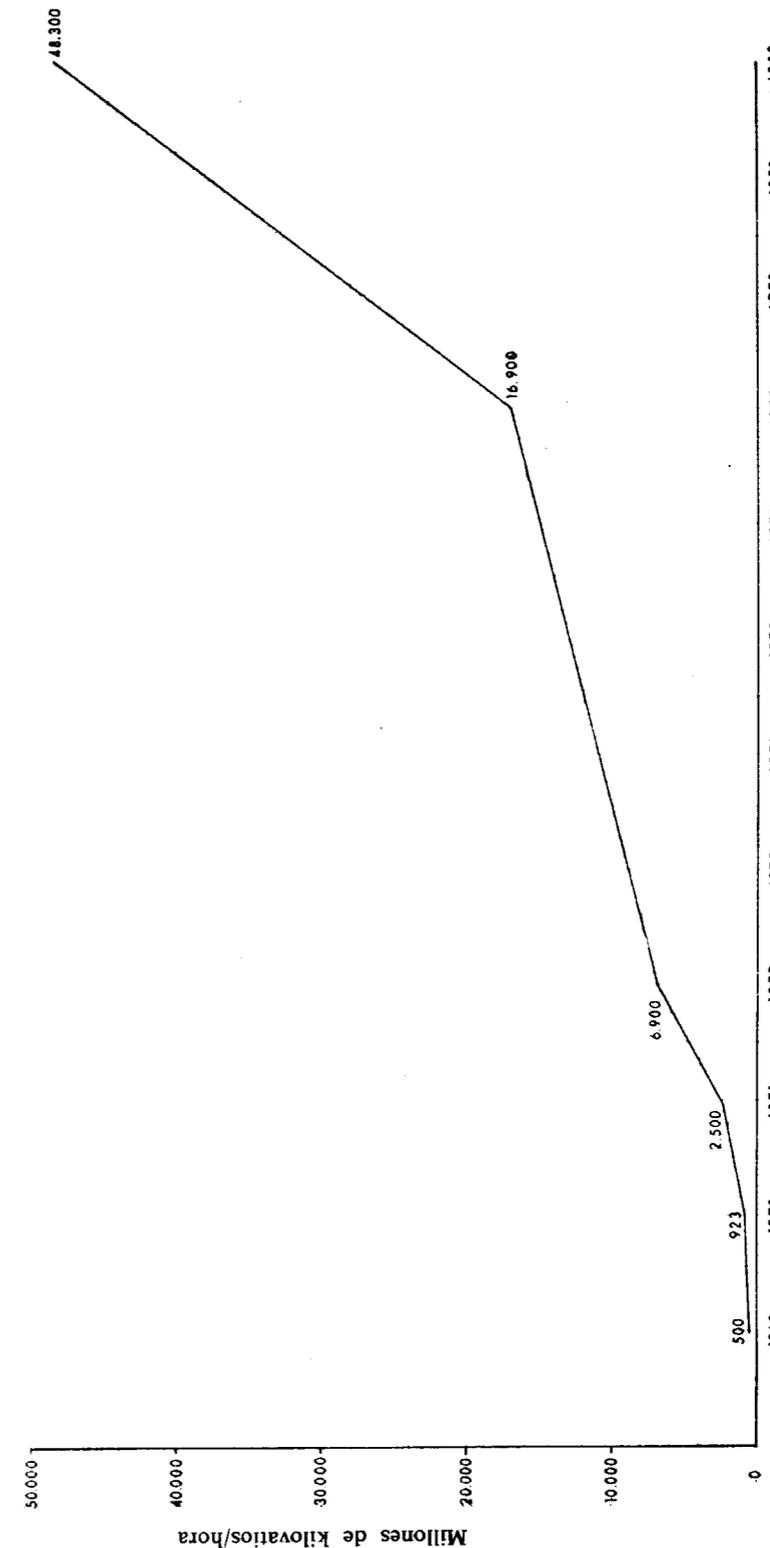
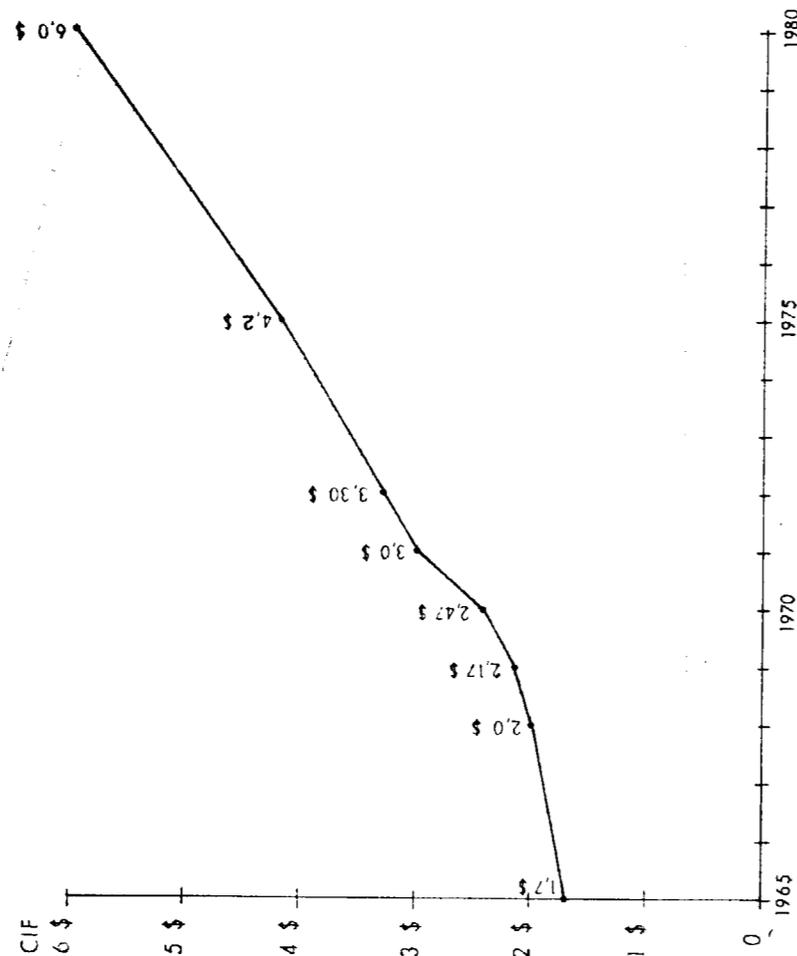


GRAFICO XI

ESTIMACION DE PROMEDIO DE PRECIOS DE IMPORTACION DEL PETROLEO CIF PUERTO ESPAÑOL  
TIPO ARABIA DE 34° API CON POCO AZUFRE



de 1985 esté técnica y económicamente resuelto (de *Ingeniería Química*, octubre 1972). En resumen, que el desarrollo de la energía nuclear no puede ir tan rápido como se desea. Además el costo de las centrales sigue siendo más alto de lo que se preveía. Por ejemplo, en 1959 se creía en Inglaterra que diez años después el 75 por 100 de las nuevas plantas productoras de electricidad serían atómicas. El resultado fue que sólo el 39 por 100 de las plantas encargadas entre 1966-1969, están movidas por fuerza nuclear. Este país y los EE. UU. son los dos más avanzados del mundo en la producción de energía atómica. Pero en 1969, los encargos de plantas nucleares de los EE. UU. habían descendido al 20 por 100 del total, después de llegar al 50 por 100 en 1967. La razón principal de estas indecisiones, es que con el tipo de plantas actuales, no contaremos en el mundo con suficientes reservas de uranio, para los programas nucleares previstos, que están de acuerdo con el constante y rápido crecimiento de la demanda de energía (de *Shell Briefing Service*, septiembre 1972). Estos programas no son fáciles de realizar, y aunque se cumplan, seguirá mandando el petróleo por mucho tiempo, y después, cada tipo de energía tendrá su campo de acción y será todo necesario para poder seguir el ritmo de desarrollo de la humanidad y en particular el de España.

#### V. COSTE DEL PETRÓLEO

El constante aumento del coste del petróleo tiene sus explicaciones.

Los países árabes suben los precios porque pueden hacerlo, y porque cada día son más reducidas las zonas de petróleo barato en el mundo.

Los nuevos yacimientos, como los de Alaska, son caros de explotación y de transporte.

El Mar del Norte debería dar un petróleo económico de portes, pero tienen también sus problemas de conducción. sobre todo resulta mucho más caro de investigación, explotación y de instalaciones.

En EE. UU. ya se adelantaron hace tiempo a las circunstancias, elevado el precio muy por encima de los de Oriente Medio, y restringiendo la producción de los campos de su territorio. El resultado es que explotan yacimientos inexplorables en la mayor parte del mundo, con una producción media muy pequeña por sondeo.

Es de interés comparativo el conocer ciertos detalles. Tienen hoy 517.000 pozos en producción, con

una media de unos 14 barriles/día por pozo (1,87 toneladas/día), tienen cuencas con 0,2 barriles/día por pozo, como resulta de los 67.580 pocos productores de Pennsylvania. Mientras tanto en otros países, como Kuwait, la media de los 693 pozos en producción ha sido en 1971 de 4.200 barriles/día, datos a tener en cuenta para considerar los extremos económicos en este asunto.

Si nos trasladamos a Arabia, resulta que un nuevo campo descubierto en un desierto a más de 100 kilómetros del mar, no es económico ponerlo en producción a los costes actuales, si sus reservas no son elevadas y un solo pozo puede no ser rentable con menos de 1.000 barriles/día. Por otra parte, en Libia hay un pozo récord con 90.000 barriles/día de producción, y en Oriente Medio varios con más de 75.000 barriles/día. En el Mar del Norte, la producción de los nuevos pozos oscila entre 5.000 y 11.000 barriles/día.

Para pensar con cierto optimismo en cuanto al porvenir, citemos también los nuevos descubrimientos de Nigeria, que a finales de 1971 tenían 500 pozos en producción con una media de 3.047 barriles/día, y varios que sobrepasan los 9.000 barriles/día. Su total producción en ese mismo año ha sido de 75 millones de toneladas; pero los precios se han puesto a 3,56 \$ FOB por barril de crudo de 34° API, a nivel de las nuevas circunstancias.

A pesar de tanto descubrimiento hemos reducido el tiempo de agotamiento total de las reservas del mundo, y eso afectará también a los precios. Los gastos de Alaska serán también enormes, debido a su situación geográfica y, por lo tanto, seremos muy optimistas si calculamos su costo al nivel de los precios de protección del petróleo de EE. UU., hoy por encima de 3,40 \$ el barril de 34° API sobre yacimiento, y este precio tendrá que elevarse, ya que un pozo americano produce una media tan baja.

Ahora, volvamos al Mar del Norte, situado en el centro de una de las mayores y más densas concentraciones del mundo, en cuanto a consumo de energía. La puesta en producción de un campo, gastos de investigación y sondeos incluidos, significan una cifra superior a 2.000 \$ por bidón/día. Esto unido a unos gastos de explotación, que ya sabemos serán mayores de lo normal, debido a la dureza de ese Mar y a fosas situadas entre el continente y los yacimientos que dificultarán el transporte, obligará a unos precios de protección relativamente elevados, si se pretende aprovechar adecuadamente tan inmensa riqueza.

Si a esto le añadimos los incrementos de precio que se están produciendo en el Cercano y Medio Oriente, y que no es probable se consigan parar, unido a la inevitable inflación mundial, que puede ser del 5 por 100 acumulable; admitiendo que la peseta mantendrá aproximadamente para el año 1980 una paridad con el dólar, del orden de 60 pesetas, se explicará que hayamos puesto en el gráfico XI como estimación para ese año, un precio CIF España de 6 dólares por barril, lo que da 2.665 pesetas por tonelada (la reciente crisis del dólar, posterior a la redacción del trabajo, nos hizo variar la estimación en dólares, de 5,5 a 6 dólares, pero no cambió la evaluación en pesetas por tonelada).

Si no contamos más que con la producción interior previsible, el déficit será de 60 millones de toneladas en 1980, que multiplicadas por el precio estimado de 2.665 pesetas por tonelada, significará la cifra de 157.000 millones de pesetas en ese año. Creemos que cualquier esfuerzo que se haga para disminuirla será rentable.

#### *Otras consideraciones sobre los precios.*

Anterior a la crisis producida por los países de la OPEP, los precios eran, en general, bajos en Oriente, alrededor de 1,5 dólar barril FOB golfo Pérsico; en Trípoli (Libia), era de unos dos dólares barril referido a un producto de 34° API y un poco azufre. Mientras tanto, en USA el precio sobre yacimiento se mantenía desde hace tiempo en 3,2 dólares barril, por la citada política de protección, que les permitía investigar, perforar y explotar pozos muy pobres; pero luego muy conservadora en cuanto a extracciones.

Con los nuevos descubrimientos del Artico y del Mar del Norte, que son caros de prospección, explotación y transporte, no se podría pensar en competir con los precios del Oriente Medio. Esta situación de general carestía tenía que producir una reacción, cuyo resultado ha sido la conocida crisis del petróleo. Hoy el crudo del Golfo Pérsico se ha puesto a 2,59 dólares FOB, el de 34° API, y los de Libia, de 40° API a 3,77 dólares, con un convenio de subida discreta hasta 1975, y después se producirá una nueva discusión de precios.

Teniendo en cuenta los varios aspectos tanto políticos de Oriente, como los costos reales de los nuevos descubrimientos, que cada vez serán más elevados, pues lo fácil del mundo se va acabando,

hemos llegado a la conclusión de que llegaremos al año 1980 con el citado precio CIF puerto español, sin duda, superior a 6 dólares por barril en términos monetarios.

El costo también está directamente relacionado con lo que llamamos Reservas Recuperables; un campo puede dar petróleo barato en una primera recuperación normal, sin bombeo y sin otros problemas mucho mayores. Pero si pretendemos hacer una explotación exhaustiva para aprovechar debidamente su contenido, como se tendrá que hacer forzosamente en el futuro, entonces cada barril de petróleo resultará mucho más caro de extracción a medida que avance la explotación. Esto significará que los sistemas de recuperación secundarios de un campo, complementados con los métodos modernos de inyección de vapor y otros más complicados y onerosos, permitirán aumentar las reservas útiles con las que podremos contar, pero al mismo tiempo se tendrá que hacer a priori, una estimación de costos teniendo en cuenta, con un obligado aumento de precios.

#### *Curva de precios del crudo importado.*

Esta curva se ha dibujado con pocos datos de garantía y, por lo tanto, más bien con un criterio propio y poniendo los valores medios más probables (gráfico IX).

La razón ha sido que, como existen unos "Precios Base" (Posted Price), que son los que se aplican para impuestos en los países de origen, y los precios reales de compra han variado mucho según las épocas y las circunstancias, los que damos, o sea los de compra directa con sus correspondientes descuentos, pretenden ser los verdaderos y se deberán mirar con toda clase de reservas y sólo como orientación.

En las previsiones para el futuro, nos podremos equivocar mucho más aún, sin embargo, conviene que se sepa el criterio adoptado:

Se ha considerado, como hemos dicho, la inflación mundial inevitable entre ciertos límites. Se ha tenido en cuenta la lucha que sostienen los países productores por elevar los precios del crudo y que se agravará a partir de 1975. Por último, creemos que la competencia de los nuevos descubrimientos, ha de ser pequeña, pues como decimos en otro lugar, han de proporcionar un producto caro.

Por otra parte, EE. UU. no podrá aumentar mucho su índice de producción, porque no tienen reservas suficientes, y tendrán que elevar sus precios durante ese tiempo. En resumen, que no quedan para

el mundo libre más que el Cercano y Medio Oriente, además de Africa, para poder mantener unos precios aceptables para la industria, para este tan importantísimo producto.

Además, las previsiones de necesidad de importación de petróleo en EE. UU. para 1985, están en 750 millones de toneladas anuales. Esto significará una seria competencia para los demás países occidentales, que también necesitarán mucho más petróleo.

Otros detalles comparativos a tener en cuenta para los futuros precios del petróleo: existen unas arenas bituminosas en Canadá (Alberta), que pueden ser explotadas. Las citamos como ejemplo de un tipo de yacimiento que se explotará en un porvenir no lejano. Se estima que esos grandes depósitos contienen unos 300.000 millones de barriles de petróleo. Es una reserva importante, pero analicemos el posible costo. Su puesta en marcha requiere una inversión de más de 500 millones de dólares sólo para producir siete millones de toneladas al año de crudo. Una importante compañía canadiense opina que su costo en yacimiento será de 3,30 dólares por barril. Sin embargo, se especula sobre la necesidad de un precio superior a los cuatro dólares por barril para que sea rentable la explotación.

Como el crudo canadiense sufre ahora una subida que lo pone en 3,20 dólares por barril, ya tenemos dos nuevas orientaciones para los precios que se pueden esperar.

Han influido también en nuestras estimaciones lo siguiente: en Argelia han establecido los nuevos precios oficiales del crudo de sus yacimientos.

Es de muy buena calidad, de 44° API y los precios varían entre 3,66 dólares por barril FOB en 1972 hasta 4,17 dólares por barril para 1975; con los descuentos correspondientes a las densidades mayores, se pone el tipo de 34° API en 3,49 dólares en 1972 y en cuatro dólares en 1975.

Hacemos, sin embargo, la advertencia de que se está comprando todavía por contrato directo por debajo de estos precios oficiales. Pero la verdad es que ambos precios se van acercando.

Las cifras citadas son muy discutibles, por eso nos conformamos con hacer una serie de consideraciones sobre ellas ateniéndonos a los países que mandan en la economía del petróleo.

Para terminar, consideremos que hay tres grandes sectores que dirigen los precios a su manera: 1.º) Los EE. UU., con un alto precio de protección y de estímulo a la investigación, pero también obligados por un costo de producción muy elevado, por

la reducida producción unitaria de sus pozos; 2.º) El bloque comunista, cuyo precio real es desconocido y no influye, pues exporta relativamente poco fuera de su órbita y adaptan los precios a la conveniencia de los tratados comerciales. Además, tampoco les sobrarán mucho petróleo en el futuro; 3.º) Los países árabes, que controlan bastante más de la tercera parte de la producción mundial, y que son los únicos que podrían mantener unos precios bajos, porque se lo permite la fabulosa riqueza de sus yacimientos, pero que están decididos a hacer todo lo contrario, que es subir los precios al nivel de las circunstancias del resto del mundo.

Por eso, después de las consideraciones generales hechas para distintos países productores, nos atengamos a nuestro gráfico adjunto núm. IX, a los precios medios que está pagando España por el petróleo importado y a unas estimaciones futuras que damos como propias.

#### VI. INCENTIVOS A LA INVESTIGACIÓN DE HIDROCARBUROS

El principal incentivo que ha podido recibir siempre el investigador del petróleo, ha sido el precio. Un precio tal, que teniendo en cuenta los grandes riesgos que trae consigo la perforación de cada sondeo de prospección (del 80 al 90 por 100 de probabilidades en contra), sobre otros gastos de la investigación científica y técnica, le valgan la pena al que lo hace, en espera de los grandes beneficios que le puede reportar el buen éxito de su empresa.

Este ha sido uno de los factores que ha influido en la economía petrolífera americana, pues cuando se pagaba a 1,50 dólar el barril del Golfo Árabe, en EE. UU. la cotización era 3,20 dólares por barril sobre pozo productor. Esto les ha permitido mantener en producción pozos que serían antieconómicos en cualquier lugar del mundo. En el Golfo Pérsico, menos de 100 barriles/día por pozo, se considera antieconómico. Pero hay otros medios para estimular las investigaciones.

En los mismos EE. UU., las inversiones para buscar petróleo fuera de su país quedaron durante un largo período libre de impuestos, lo que para las grandes compañías que estaba en la escala máxima tributaria significaba una ayuda estatal de gran magnitud.

En Alemania, el Estado ha llegado a prestarle a las compañías petrolíferas hasta el 80 por 100 de

ciertas inversiones a fondo perdido. Si llegan a un descubrimiento rentable, se convierte en un crédito al 5 por 100, amortizándose con dos años de carencia inicial, a razón de 3 DM (60 pesetas) por tonelada producida. Así han llegado a producir en un país de difícil geología, y considerado pobre en cuanto a posibilidades, cerca de ocho millones de toneladas anuales. Hoy están en unos 7,5 millones de toneladas, pero han perforado 340 sondeos por cada 10.000 kilómetros de superficie sedimentaria, mientras que en España estamos todavía en 12 sondeos por la misma extensión y tenemos más de 200.000 kilómetros de sedimentos para investigar, sin contar con las plataformas continentales, poco conocidas hasta la fecha, donde están los únicos descubrimientos de importancia, por su producción inicial.

En otra forma reciben como subvención 0,5 dólares por tonelada de petróleo descubierto.

En Francia, la ayuda estatal se ha hecho en forma de una prima de 0,9 dólares por tonelada sobre el precio del petróleo descubierto, pero también en forma de préstamo a fondo perdido, que llegan al 100 por 100 del capital invertido por el investigador. Existe un "Fonds de Soutiens aux Hydrocarbures" que hasta 1972 había invertido 680 millones de dólares. Además de estas ayudas directas, conceden exenciones fiscales muy importantes. Algo similar se ha hecho en Italia, donde la subvención es de 1,3 dólares por tonelada de petróleo descubierto. Las aportaciones estatales aprobadas hasta 1971 fueron de 1.855 millones de dólares. En Inglaterra serán los nuevos campos motivo de un arreglo especial cuyo alcance desconocemos.

## VII. DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

La prospección petrolífera tiene en España, por sus especiales dificultades geológicas, características de verdadera investigación: mucho más teniendo en cuenta que no pasa un año sin que se modifiquen los métodos encaminados al mismo fin, o sea al descubrimiento de depósitos de hidrocarburos que resulten rentables, aunque no fuese más que a nivel de la economía estatal. Pero esto no se ha conseguido hasta la fecha más que en cantidades que no resuelven nuestro problema nacional. La situación no mejora más que en las plataformas marítimas, ya que en el resto, la mayoría de las compañías privadas, que se han gastado bastante miles de millones en prospecciones, no han visto coronado con el éxito su

esfuerzo económico, ni siquiera han sentido a su lado la ayuda suficiente del Estado como estímulo a su importante labor.

Estimamos, por ello, que un organismo estatal, como puede ser el IGME, dedique una parte de su actividad a colaborar con la investigación, estimulándola y ayudando en lo posible al prospector para que no sólo prosiga la labor emprendida, sino que intensifique sus trabajos de prospección.

Ya hemos dicho que solamente se han perforado unos 12 sondeos por cada 10.000 kilómetros cuadrados de superficie sedimentaria. Esta es una cifra demasiado pequeña para que nos permita opinar en serio sobre nuestras posibilidades de hidrocarburos. En otros países la ayuda estatal ha sido muy grande, mientras que en España la empresa privada no ha tenido ayuda económica suficiente. El ejemplo de Alemania es aleccionador. Considerada inicialmente pobre en posibilidades, ha conseguido una producción acumulada de más de 120 millones de toneladas de petróleo y gran cantidad de gas. España, por el contrario, ha producido muy poco; desde este mes produciremos 20.000 barriles/día más del petróleo de Amposta, lo que nos pone en la situación de poder decir que ha sido mucha la suerte para tan pequeño esfuerzo. En resumen, opinamos que las perspectivas de España siguen siendo muy esperanzadoras. Creemos que debe estimularse la investigación con las siguientes actuaciones:

1. Una mayor coordinación entre las acciones de los principales organismos interesados en la investigación de hidrocarburos: Instituto Geológico y Minero de España, Servicio de Hidrocarburos de la Dirección General de la Energía, Instituto Nacional de Industria y empresas privadas.
2. El Instituto Geológico y Minero desarrolla, dentro del III PDES, un proyecto de recopilación e interpretación de datos procedentes de investigaciones petrolíferas, cuyo fin es constituir un archivo centralizado de todos los trabajos geológicos, geofísicos y geoquímicos efectuados en la prospección petrolífera del territorio español. Otros organismos interesados en esta investigación realizan trabajos semejantes.
3. Esta dispersión de esfuerzos debería coordinarse, constituyendo en el IGME una Comisión de Investigaciones Petrolíferas, de la cual debería formar parte representantes de los organismos interesados en la materia.

4. La misión principal de la Comisión será la de coordinar y centralizar todos los trabajos realizados hasta la fecha en el campo de los hidrocarburos, en forma tal, que puedan ser archivados en ordenador y procesados con posterioridad. Esto dará lugar, por el proceso de estos datos, a la confección de los primeros mapas geofísicos, magnéticos y gravimétricos de toda la superficie española, que ya se han hecho imprescindibles para el buen conocimiento del subsuelo, en cuanto a sus posibilidades petrolíferas. La colaboración prestada por todos los organismos que constituyan la Comisión, facilitará la recopilación de datos que efectúa el IGME, que a su vez complementaría esta información con la que el mismo obtiene y recopila de los estudios de investigación minera, hidrológica y cartográfica.

5. El Banco de Datos estará a disposición de las sociedades que lo soliciten en las zonas correspondientes a sus Permisos de Investigación.

6. Estimamos que será necesario establecer en España ayudas económicas para determinados sondeos que son precisos para la investigación petrolífera y cuyas posibilidades de éxito son muy limitadas. Podría ser función de esta Comisión el estudio de estos sondeos y las correspondientes propuestas de ejecución, con ayuda estatal, por compañías privadas, así como las condiciones de esta colaboración.

La acción cuya puesta en marcha se propone, tiene dos aspectos muy diferentes que es necesario considerar adecuadamente:

a) El Técnico y Científico, cuya base es la recopilación y archivo en ordenador del mayor número de datos posible, sobre la geología y la geofísica del petróleo; en especial los debidos a todas las prospecciones ya realizadas y, actualmente en desarrollo, procesándolas en forma conveniente e investigando con ellos sobre las posibilidades del territorio español, incluidas las plataformas submarinas.

Consistirá, además, en cooperar con las empresas cuando lo necesiten suministrándoles datos para su concesión, cuando no deban ser reservados y estimulándolas en su labor.

b) El económico es una forma de ayuda más modesta que la que reciben en otros países y diferente. De acuerdo con un programa, el proyecto facilitará los indicados préstamos a fondo perdido, para determinados sondeos, que siendo muy arriesgados,

puedan sin embargo, aportar datos de importancia a la investigación del petróleo.

Resumiendo, el orden de las actividades de la nueva Comisión debería ser:

- a) Archivo de datos en ordenador.
- b) Síntesis geológica de Hidrocarburos.
- c) Síntesis geofísica de Hidrocarburos.
- d) Síntesis geoquímica de Hidrocarburos.
- e) Estudio de datos geológicos y geofísicos.
- f) Proceso de datos geofísicos y geoquímicos.
- g) Propuesta de algunos sondeos de investigación petrolífera, realizados en colaboración entre la Administración y las empresas.

Con la realización de estas acciones, no pretendemos más que poner en marcha un sistema técnico-económico, cuyos previsibles resultados nos podrán indicar las normas a seguir en el futuro.

## VIII. PREVISIÓN DE LOS EFECTOS DEL PROYECTO

No se puede hablar de grandes efectos con un programa que, con las dimensiones propuestas, no significará más que la puesta en marcha de un instrumento que servirá, principalmente, para coordinar esfuerzos y estimular la prospección de los Hidrocarburos.

Sin embargo, en el caso de conseguir éxitos, que son muy posibles, ejercería un impacto directo o indirecto sobre los siguientes sectores españoles:

- a) Investigación y Prospección de Hidrocarburos.
- b) Técnica de Sondeos.
- c) Balanza Comercial.
- d) Potencial Tecnológico.

Sin embargo, pensando en que llegase a adquirir en el futuro las dimensiones técnicas y económicas necesarias, hay grandes probabilidades de que el impacto positivo sea de gran valor, no sólo por lo que se refiere al factor económico, sino por lo que significaría como valor estratégico y sobre todo como valor tecnológico adquirido, que normalmente sería de utilidad para las prospecciones que se realizan fuera del territorio nacional.

En el caso de descubrir gas natural en cantidad, con mayores posibilidades de hallazgo que el petróleo líquido, la economía termoeléctrica así como las de ciertas industrias, mejoraría considerablemente.

## IX. CONVENIENCIA DE LAS ACCIONES PROPUESTAS

La Comisión de Investigaciones Petrolíferas propuesta, es un organismo que debe coordinar adecuadamente toda la labor de investigación petrolífera realizada en España, al mismo tiempo que fomente la ampliación de ciertos estudios, de tipo general. Colaborará técnica y económicamente con algunos sondeos de investigación, cuyos resultados puedan ser de interés para la economía nacional. Para evaluar la conveniencia del mismo hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

1.º Techo económico en el caso de buen éxito: Vemos en los cuadros adjuntos, que de no hacer más de lo que se está haciendo hasta hoy, en el año 1980 tendremos un déficit de hidrocarburos a importar que representará una cifra superior a los 150.000 millones de pesetas al año. Suponiendo que los trabajos representen un gasto de 300 millones de pesetas, que proponemos para lo que quede del cuatrienio, no es cifra para preocupar, ya que en el peor de los casos, nos dejará unos conocimientos de valor incalculable sobre el problema y una mejora de nuestra tecnología.

2.º En cuanto a la posibilidad de realización, con el presupuesto que se propone, no podrá ser muy grande la labor efectuada. Pero solamente con reconstruir en forma de síntesis toda la historia geológica y geofísica referente al petróleo en España, completada con algunos sondeos de investigación de los realizados por las empresas, será nacionalmente rentable, cualquiera que fuesen los resultados prácticos obtenidos, pues nos permitirá conocer mejor el problema en su conjunto y quizá llegar al descubrimiento de hidrocarburos en cantidades muy superiores a las obtenidas hasta la fecha.

A una pregunta del PDES sobre las principales novedades técnicas que se operarán a lo largo de la presente década, contestamos en su día, lo siguiente:

"Se realizará el mapa aeromagnético de toda España, con suficiente precisión para determinar la profundidad y dimensiones de las diferentes cuencas posiblemente petrolíferas. Además de otros estudios de interés, se completarán extensas zonas de sus valores gravimétricos y sísmicos y se coordinarán adecuadamente todos esos mapas. Se incrementará el número de sondeos profundos, en especial en las plataformas continentales. Se realizarán mapas geoquímicos sobre grandes extensiones que se complementa con los geofísicos, para una mejor y más adecuada interpretación de los resultados. Como

consecuencia de todo ello mejorará la técnica española en el campo de la investigación petrolífera."

La oportunidad de esta actuación, creemos se justifica de la siguiente forma: Poseemos en España un enorme archivo de datos, desordenado y desperdigado en muchas manos, que convenientemente unido, coordinado, procesado e interpretado, puede ser de incalculable valor. Esto, unido a que se está realizando o están programados, importantes estudios y mapas geológicos, geofísicos, mineros y geoquímicos de España, y a la cooperación que se pretende con las Empresas estatales y privadas, estimulándolas económicamente, y con la información científica y técnica adecuadas a cada caso, son razones sobradas para que sea oportuno el momento actual para poner en marcha el Proyecto.

Las posibilidades de buen éxito, ya están suficientemente demostradas por los resultados obtenidos hasta la fecha, con una inversión relativamente pequeña, consumida hasta ahora en la investigación de hidrocarburos. No tenemos más que comparar que mientras en España se han hecho los citados doce sondeos por cada 10.000 kilómetros de superficie sedimentaria, en EE. UU. se ha llegado a hacer 55.000 sondeos en 1956, de los cuales 10.000 sondeos de investigación (Wild Cat). En España hemos hecho en los últimos diez años unos quince sondeos de media anual, todos de investigación, excepto los 31 sondeos de desarrollo que se hicieron en Ayoluengo.

Esto es muy poco y los resultados han sido muy buenos, ya que se han descubiertos los campos siguientes:

Ayoluengo, que ha llegado a cerca de 200.000 toneladas al año. El campo de gas de Castillo (Vitoria) con tres millones de m<sup>3</sup>. al año. Amposta, en la plataforma continental, que se la da una producción probable de 1,5 millones de toneladas al año y del que un solo sondeo ha dado en las pruebas 12.000 barriles/día, el de mayor producción unitaria de Europa. El petróleo es de 17,5 API con 5,5 por 100 de azufre.

Sabemos que en el nuevo campo marítimo de Castellón, de desconocidas dimensiones ha dado en las pruebas de un sondeo 2.000 barriles/día (datos de World Oil, agosto 1972), de petróleo más ligero, de buena calidad.

Además existen en España otras muchas manifestaciones de interés.

En resumen, que si no tenemos razones suficientes para ser optimistas en cuanto a nuestras posibilidades de convertirnos en un gran productor, al me-

nos lo somos en cuanto a cubrir una gran parte de nuestro consumo de petróleo y de gas.

## X. CONCLUSIONES

Se ha hecho un estudio general de las circunstancias del mundo ante el gran panorama de los hidrocarburos, en el cual se encuentra España, llegando a las siguientes conclusiones:

1.º Existen sobre la tierra zonas muy diferentes en lo que se refiere a la producción del petróleo, en condiciones económicas para el que las descubrió y las explota con o sin ayuda estatal. Los diferentes tipos de campos productores se extienden desde los conocidos de Kuwait, con una media de 4.200 barriles/día por pozo, con algún sondeo excepcional de 90.000 barriles/día en Libia, hasta los de pobre producción como los más de 60.000 pozos de Pensilvania (USA) con 0,2 barriles por pozo y día. En alguno de esos escalones (técnico-económicos está España, y ya lo ha demostrado con un pozo de 12.000 barriles/día iniciales en el mar y con los de Ayoluengo con más de 100 barriles/día.

2.º En cuanto a gas natural podemos decir algo similar y nuestro país ya está en producción, en un escalón muy pobre, con dos pozos y dan 4.500 m<sup>3</sup>

al día cada uno. Pero las posibilidades en otros lugares de la tierra están muy por encima del millón de m<sup>3</sup> al día, por pozo, y España está sin investigar.

3.º El petróleo no puede más que subir sus costes, sin posibilidades de recesión, y damos como probable un precio superior a 2.600 pesetas la tonelada de CIF para 1980, lo que da un amplio margen de posibilidades a la investigación y explotación de hidrocarburos, en condiciones económicas, aunque no tengamos en cuenta el valor estratégico.

4.º El Estado debe estimular por todos los medios la investigación de hidrocarburos, tanto en España como en el exterior, pues cualquier cantidad que consuma en ello, hasta muchos miles de millones, será rentable.

5.º El territorio español, y sobre todo sus plataformas continentales, que son muy extensas, tienen posibilidades de encontrar hidrocarburos en cantidades que afecten considerablemente a la economía nacional, y por lo tanto se debe hacer un esfuerzo muy superior al que se ha hecho hasta la fecha.

6.º Una de las formas de estímulo y ayuda, lo constituye la acción coordinadora que se propone con la constitución de la Comisión de Investigaciones Petrolíferas.

Recibido: 10 de marzo de 1973.

# Aplicación de la informática a la construcción de diagramas Eh-pH de estabilidad mineralógica

Por L. SANTOMA (\*)

## RESUMEN

El presente trabajo es una descripción del programa "DIAGRAM".

El objetivo de dicho programa es el de la mecanización mediante ordenador de la construcción de diagramas Eh-pH de estabilidad mineralógica.

Se incluyen en el mismo un fichero de datos termodinámicos, así como diversas opciones de salida.

Su utilización puede ser interesante para los metalogenistas, al poderse modificar con gran facilidad las condiciones supuestas.

## ABSTRACT

An explanation of the "DIAGRAM" program is given in this paper.

The purpose of the above mentioned program is the computation and construction by means of computer of the Eh-pH diagrams of mineralogical stability of minerals.

A thermodynamical data file as well as different out-put options are included.

Its use may be of interest to the metalogenists, because of the possibility of changing very easily the assumed conditions.

## INTRODUCCION

El presente trabajo es una descripción del programa "Diagram" cuyo objetivo es la construcción automática mediante ordenador de los diagramas Eh-pH de estabilidad mineralógica.

Además de permitir su confección de forma rápida y cómoda, se consiguen una serie de ventajas que difícilmente podrían alcanzarse mediante una construcción manual:

- 1) El gran número de fases sólidas y líquidas que entran en juego.
- 2) La posibilidad de introducir muchos compo-

nentes, que en los diagramas convencionales no solían pasar de cuatro.

3) La posibilidad de introducir variaciones en las concentraciones de los diversos componentes de acuerdo con actividades normales en los medios naturales para cada valor de Eh y pH.

Básicamente el programa "Diagram" es una aplicación del programa "VODAM" (Santomá, 1971) a cada uno de los puntos definidos por los valores de Eh y pH tomados en intervalos regulares, dentro del campo de valores naturales más frecuentes.

En el programa "VODAM" se resolvía el problema de calcular a partir de análisis químico, del pH y del Eh de un agua, las distribuciones iónicas de sus componentes, así como el grado de estabilidad de los minerales.

Conseguida la resolución del problema, las etapas siguientes se dirigieron a su aplicación a la hidrogeoquímica por un lado, y a la obtención de diagramas de estabilidad mineralógica por otro.

— El límite de solubilidad impuesto para las fases sólidas, etc.

Por otro lado se leen en esta etapa las diversas opciones de salida, así como las de selección de datos dentro de la subrutina STADIS que describiremos más adelante.

Seis son las opciones de salida y para cada una de ellas se representan conceptos diversos:

1: Fase más estable, para las condiciones dadas en cada punto.

2:IÓN predominante.

3: Fase sólida más estable o más próxima a la estabilidad.

4: Incremento del logaritmo de la concentración molal necesaria para precipitar determinada fase.

5: Actividad de un determinado ión.

## DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA.

No creemos oportuna una descripción detallada del programa, así como la reproducción de su listado, dada la limitación de espacio, por lo que nos limitaremos a seguir su diagrama de flujo general haciendo hincapié en los puntos fundamentales.

### a) Lectura de tarjetas de control.

Comienza el programa leyendo una serie de tarjetas de control, en las que además de otros datos,

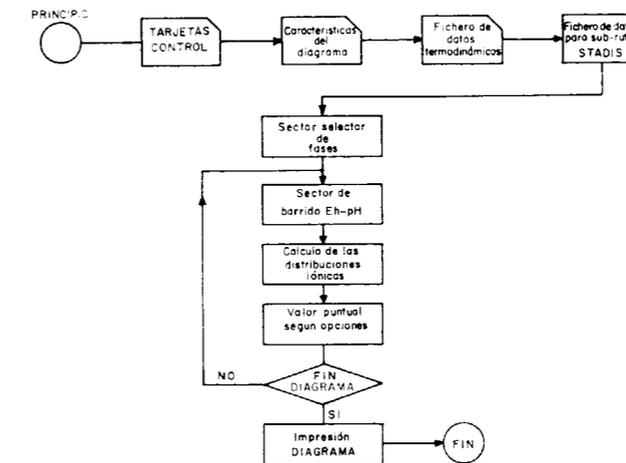


Figura 1

Diagrama de flujo del programa DIAGRAM

se especifican las características propias del diagrama; como por ejemplo:

— Elemento de cuyas fases se quiere una representación.

— Las concentraciones de los componentes móviles o inertes que intervienen en el problema.

— Las presiones parciales de CO<sub>2</sub> y SH<sub>2</sub> en el caso de que entren dentro de las condiciones supuestas.

6: Incremento del logaritmo de la concentración molal, necesario para precipitar la fase sólida más estable.

### b) Lectura del fichero de datos termodinámicos.

A continuación el programa lee el fichero de datos termodinámicos.

Este fichero tiene la gran ventaja de ser abierto, por lo que la inclusión de una nueva fase no re-

(\*) Junta de Energía Nuclear.

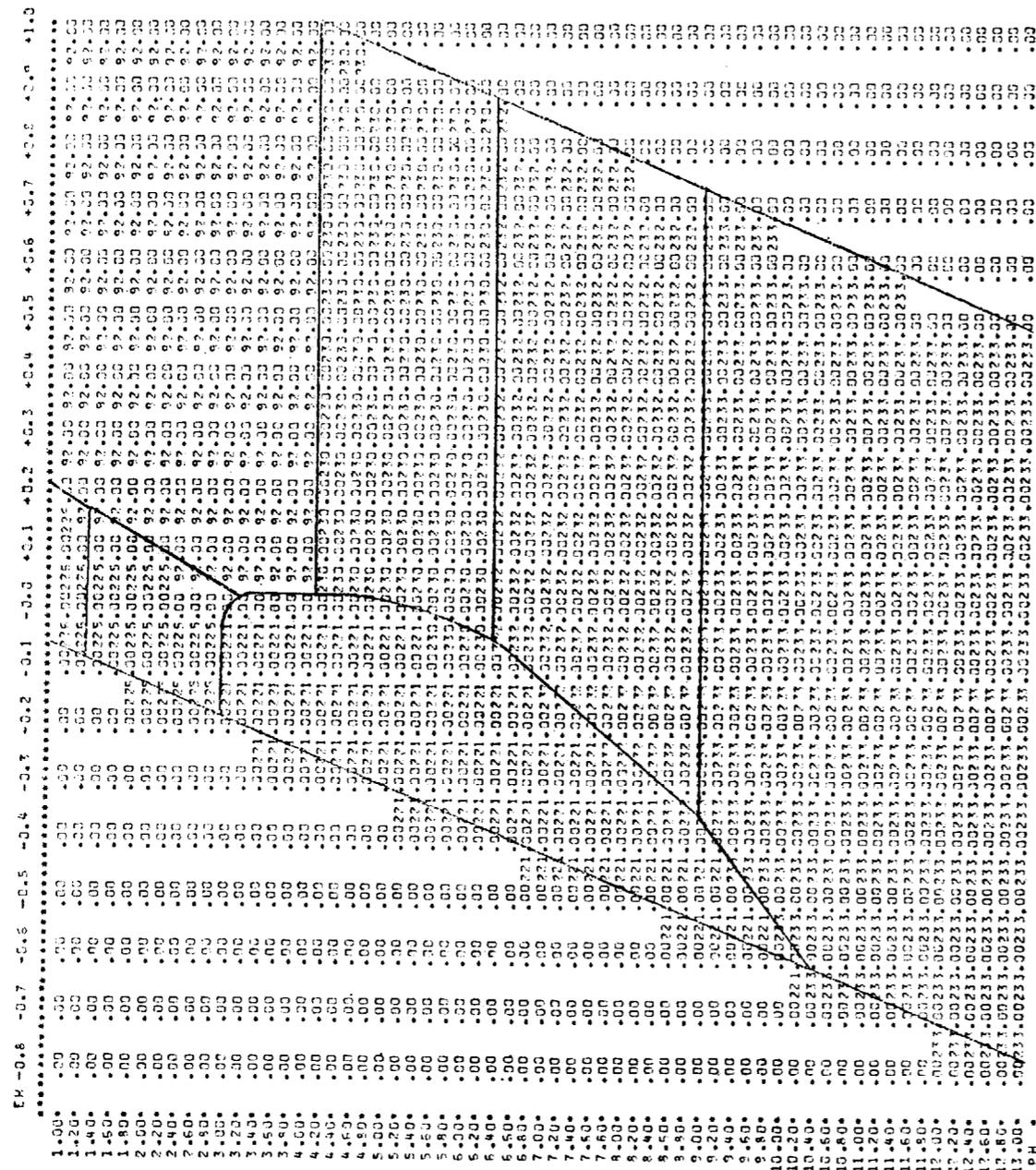


Figura 2

Diagrama de estabilidad mineralógica Eh-pH para las condiciones siguientes: 25° C, 1 atm. de presión total, presión parcial de CO<sub>2</sub>=10<sup>-3.4</sup> atm., máxima solubilidad de las fases sólidas=10<sup>-6</sup> moles/litro.

Este diagrama concuerda con el publicado por Garrels y Hostetler (1962).

92 UO <sub>2</sub> <sup>++</sup>	230 UO <sub>2</sub> (OH) <sup>+</sup>
221 UO <sub>2</sub>	232 (UO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O) <sup>-2</sup>
225 (UOH) <sup>3</sup>	233 (UO <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ) <sup>-4</sup>
226 U <sup>+4</sup>	

0 Fuera del campo de estabilidad del agua líquida.

quiere ninguna modificación en las setencias del programa.

Actualmente incluye 250 fases, pero se proyecta su ampliación a 450.

La información correspondiente a cada fase está contenida en una ficha, incluyendo su estado físico en condiciones normales, una descomposición elemental de su fórmula, y los valores de su entalpía, entropía y entalpía libre.

Una descripción detallada de dicho fichero aparece en la ya citada publicación del programa "VO-DAM" (Santomá, 1971).

c) *Lectura del fichero de la subrutina STADIS.*

En él se incluyen valores de concentraciones en distintos elementos, para cada posición en el diagrama, pudiéndose introducir características acordes con los ambientes imperantes en cada punto.

La utilización de esta subrutina tiene la ventaja de evitar la consideración de concentraciones anómalas en diversas zonas del diagrama.

Este fichero está actualmente en formación.

d) *Sector seleccionador de datos termodinámicos.*

En él se seleccionan los datos de todas aquellas fases que intervienen en los cálculos para la construcción del diagrama, es decir, todos los iones del elemento considerado, así como los de los elementos que entran en sus fases sólidas.

e) *Sector de barrido Eh-pH del diagrama.*

A partir de aquí el programa inicia un barrido punto a punto.

Antes de entrar en los cálculos físico-químicos, existe la posibilidad de llamar a la subrutina STADIS seleccionando algún tipo de variación simultánea en las concentraciones de diversos elementos para cada valor de Eh y pH.

f) *Cálculo de las distribuciones iónicas.*

Partiendo de los datos termodinámicos, el programa calcula las distribuciones iónicas de los ele-

mentos que participan en la construcción del diagrama.

Este cálculo puede hacerse según dos opciones. Actualmente puede aplicarse a valores de temperatura muy poco diferentes de 25° C, ya que tan sólo utiliza el valor de la entalpía libre. En una próxima versión, cuya puesta a punto se encuentra en estado muy avanzado, este intervalo de temperatura podrá ser grandemente, ampliado, al ser utilizadas la entropía y la entalpía de cada fase, ya contenidas en el fichero de datos.

Sin embargo, el número de fases cuyas funciones termodinámicas están determinadas, es pequeño, por lo que se recomienda utilizar la primera opción, salvo en el caso de que se conozcan suficientemente los valores termodinámicos de las fases más importantes que intervienen.

En una tercera fase se proyecta la introducción de una tercera opción, para utilizar aquellas fases que tengan calculadas su entropía y su entalpía hasta muy altas temperaturas. Esto llevará consigo la creación de un fichero adicional de gran volumen y gran trabajo de perforación, por lo que su inserción en el programa no está prevista a corto plazo.

Aunque de hecho los diagramas teóricos de estabilidad mineralógica publicados hasta la fecha no suelen tener en cuenta los coeficientes de actividad, se proyecta una subrutina para su cálculo, probablemente basado en la solución dada a este problema en su programa SOLSAT por H. C. Hegelson (1972).

g) *Opciones de salida e impresión del diagrama.*

A partir de las distribuciones iónicas, se calcula para cada punto el valor correspondiente a la opción de salida, imprimiéndose a continuación el diagrama.

A título de ejemplo se representan dos diagramas de estabilidad muy conocidos.

CONCLUSIÓN.

Resuelta, al menos parcialmente, la mecanización del tratamiento físico-químico de los datos contenidos en los análisis de aguas, puede procederse de forma cómoda y rápida a su interpretación bajo este punto de vista.

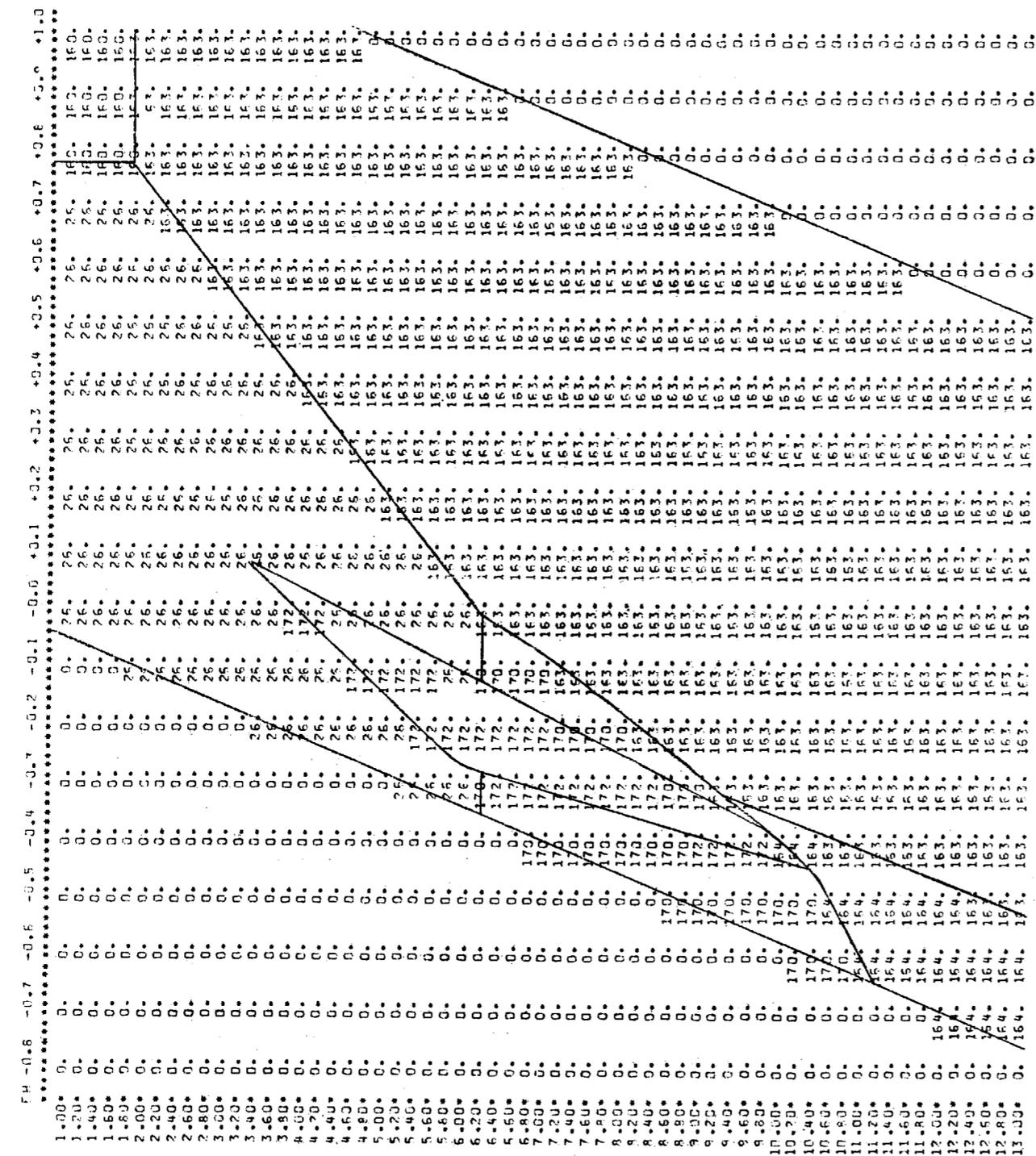


Figura 3

Diagrama de estabilidad mineralógica Eh-pH para las condiciones siguientes: 25° C, 1 atm. de presión total,  $\Sigma(\text{CO}_3)^{-2}=1 \text{ mol/l.}$ ,  $\Sigma(\text{SO}_4)^{-2}=10^{-6} \text{ mol/l.}$  máxima solubilidad del hierro en las fases sólidas= $10^{-6} \text{ mol/l.}$

Este diagrama concuerda con el obtenido por Garrels y Christ (1965).

- 26 Fe<sup>2+</sup>            164 Magnetita
- 160 Fe<sup>3+</sup>            170 Siderita
- 163 Hematites    172 Pirita

0 Fuera del campo de estabilidad del agua líquida.

BIBLIOGRAFIA

Su aplicación a la prospección hidrogeoquímica puede ser importante; así como, a la investigación de yacimientos de diverso origen, como son los de precipitación supergénica, de alteración, y de infiltración.

Por otro lado, puede acelerarse mediante este método la comprobación de hipótesis metalogénicas.

Paralelamente a este tipo de estudios, es evidente la necesidad de una mayor estandarización de los bancos de datos hidrogeoquímicos que en la actualidad presentan una gran anarquía en su ordenación, a fin de que puedan ser utilizados de forma efectiva por medio de tratamientos estadísticos adecuados.

En consecuencia, nos parece muy acertada la idea de Hem: "La lógica y los métodos matemáticos de la termodinámica son exactos y precisos y con la ayuda de los ordenadores electrónicos es posible computar con detalle lo que anteriormente era imposible, por lo que pueden alcanzarse modelos matemáticos aceptables de los sistemas acuíferos naturales" (Hem, 1970).

Agradezco a los Sres. Armada y Gómez de la División de Física Teórica de la J. E. N. la ayuda prestada en la puesta a punto del programa, así como a los Sres. Puyet y La Cierva del Laboratorio de Mineralogía de la J. E. N. que realizaron los trabajos de perforación.

Agradezco asimismo la aportación de ideas y revisión del trabajo del Dr. D. Francisco de Pedro, jefe del Servicio de Geoquímica de la J. E. N.

HEGELSON, H. C.: *Programa SOLSAT* (Comunicación personal, 1972).

HEM, J. D.: "Study and interpretation of the Chemical Characteristics of natural water". U.S.G.S. water supply paper 1473, 1970.

HOSTETLER, P. B. and GARRELS, R. M.: "Transportation and precipitation of uranium and vanadium at low temperatures, with special reference to sandstone-type uranium deposit". *Econ. Geol.*, Vol. 57, págs. 137-167 (1962).

GARRELS, R. M. and CHRIST, C. L.: "Solutions, minerals and equilibria". Harper and Row, New York (1965).

SANTOMA, L.: "Estabilidad mineralógica de los fosfatos de uranio". *Bol. Geol. Min.* T. LXXXIII-III, págs. 183-186 (1972).

SANTOMA, L.: "Ambientes físico-químicos de formación de los minerales de uranio". *Publicaciones del I Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología Económica*. Vol. 4, págs. 341-358 (1971).

SANTOMA, L.: "Los minerales secundarios de Uranio y su ambiente geológico de formación". *Revista J. E. N.*, número 73, págs. 375-380 (1971).

SANTOMA, L.: "Programa VODAM para tratamiento de datos de físico-química mineral. Ejemplo de aplicación al caso del uranio". *J. E. N.*, 237 (1972).

Recibido. 12 enero 1973.

## Estudio de la alteración de unas biotitas procedentes de la Sierra de Guadarrama

Por A. HOYOS DE CASTRO (\*) y P. AREVALO (\*)

### RESUMEN

Se hace un estudio óptico, de difracción de rayos X y químico de los productos de alteración de la biotita presente en rocas graníticas y neises procedentes de la Sierra de Guadarrama, originados tanto por alteración meteorológica como hidrotermal y metamórfica.

Como minerales de alteración hemos encontrado clorita, vermiculita, biotita verde, muscovita, sericita, hidrobiotitas, haloisita, montmorillonita, epidota, feldespato potásico y minerales del grupo del caolín.

Se demuestra la transformación biotita → biotita verde → muscovita mediante el estudio de las reflexiones 2,49-2,50 Å y 1,99-2,002 Å, pudiendo seguirse dicha transformación mediante la intensidad relativa de las citadas líneas de reflexión.

### SUMMARY

A study of the products of biotite weathering, metamorphic and hydrothermal alteration is made by optic, X-ray diffraction and chemical methods, the biotite being present in granitic rocks and gneis from the Sierra de Guadarrama.

Chlorite, vermiculite, green biotite, muscovite, sericite, hydrobiotite, halloysite, montmorillonite, epidote, K-feldspar and minerals of the kaolin group have been found as a result of these alterations.

The transmute biotite → green biotite → muscovite is found to such through the study of reflexions 2,49-2,50 Å and 1,99-2,002 Å, and it is possible to trace this transmute through the relative intensity of the former reflexion lines.

En este trabajo se estudian los productos de alteración de la biotita, originados, tanto por meteorización, como por procesos hidrotermales o metamórficos.

Como material de estudio hemos partido de las biotitas separadas de rocas frescas, rocas alteradas y suelos, procedentes de la Sierra de Guadarrama; las rocas madre con granitos y neises. Están tomadas las muestras entre las localidades siguientes: Villalba, Collado-Villalba, Cerceda, Manzanares, Mi-

raflones de la Sierra, Bustarviejo, Valdemanco, La Cabrera, es decir, ubicadas unas en el macizo granítico que forma dicha Sierra, integrado por granitos, adamelitas y granodioritas, y el resto en el conjunto de neises circundantes que se creen formados a partir de rocas sedimentarias procedentes de una serie marina de sedimentos finos, por metamorfismo regional profundo (1). Son todas rocas ácidas.

Se han aplicado las técnicas siguientes:

1) Estudio óptico de las rocas madre; examen

(\*) Consejo Superior de Investigaciones Científicas.



Foto 1.—M. 14

Bandas entrecruzadas de biotita-muscovita N//X 48

cualitativo y medidas cuantitativas del ángulo de ejes ópticos e índices de refracción de las micas.

2) Estudio por difracción de rayos X, empleando un difractómetro Philips, radiación  $K_{\alpha}$  de Cu y registrador gráfico, habiéndose realizado tres clases de determinaciones por muestra: polvo, diagrama orientado y orientado con glicerina, aparte de diversas determinaciones específicas llevadas a cabo en ciertas muestras, después de tratamientos con ácido, calcinación, cambio de base, etc.

3) Análisis químico, a efectos de comprobación de resultados y de identificación de especies.

De los varios perfiles estudiados, vamos a referirnos a los que han dado resultados más caracte-

rísticos y haremos extensivas las consideraciones a aquellos otros que han dado análogos valores.

Muestras 8, 9 (suelo), 10, 11, 12, 13, 14 y 15 (suelo).

Estas muestras están tomadas en la confluencia de la carretera de Soto a Miraflores, en su cruce con el río Miraflores. Una serie pertenece a la ladera N y la otra a la S. El suelo es un ranker en la N: en la S es más tierra parda.

Las rocas son de tipo neísico en diferentes estados de alteración; están compuestas como elementos esenciales por cuarzo, plagioclasa, algo de feldespato potásico, biotita y muscovita; en algunas sericita, saussurita y a veces sillimanita, y como accesorios contienen circón, epidota, óxidos de hierro y apatito.



Foto 2.—M. 10

Vermiculización de biotita. N//X 48



Foto 1.—M. 14

Bandas entrecruzadas de biotita-muscovita N//X 48

cualitativo y medidas cuantitativas del ángulo de ejes ópticos e índices de refracción de las micas.

2) Estudio por difracción de rayos X, empleando un difractómetro Philips, radiación  $K_{\alpha}$  de Cu y registrador gráfico, habiéndose realizado tres clases de determinaciones por muestra: polvo, diagrama orientado y orientado con glicerina, aparte de diversas determinaciones específicas llevadas a cabo en ciertas muestras, después de tratamientos con ácido, calcinación, cambio de base, etc.

3) Análisis químico, a efectos de comprobación de resultados y de identificación de especies.

De los varios perfiles estudiados, vamos a referirnos a los que han dado resultados más caracte-

rísticos y haremos extensivas las consideraciones a aquellos otros que han dado análogos valores.

*Muestras 8, 9 (suelo), 10, 11, 12, 13, 14 y 15 (suelo).*

Estas muestras están tomadas en la confluencia de la carretera de Soto a Miraflores, en su cruce con el río Miraflores. Una serie pertenece a la ladera N y la otra a la S. El suelo es un ranker en la N: en la S es más tierra parda.

Las rocas son de tipo neísico en diferentes estados de alteración; están compuestas como elementos esenciales por cuarzo, plagioclasa, algo de feldespato potásico, biotita y muscovita; en algunas sericita, saussurita y a veces sillimanita, y como accesorios contienen circón, epidota, óxidos de hierro y apatito.

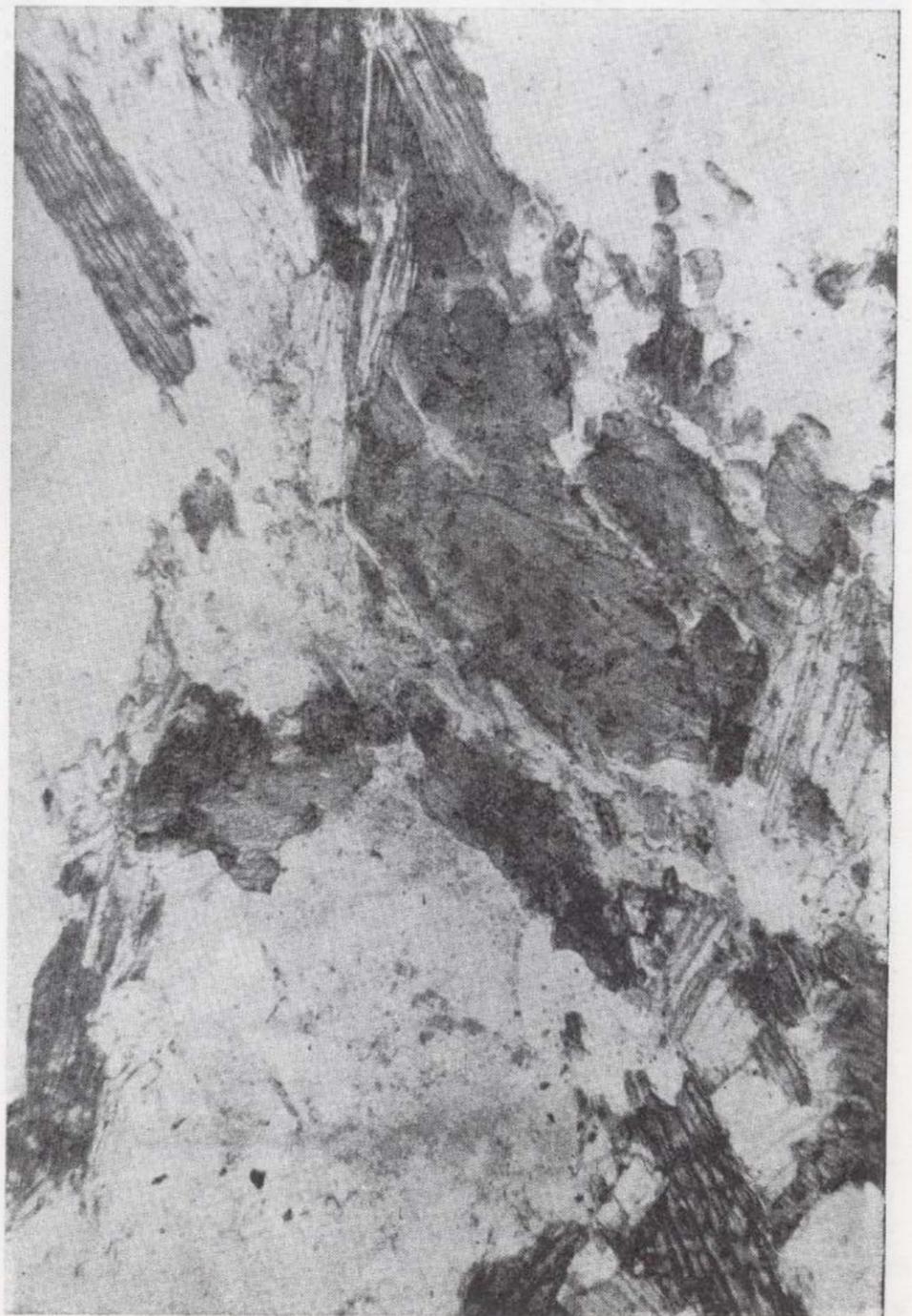


Foto 2.—M. 10

Vermiculitización de biotita. N//X 48

Biotita está íntimamente relacionada con muscovita formando bandas alineadas, por el metamorfismo sufrido, de ambos minerales entrecruzados (foto 1), por lo que la separación para el estudio individual de las micas es casi imposible.

Biotita muestra diferentes grados de alteración; en la M. 8 se presenta bastante fresca y va abriéndose interlaminarmente a medida que avanza la alteración hacia el proceso, como luego veremos, de vermiculitización (foto 2), al mismo tiempo que las presiones del metamorfismo han doblado las capas y facilitado dicho proceso (foto 3).

Aparte del fenómeno de vermiculitización, se desarrolla la transformación de biotita a mica blanca a través de una biotita verde (foto 4), por oxi-



Foto 3.—M. 10

Biotita abierta y doblada por efecto del metamorfismo sufrido. N//X 48



Foto 4.—M. 14

Transformación biotita → biotita verde → mica blanca.  
N//X 58

dación de  $Fe^{2+}$  a  $Fe^{3+}$ , siendo compensado el cambio de valencia por otras variaciones en la biotita, que dependen de muchos factores, en este caso la característica es la retención del potasio para formarse muscovita y la separación de una fase goetítica que puede observarse tanto por microscopía electrónica (\*) como por difracción de rayos X. Según Farmer et al (2) esta separación de óxidos de hierro submicroscópicos es la que produce el incremento anómalo en el índice de refracción de algunas vermiculitas oxidadas; este fenómeno he-

(\*) Las determinaciones por microscopía electrónica han sido realizadas por doctores J. Alonso y J. Galván.

Biotita está íntimamente relacionada con muscovita formando bandas alineadas, por el metamorfismo sufrido, de ambos minerales entrecruzados (foto 1), por lo que la separación para el estudio individual de las micas es casi imposible.

Biotita muestra diferentes grados de alteración; en la M. 8 se presenta bastante fresca y va abriéndose interlaminarmente a medida que avanza la alteración hacia el proceso, como luego veremos, de vermiculitización (foto 2), al mismo tiempo que las presiones del metamorfismo han doblado las capas y facilitado dicho proceso (foto 3).

Aparte del fenómeno de vermiculitización, se desarrolla la transformación de biotita a mica blanca a través de una biotita verde (foto 4), por oxi-



Foto 3.—M. 10

Biotita abierta y doblada por efecto del metamorfismo sufrido. N//X 48



Foto 4.—M. 14

Transformación biotita → biotita verde → mica blanca. N//X 58

dación de Fe<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup>, siendo compensado el cambio de valencia por otras variaciones en la biotita, que dependen de muchos factores, en este caso la característica es la retención del potasio para formarse muscovita y la separación de una fase goetítica que puede observarse tanto por microscopía electrónica (\*) como por difracción de rayos X. Según Farmer et al (2) esta separación de óxidos de hierro submicroscópicos es la que produce el incremento anómalo en el índice de refracción de algunas vermiculitas oxidadas; este fenómeno he-

(\*) Las determinaciones por microscopía electrónica han sido realizadas por doctores J. Alonso y J. Galván.

mos podido observarlo también nosotros en algunas vermiculitas y biotitas muy degradadas.

En la M. 14 la formación de biotita verde toma dimensiones macroscópicas, lo que nos ha permitido estudiarla detenidamente.

La transformación biotita → biotita verde → mica blanca, puede apreciarse tanto en lámina delgada como en el estudio por difracción de rayos X. Ópticamente se observa una transformación gradual del color pardo de biotita a verde y posteriormente a incolora, acompañada de un incremento gradual del ángulo de ejes ópticos y una disminución del I. R. (3).

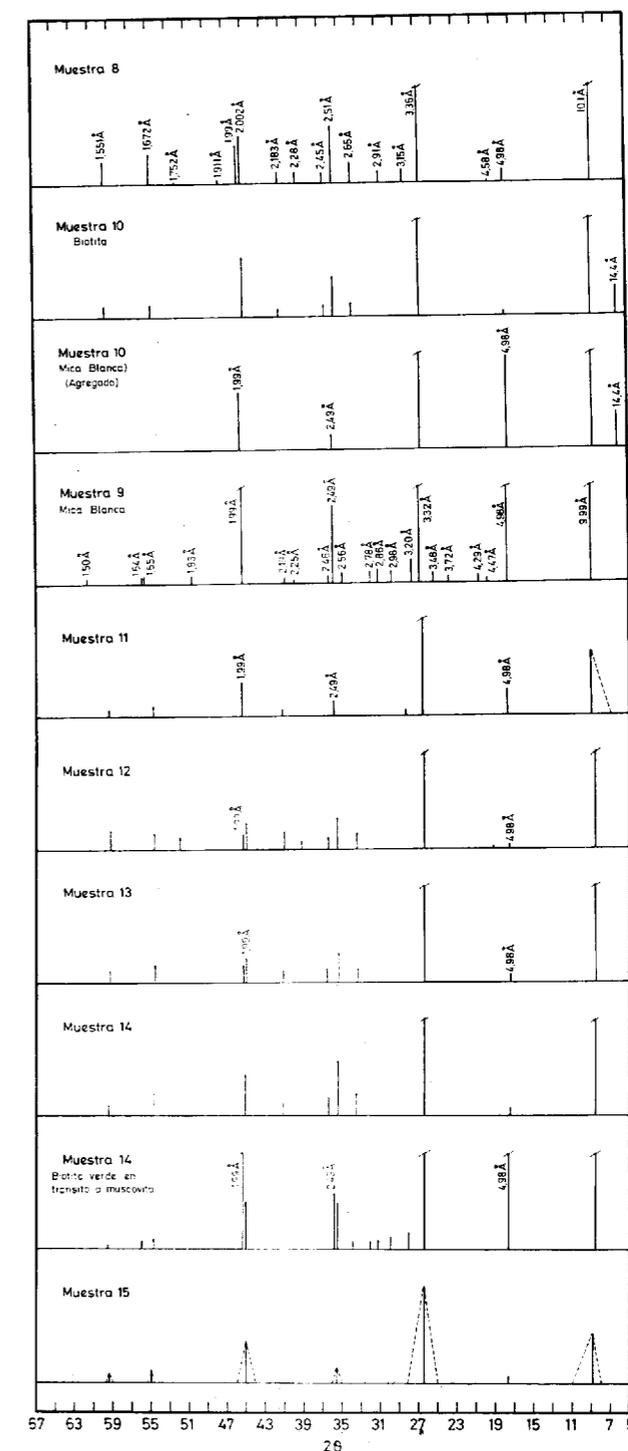
La formación de mica blanca a partir de biotita es indudable, además de por lo dicho anteriormente, porque se observan restos de biotita parda entre los planos interlaminares de la mica blanca (foto 5), además, circón, inclusión muy característica de la biotita, es heredado por la mica blanca, que por sí no suele contenerlo.

Si bien podemos afirmar que biotita pasa a muscovita, lo que no podemos asegurar es si toda la muscovita se ha originado por este medio. Tampoco se puede afirmar si su producción es debida a procesos hidrotermales o a un metamorfismo retrógrado, hecho muy probable ya que biotita se forma bajo condiciones de metamorfismo más intenso, desde las facies de los esquistos biotíticos hasta la de los biotíticos-albíticos, y muscovita es característica de grados más bajos de metamorfismo.

En el gráfico 1 se expresan los resultados obtenidos en el estudio por difracción de rayos X; este gráfico es esquemático, se han considerado sólo las líneas más significativas.

Algunas biotitas (M. 8, 12 y 13) están poco alteradas; en su diagrama se observa un buen grado de cristalinidad. Al aumentar la alteración se definen los espaciados de 14 y 7 Å (M. 10), observándose un predominio del primero sobre el segundo, lo que ya indica la posible identidad de vermiculita y no de clorita (4), mineral este último que no hemos apreciado prácticamente en lámina delgada, al menos en cantidades significativas, ya que la confusión con biotita verde es imposible debido a la mayor birrefringencia de esta última. También se comprueba por la falta casi total en biotita verde de la línea de 14 Å.

La comprobación de la identidad de vermiculita y su diferenciación de clorita se ha realizado por rayos X, después de calcinada la muestra a 700° C;



el efecto producido es la desaparición de las líneas de 14 y 7 Å, permaneciendo las de biotita, de las cuales la de 10 Å se observa visiblemente incrementada por el desplazamiento de la de 14 Å. También se ha comprobado estudiando el despla-

zamiento producido por cambio de bases de la reflexión de 14 Å.

Dada la circunstancia señalada del íntimo entrecruzamiento de biotita-muscovita y la casi imposible separación para su estudio por separado, junto al diagrama de biotita, se puede apreciar que aparecen unas reflexiones características de muscovita, como son las correspondientes a 4,98-2.49 y 1,99 Å, estas dos últimas, a pesar de su proximidad a las de biotita 2,51 y 2,002 Å se definen perfectamente junto a aquellas. Este hecho puede permitirnos seguir el proceso de transformación biotita → biotita verde → mica blanca a través de la intensidad relativa de las citadas reflexiones; esto resulta especialmente significativo en el estudio de la muestra 14; frente a un diagrama normal de biotita, con preponderancia de las líneas de 2,50 y 2,002 Å,



Foto 5.—M. 8

Paso de biotita a muscovita. Obsérvese los restos de biotita interlaminarmente. N//X 48

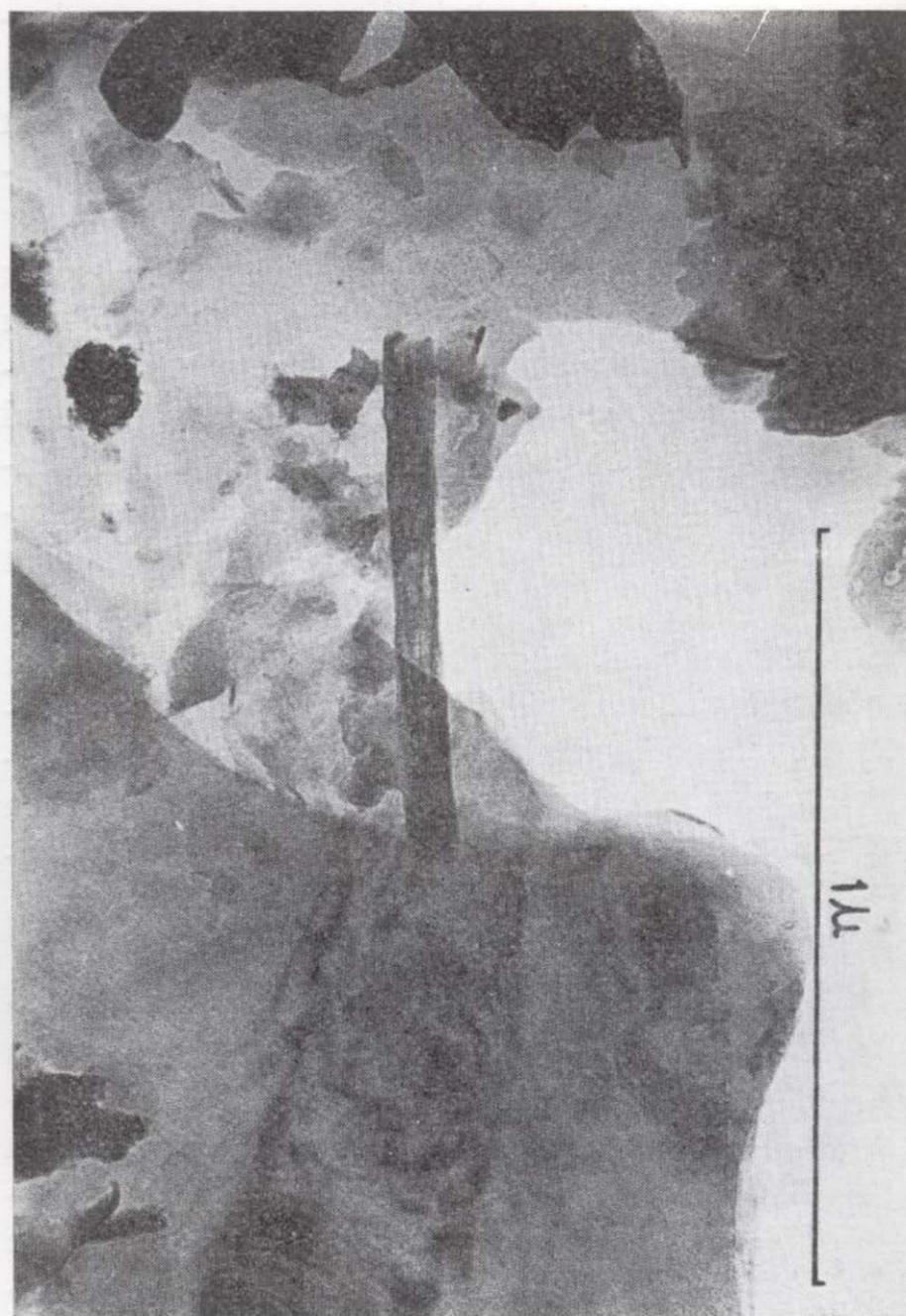


Foto 6.—M. 10

Fotografía al microscopio electrónico de haloisita

se contraponen el de biotita verde en paso a mica blanca, en el que vemos, por el contrario, que las líneas 2,49 y 1,99 Å son las preponderantes. Esto nos viene a corroborar lo antes dicho: la transformación de biotita en una mica blanca, al que prácticamente corresponde el diagrama. Las citadas reflexiones de 2,49 y 2,50 Å y 1,99 y 2,002 Å pueden servir por tanto como medida del grado de avance de dicha transformación. Es de observar también la carencia de las líneas de 14 y 7 Å, lo que demuestra que el proceso de transformación en biotita verde es independiente al de vermiculitización.

Hemos empleado hasta ahora indistintamente los términos muscovitas y mica blanca y aunque ya hemos dicho que es muy difícil separarla de biotita, hemos tratado de aislarla lo mejor posible para

zamiento producido por cambio de bases de la reflexión de 14 Å.

Dada la circunstancia señalada del íntimo entrecruzamiento de biotita-muscovita y la casi imposible separación para su estudio por separado, junto al diagrama de biotita, se puede apreciar que aparecen unas reflexiones características de muscovita, como son las correspondientes a 4,98-2.49 y 1,99 Å, estas dos últimas, a pesar de su proximidad a las de biotita 2,51 y 2,002 Å se definen perfectamente junto a aquellas. Este hecho puede permitirnos seguir el proceso de transformación biotita → biotita verde → mica blanca a través de la intensidad relativa de las citadas reflexiones; esto resulta especialmente significativo en el estudio de la muestra 14; frente a un diagrama normal de biotita, con preponderancia de las líneas de 2,50 y 2,002 Å,



Foto 5.—M. 8

Paso de biotita a muscovita. Obsérvese los restos de biotita interlaminarmente. N/X 48



Foto 6.—M. 10

Fotografía al microscopio electrónico de haloisita

se contraponen el de biotita verde en paso a mica blanca, en el que vemos, por el contrario, que las líneas 2,49 y 1,99 Å son las preponderantes. Esto nos viene a corroborar lo antes dicho: la transformación de biotita en una mica blanca, al que prácticamente corresponde el diagrama. Las citadas reflexiones de 2,49 y 2,50 Å y 1,99 y 2,002 Å pueden servir por tanto como medida del grado de avance de dicha transformación. Es de observar también la carencia de las líneas de 14 y 7 Å, lo que demuestra que el proceso de transformación en biotita verde es independiente al de vermiculización.

Hemos empleado hasta ahora indistintamente los términos muscovitas y mica blanca y aunque ya hemos dicho que es muy difícil separarla de biotita, hemos tratado de aislarla lo mejor posible para

realizar el análisis químico; éste ha dado el siguiente resultado:

Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> —	29,53 %
MgO —	1,90 %
CaO —	87 %

lo que ya indica la identidad de muscovita (5).

La falta de reflexión de 14 Å en la muestra número 14 (producto verde) y la existencia de la de 7 Å, nos hace pensar en la posible presencia de algún mineral de un grupo caracterizado por la presencia de la citada reflexión de 7 Å y ninguna a 14 Å. Los picos que pueden caracterizar dicho mineral son 7,16-3,57 y 2,50 Å. Después de un tratamiento con HCl diluido caliente permanecen dichas reflexiones, desapareciendo en cambio al efectuar una calcinación a 600° C debido a la pérdida de cristalinidad. Estas características parecen definir al caolín o algún mineral de su grupo, sin que sea posible una caracterización más exacta dada la pequeña cantidad en que se encuentra.

En el suelo de la ladera N (M. 9), donde la erosión es más intensa, ha desaparecido prácticamente la biotita por alteración, quedando como residuo fundamentalmente muscovita por su mayor estabilidad. Presenta un diagrama con buena cristalinidad y bastante pureza de líneas correspondiente a muscovita, mientras que el suelo de la ladera S (M. 15), más rico en biotita, muestra un diagrama de mica con gran apertura de líneas originándose hidrobiotitas, lo que se observa en varias de estas muestras, fundamentalmente en las más alteradas (11, 15), estado previo hacia la formación de vermiculita.

Por microscopía electrónica se ha detectado la presencia de haloisita (foto 6) en cantidades muy exiguas, que difícilmente pueden ser observadas por rayos X. También incipientes son las cantidades de montmorillonoides que se definen en el tratamiento con glicerina (M. 10).

Los resultados obtenidos para toda esta serie de muestras son muy análogos a los encontrados en otra serie de roca-roca alterada-suelo, tomadas en la carretera Miraflores-Bustarviejo. En estas muestras, tanto en la roca intensamente alterada como en el suelo, se presenta totalmente individualizada la biotita en paquetes exagonales de aspecto ver-

miculítico. La sucesión entre roca-suelo es en este caso muy problemática, por ser un suelo de derrubio en una zona límite entre granito y el neis, por lo que nos limitamos al estudio del mineral aislado, sin que podamos asegurar cuál es la roca madre correspondiente. Dada su facilidad de aislar el mineral, hemos realizado el análisis químico con el siguiente resultado:

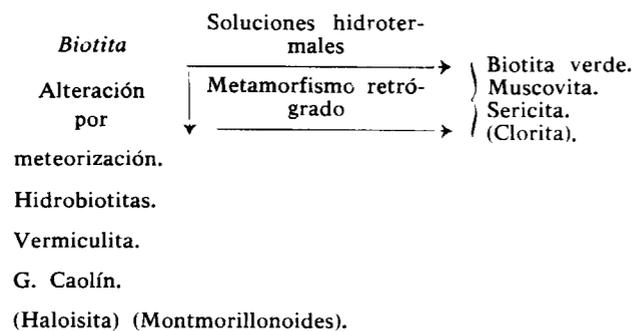
M. 19. Biotita separada de la roca intensamente alterada:

SiO <sub>2</sub> ... .. .	36,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... .. .	17,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ... .. .	19,3
FeO ... .. .	0,5
MnO ... .. .	0,2
MgO ... .. .	4,3
CaO ... .. .	3,4
Na <sub>2</sub> O ... .. .	0,4
K <sub>2</sub> O ... .. .	3,4
H <sub>2</sub> O ... .. .	11,8
TiO <sub>2</sub> ... .. .	2,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ... .. .	0,5
-----	
	100,2

El hierro de biotita ha sufrido prácticamente una total oxidación, sin que podamos saber si se encuentra fuera de la red en forma de oxidaciones geotíticas, como ya hemos dicho o todavía fijado. El K ha tenido un gran descenso, sin que la pérdida sea lo suficiente para alcanzar los valores óptimos vermiculíticos, como ocurre con el aumento de MgO que ha experimentado. Tampoco los valores de H<sub>2</sub>O, aunque han aumentado considerablemente, alcanzan los valores teóricos de vermiculita. CaO es relativamente elevado, como observó Barshard (6), que define la vermiculita esencialmente como una mica con Mg<sup>++</sup> o Mg<sup>++</sup>+Ca<sup>++</sup>, en vez de K.

De estos análisis se deduce, unido a los diagramas de rayos X, que se trata de una biotita ferrífera, en tránsito a vermiculita.

Podemos esquematizar los resultados obtenidos en el cuadro siguiente:



Se encierran en paréntesis los que aparecen en cantidades muy pequeñas.

*Estudio de las muestras I, II, III, IV y V (suelo).*

Muestras que corresponden a un corte granítico en la carretera de Morazarzal a Cerceda, poco antes de llegar a este último, en el que se aprecian bien los diversos grados de alteración, habiéndose tomado muestra de todas las diferenciaciones, así como del suelo.

Rocas de tipo granítico con cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, biotita y clorita como elementos esenciales y mica blanca, epidota, apatito, circon y óxidos de hierro como accesorios.

Biotita aparece fresca en la M. I (foto 7), y al avanzar la alteración, contrariamente a lo que ocurre en las muestras antes estudiadas, el producto principal de transformación es en este caso clorita, en lugar de vermiculita, fácilmente reconocible ya en lámina delgada, por su baja birrefringencia.

Clorita sustituye pseudomórficamente a biotita (foto 8 y 9), sustitución que se va produciendo paralelamente a la formación de una epidota microgranulada, que crece interlaminarmente a la vez que clorita, como producto de alteración hidrotermal de biotita. También puede observarse la formación de un producto micáceo, verde, microgranudo (en rara ocasión llega a formar secciones de mica blanca, como veíamos en las muestras anteriormente estudiadas), a partir de una biotita verde. El proceso más marcado en estas muestras, contrariamente a lo que vimos en las anteriores, es el de cloritización.

Clorita queda bien definida también por rayos X. La reflexión de 7 Å sobre la de 14 Å como corresponde a clorita. Un tratamiento de la muestra con



Foto 7.—M. I

Biotita muy fresca. N//X 48

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20 por 100, a reflujo durante treinta minutos (7, 8), ha comprobado la identidad de clorita, posiblemente unida a pequeñas cantidades de vermiculita. También pueden apreciarse las reflexiones correspondientes a epidota.

Por métodos y razonamientos, análogos a los citados anteriormente, hemos detectado la presencia de hidromicas, de pequeñas cantidades de caolín, haloisita, montmorillonoides y la posibilidad de algo de vermiculita.

Otro producto de alteración formado en estas muestras paralelamente a clorita es un feldespato potásico, que coexiste con dicha clorita, con epidota y biotita, y que ya fue citado por Chayes (9) (fotos 8 y 9), como un subproducto de transforma-

ción biotita-clorita. También se han observado cantidades muy pequeñas de montmorillonoides.

En el cuadro siguiente resumimos los productos de alteración definidos en este grupo de muestras:

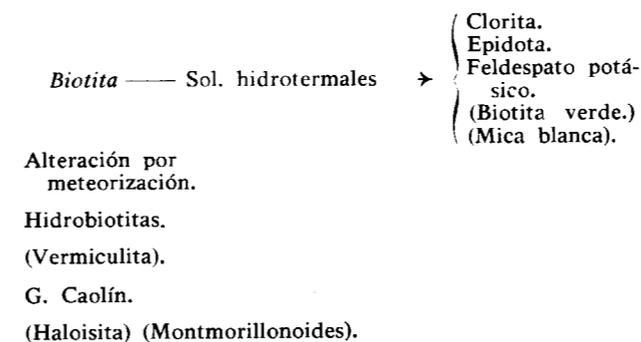


Foto 8.—M. I

Cloritización de biotita, Feldespato K y epidota. N//X 192

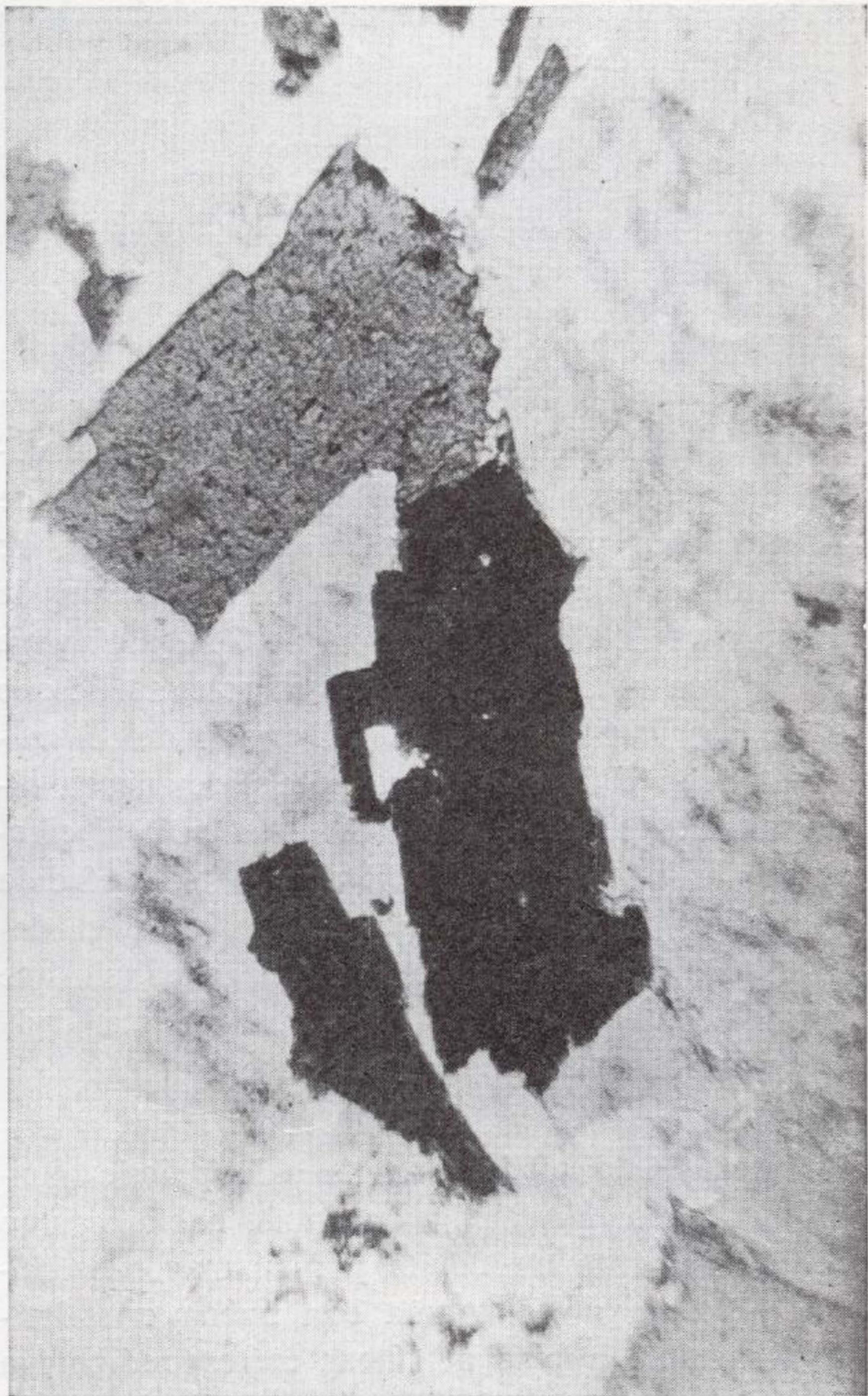
A este grupo de muestras podemos añadir por su similitud, tanto de productos primarios como de alteración, otros dos perfiles tomados sobre rocas



Foto 9.—M. I

Biotita en tránsito a clorita. Epidota y feldespato potásico. N//X 48

graníticas en la Sierra, poco desarrollados, pero en los que se ha observado una indudable relación roca-suelo, a través de roca alterada; corresponde uno de ellos a Villalba, al iniciarse la desviación a Collado-Villalba; el segundo fue tomado en la carretera de Morazarzal a Cerceda, kilómetro 7-8.



*Foto 7.—M. I*

Biotita muy fresca. N//X 48

ción biotita-clorita. También se han observado cantidades muy pequeñas de montmorillonoides.

En el cuadro siguiente resumimos los productos de alteración definidos en este grupo de muestras:

*Biotita* — Sol. hidrotermales → { Clorita.  
Epidota.  
Feldespato potásico.  
(Biotita verde.)  
(Mica blanca).

Alteración por meteorización.

Hidrobiotitas.

(Vermiculita).

G. Caolín.

(Haloisita) (Montmorillonoides).



Foto 8.—M. I

Cloritización de biotita, Feldespato K y epidota.  
N//X 192

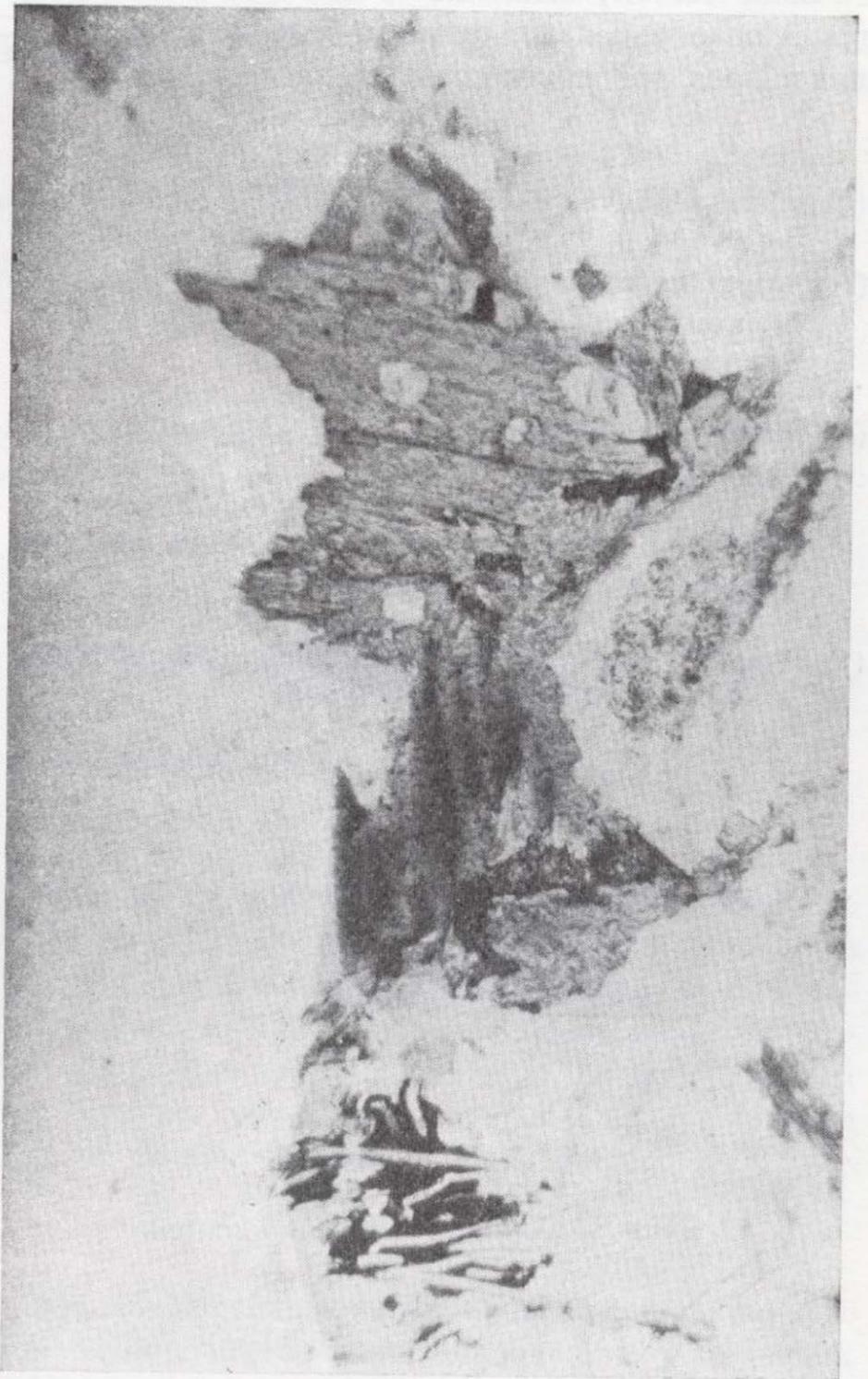


Foto 9.—M. I

Biotita en tránsito a clorita. Epidota y feldespato potásico. N//X 48

graníticas en la Sierra, poco desarrollados, pero en los que se ha observado una indudable relación roca-suelo, a través de roca alterada; corresponde uno de ellos a Villalba, al iniciarse la desviación a Collado-Villalba; el segundo fue tomado en la carretera de Moralzarzal a Cerceda, kilómetro 7-8.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo se ha beneficiado con los cambios de impresiones mantenidos con los doctores Rausell-Colom y Rodríguez Pascual, a quienes agradecemos su colaboración; asimismo lo hacemos a los doctores Alonso y Galván, que han realizado las determinaciones por microscopía electrónica.

BIBLIOGRAFIA

(1) Mapa Geológico de España 1/50.000. Explicación de la hoja núm. 484 de Buitrage de Lozoya. (Madrid-Segovia), 1958.  
 (2) FARMER, V. C., RUSSEL, J. D., MCHARDY, N. J., NEWMAN, A. C. D., AHLRICHS, J. L. y RIMSAITE, J. Y. H. 1971: Evidence for loss of Protons and octahedral iron from oxidized biotites and vermiculitise. Min. Mag. 38, 121-37.  
 (3) WALKER, G. F. 1949: The descomposition of biotite in the soil. Min. Mag. 28; 693-703.

(4) BROWN, G. The X-Ray identification and crystal structure of clay minerals. Mineralogical Society Clay Minerals Group). London, 1961.  
 (5) DEER, F. R. S., HOWIE, R. A. y ZUSSMAN, J.: An introduction to the rock forming minerals. Longman, London, 1971.  
 (6) BARSHAD, I. 1948: Vermiculite and its relation to biotite as revealed by base exchange reactions, X-ray analyses, differential thermal curves and water content. Am. Mi. 33, 656-678.  
 (7) VIVALDI, M. y RODRÍGUEZ GALLEGO, M. 1961: Some problems in the identification of clay minerals in mixtures by X-ray diffraction. I. Clorite-kaolinite mixtures. Clay Min. Bull., 4, 288.  
 (8) RODRÍGUEZ, C. y GARCÍA VICENTE, J. 1967: Estudio físico-químico de unas biotitas. An. Edaf. y Agrob. XXVI, 1129-1142.  
 (9) CHAYES, F. 1955: El feldespató potásico como sub-producto de la transformación biotita-clorita. Est. Geol. XI, 439.

Recibido: enero 1973.

# Hallazgo del mineral triplita en la mina "Beatriz" situada en el término de La Peña (Salamanca)

Por A. ALVAREZ RODRIGUEZ (\*), A. ILARRI JUNQUERA (\*) y J. A. MARTIN RUBI (\*)

RESUMEN

Se informa en este trabajo del hallazgo del mineral Triplita en el término de La Peña (Salamanca), así como de su composición y las técnicas utilizadas para su identificación.

RESUME

Nous presentons dans ce travail la decouverte d'un minéral "Tryplite" (Mn<sup>++</sup>, Fe<sup>++</sup>, Ca; Mg)<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)(F, OH) à La Peña (Salamanca).

Nous donnons sa composition ainsi que les techniques esperimentales utilisées pour l'identifier.

En la mina Beatriz se presentan una serie de diques de pegmatitas, en uno de los cuales se observó la presencia de unos bolos con la superfie alterada y de color blanquecino, que, troceados, pre-

sentan en su interior un material negro, compacto e inalterado. Este material, después de realizar los estudios que a continuación se detallan, se ha identificado como TRIPLITA, un flúor-fosfato de hierro, maganeso, calcio y magnesio, en que parte del flúor puede estar sustituido por OH. La fórmula general de este mineral es la siguiente:

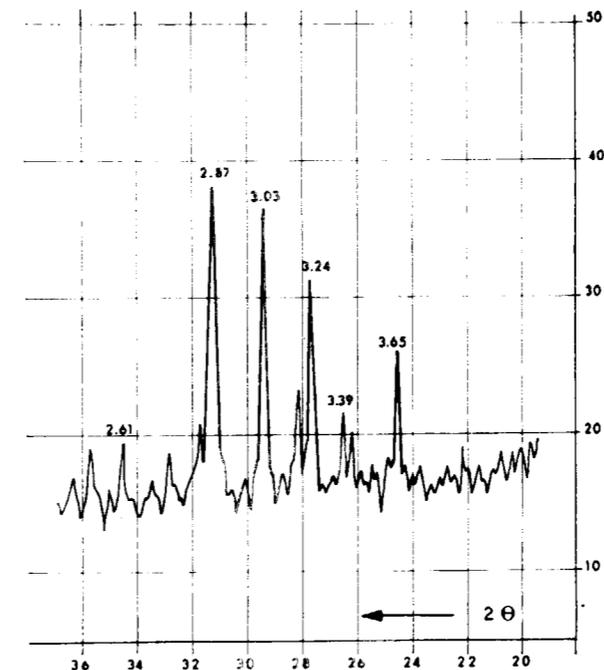


Las características físicas del mineral hallado son: color, negro; raya, blanquecina, y densidad, 3,91 g./cm<sup>3</sup>.

El análisis químico cuantitativo (promedio) muestra que su composición es la siguiente:

FeO	39,64 %
MnO	21,58 %
CaO	0,55 %
MgO	trazas
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31,73 %
F	7,07 %
H <sub>2</sub> O	0,28 %
Residuo insoluble	2,07 %
<b>Total</b>	<b>102,92 %</b>

(\*) Instituto Geológico y Minero de España.

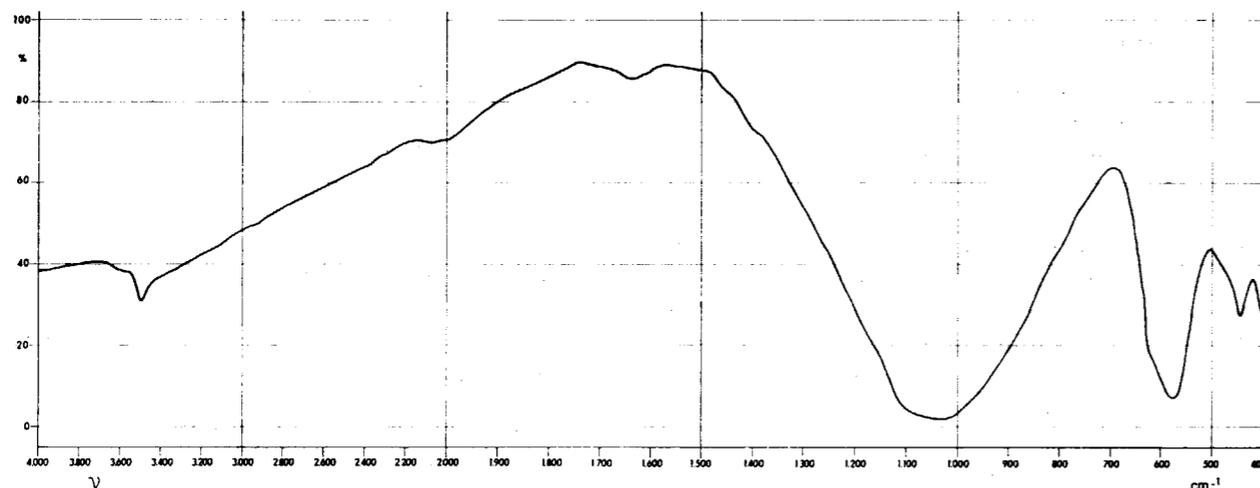


A la suma de los porcentajes del análisis químico hay que efectuarle la corrección debida a que el flúor está en forma de fluoruros, que no contienen oxígeno, por lo que por cada átomo de flúor hay que descontar medio de oxígeno.

La corrección vale 2,98 por 100, y entonces el balance del análisis químico es de 99,94 por 100.

#### Estudio por difracción de rayos X.

Se ha efectuado un diagrama de polvo, en un difractómetro Philips PW-4620. La radiación empleada ha sido la Cu,  $K_{\alpha}$ , filtro de Ni, 40 KV., 20 mA, T.C.=1, discriminación A=3, W=2,30, L.L.=2,24, rendijas 1°, 0,1, 1° y velocidad de goniómetro 2°/minuto.



Se han obtenido los espaciados típicos de la TRIPLITA y una relación de intensidades similar a la obtenida por Rogers (División of Soil, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Adelaide, Australia).

La reflexión de mayor intensidad ( $I=100$ ), correspondientes a los planos 4,0,0; 2,1,3, coincide exactamente con el espaciado propuesto por Rogers (2,87 Å). Se han obtenido igualmente las reflexiones correspondientes a los planos 1,2,1 (3,03 Å), 0,2,0, 3,0,1 (+) (3,24 Å), 1,1,2 (3,39 Å), 2,1,1 (3,65 Å), con una relación de intensidades entre las tres más intensas de 100,90,75.

#### Estudio por espectroscopia infrarroja.

Se ha obtenido el espectro infrarrojo, en pastillas de KBr, en un espectrógrafo Perkin Elmer 225. Se observan claramente en el diagrama una banda intensa entre 1.000 y 1.100  $\text{cm}^{-1}$ , otras bandas a

580  $\text{cm}^{-1}$  y 455  $\text{cm}^{-1}$ , que corresponden a las vibraciones del grupo fosfato. Igualmente se observa una pequeña banda a 3.500  $\text{cm}^{-1}$ , que pudiera corresponder a las vibraciones del grupo OH, correspondientes a la sustitución de F por OH en la red.

Recibido: febrero 1973.

# INFORMACION

## Premio de Periodismo Santa Bárbara 1972

Reunido en el Instituto Geológico y Minero de España, el Jurado calificador del premio de periodismo "Santa Bárbara", formado por D. José Ignacio Izaguirre Rimmel, Director del IGME, D. José Rodríguez Alfaro, Premio "Santa Bárbara" 1971, D. Antonio Quesada García, Jefe de la División de Investigación Minera, D. Augusto Gálvez-Cañero y González-Luna, Jefe del Departamento de Documentación y Proyectos, y D. Luis Badillo Díez, Secretario General del IGME, para juzgar los trabajos presentados en la convocatoria para 1972, con el lema general "Investigación de los recursos mineros de España y su repercusión en el desarrollo económico o industrial del País", adoptándose por unanimidad los acuerdos siguientes:

1.º Conceder el Premio de Periodismo "Santa Bárbara de 1972", dotado con 100.000 pesetas, a D. Fernando Fernández Sanz.

2.º Conceder un accésit extraordinario de 40.000 pesetas a D. Gonzalo García Sánchez "Garcival".

3.º Convocar el Premio "Santa Bárbara" para 1973, dotado con 100.000 pesetas, bajo el lema "La investigación del subsuelo en la economía española", convocatoria que se hará pública en el acto de entrega del Premio de 1972 y para el que regirán las mismas normas que en los premios anteriores.

El Premio de periodismo "Santa Bárbara" se instituyó en 1968 para galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española, la labor investigadora de los recursos del subsuelo.

Se han concedido, hasta el momento, a los Sres. siguientes:

1969, D. Manuel Vázquez Prada.  
1970, D. Manuel Calvo Hernando.  
1971, D. José Rodríguez Alfaro.  
1972, D. Fernando Fernández Sanz.

El Premio está dotado con 100.000 pesetas.

Para optar al Premio se precisa que los trabajos se hayan publicado, radiado o televisado, durante el año en curso.

Quedan excluidas, entre las revistas, aquéllas que sean técnicas y, entre los autores, quienes pertenezcan al IGME.

Los aspirantes al Premio "Santa Bárbara" 1973 deberán presentar por triplicado los correspondientes artículos impresos, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Instituto Geológico y Minero de España, antes del 31 de enero de 1974.

## Noticias

### MINERIA

#### VISITA AL IGME DEL MINISTRO DE MINAS DEL BRASIL

El día 21 de marzo el Instituto Geológico y Minero de España fue visitado por el Ministro de Minas del Brasil, Excmo. Sr. D. Antonio Díaz Leite, acompañado de una Comisión de hombres de negocios de dicho País.

Le fueron expuestas al Ministro las últimas realizaciones del Instituto Geológico en cartografía minera, geológica, geotécnica e hidrológica, así como los principales trabajos de investigación en estos campos que el IGME está realizando dentro del III Plan de Desarrollo.

Recibieron al Excmo. Sr. Ministro, en el Instituto Geológico, el Director General de Minas, Ilmo. Sr. D. José Morales Abad; el Director del Instituto, Ilmo. Sr. D. José Ignacio Izaguirre Rimmel; y otros altos funcionarios del Instituto Geológico.

Se cambiaron impresiones e interesantes puntos de vista sobre problemas del desarrollo minero del Brasil y las posibilidades de que España contribuya en ese desarrollo y en la formación de los geólogos e ingenieros brasileños.

La visita terminó con un recorrido por el Museo y los Laboratorios del Instituto Geológico, donde les fueron mostradas a los ilustres visitantes las últimas instalaciones de los laboratorios de mecánica de rocas, mecánica de suelos y espectrógrafos de masas, especialmente.

#### EL DIRECTOR GENERAL DE MINAS, EL DIRECTOR DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, Y EL SUBDIRECTOR GENERAL DE EXPLOTACIONES MINERAS, EN LA PROVINCIA DE SALAMANCA

El pasado día 8 de marzo se han trasladado a Salamanca el Director General de Minas del Ministerio de Industria—Don José Morales Abad—, acompañado de los señores Izaguirre Rimmel—Director del Instituto Geológico y Minero de España—y Prado Calzado—Subdirector General de Explotaciones Mineras—.

El objeto del viaje era conocer y tomar contacto con las explotaciones mineras de la provincia y conocer los trabajos de investigación minera y de aguas subterráneas que lleva a cabo en Salamanca el Instituto Geológico y Minero.

Se celebraron reuniones con las autoridades provinciales y en su compañía se visitaron varias explotaciones mineras de la zona de Barruecopardo.

En la Delegación de Sindicatos el Sr. Izaguirre Rimmel pronunció una interesante conferencia sobre el Programa de Investigación Minera y los recursos mineros de la provincia, cerrando el acto el Gobernador Civil con palabras de agradecimiento por la visita efectuada.

Finalizada la visita tuvo lugar una rueda de prensa en la sede del Gobierno Civil.

#### CONTINUA LA INVESTIGACION DE ESTAÑO Y VOLFRAMIO QUE EL IGME LLEVA A CABO EN SILLEDA (GALICIA)

Terminada la fase previa de investigación, se han delimitado dos áreas de interés para una investigación más detallada que se prospectará en este año y siguientes.

En la zona de Monterrey-Maceda por los resultados habidos en la 1.ª fase (y de la que ya dábamos cuenta en nuestro pasado número de nov.-dic.), se continúa con mayor detalle la prospección en esta zona en la que se tiene esperanzas muy fundadas.

#### ENTIBACIONES AUTOMARCHANTES DE FABRICACION NACIONAL EN LAS MINAS DE HULLERA VASCO-LEONESA

Una importante firma de Zaragoza ha equipado recientemente un taller completo de pilas hidráulicas en el grupo minero que la S. A. Hullera Vasco-Leonesa posee en Santa Lucía (León), registrándose un comportamiento totalmente satisfactorio. Aunque la citada firma zaragozana ya fortificó varios tajos largos en Potasas de Navarra, S. A., es esta la primera vez que se equipa un taller en minas de carbón con pilas totalmente fabricadas en España.

#### TURBAS DE BURGOS

Ampliamos aquí nuestra anterior noticia sobre las TURBAS DE ARANDA que investiga el Instituto Geológico y Minero de España, aparecida en el Fascículo VI (noviembre-diciembre) del Boletín Geológico y Minero.

Se han cubicado del orden de 10 millones de m<sup>3</sup> de turba con un recubrimiento aproximado de unos 8 millones de m<sup>3</sup>.

La morfología de la capa es bastante regular, con potencia media de unos 8 m. La potencia del recubrimiento es del orden de los 4 m. Sus características físico-químicas que le impiden sea considerado como combustible, le hacen en cambio muy aprovechable en el 80 por 100 de su cubicación para abonos de alta calidad y correctores de suelos.

#### SE ABANDONAN EN MALAGA TRES MINAS DIAMANTIFERAS

Tres minas diamantíferas han sido ya abandonadas por la persona que solicitó del Estado la concesión de los estudios geológicos, que fue el ingeniero D. José M.ª Verdejo, vinculado a la Real Compañía Asturiana de Minas. También ha planteado dicho señor el abandono de los trabajos de búsqueda en otras minas. De las ocho diamantíferas que fueron estudiadas, sólo tres permanecen (la "María Teresa", la "Beimar" y la "Rumba"), aunque nada se sabe acerca de su porvenir y de los estímulos que hayan encontrado para cubrir gastos de concesión y estudios geológicos.

Noticias no confirmadas dan como cierto que se ha abandonado toda búsqueda de diamantes, por haberse hallado otras materias más fáciles de explotar y comercializar.

#### EXPLOTACION DE CRIADEROS DE NIQUEL EN VENEZUELA

El Gobierno venezolano ha escogido al principal productor de níquel de Francia, Le Nickel, para participar en la explotación de los grandes yacimientos en Loma de Hierro. La firma Le Nickel tendrá un control del 49 por 100 sobre el capital invertido en el complejo minero, que se estima produciría 20.000 toneladas por año. Sin embargo, antes de entrar en la fase de la construcción, será necesario realizar reconocimientos adicionales del yacimiento con el objeto de evaluar su potencial.

#### TECNICOS SOVIETICOS COLABORARAN EN EL APROVECHAMIENTO DE LAS ESCOMBRERAS EN LAS MINAS DE MERCURIO DE ALMADEN

A finales de abril llegaron a Madrid un grupo de técnicos soviéticos que colaborarán con técnicos españo-

les para tratar del aprovechamiento de escombreras de las minas de mercurio de Almadén.

Parece ser que en las minas de mercurio de la U.R.S.S. se realizan métodos de obtención que permiten el completo aprovechamiento del metal; métodos que podrían emplearse en las minas de Almadén.

Las perspectivas que hay, se espera sean muy superiores a las realidades del año pasado. Se cree que la recuperación de los precios internacionales y las mejoras que se están introduciendo en el establecimiento minero de Almadén permitan incrementar las ventas, consiguiendo precios más remuneradores.

#### EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA, INICIA LA PUBLICACION DEL MAPA METALOGENETICO DEL PAIS

Ampliamos la noticia aparecida en nuestro número anterior sobre la publicación de la primera hoja metalogenética E, 1:200.000.

Con la hoja número 25 "FIGUERAS", se inicia la publicación del Mapa Metalogenético de España, en escala 1:200.000.

Este Mapa es el resultado de una de las actividades del Programa Nacional de Investigación Minera (PNIM), y completo constará de 93 hojas, de las que 87 corresponden a España Peninsular y Baleares, y las seis restantes al archipiélago Canario. Cada hoja cubre una superficie de unos 10.000 km<sup>2</sup>. Se piensa publicar de 8 a 10 hojas cada mes, o sea que se publiquen totalmente en el año actual.

El IGME encargó la formación de este Mapa a la Empresa Nacional ADARO, que constituyó el necesario equipo técnico.

El Mapa que comentamos ofrece, por primera vez, una síntesis de los conocimientos actuales sobre indicios y yacimientos minerales, sea publicados u obtenidos por trabajos directos.

El objetivo fundamental de estos mapas es proporcionar un instrumento, que permita precisar las áreas más favorables para la investigación minera.

Como base geológica se ha utilizado el Mapa de Síntesis a escala 1:200.000, que ha editado recientemente el Instituto Geológico y Minero de España.

Deja atrás la contemplación aislada de los indicios mineralizados, y agrupa éstos en una comunidad de condiciones geológicas de yacimiento. Resaltan así tipos de yacimientos, distintos de nuestro estilo clásico.

En la amplia simbología, se separan los datos económicos de los metalogénicos.

La sistemática de la representación se apoya en dos principios fundamentales: el primero es que en investigación minera, es de un interés de orden superior, caracterizar el ambiente geológico; el segundo, que la singularización de este ambiente, suministra una base analógica, para poder suponer que su repetición puede acompañarse de la de los indicios o yacimientos mineros.

Daremos algunas características del referido Mapa.

Disponiendo de la base geológica citada, se necesitaba formar un fichero de indicios, que se ha conseguido tener, después de consultar más de 3.000 publicaciones, de utilizar todos los archivos de las Secciones de Minas, así como los de la Junta de Energía Nuclear, y los proporcionados por las empresas privadas y algún departamento de la Universidad de Madrid. Toda esta información, se recogió en fichas de 4 tipos, y ha sido incluida en tarjetas para su tratamiento por el ordenador. En esta primera síntesis, se dispone de 8.000 indicios. En este trabajo, ha colaborado el laboratorio de cálculo de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Los símbolos incluidos en el Mapa, dan idea clara del fondo geológico, de la presentación del yacimiento y sustancia minera, indicándose la composición química de la mena.

También se señala la roca en la que encaja el criadero, el proceso de su génesis y los datos económicos que permiten conocer de un golpe de vista, el volumen de explotación, presente o pasada, del yacimiento.

Se determina, también, la edad geológica en que se formó el criadero, así como si éste se halla en un Metalotecto, cuyos límites, siempre que es posible, se representan en el mapa.

Se acompaña una relación de los indicios representados, en la que se indica su exacta localización por coordenadas, término municipal, y hoja del Mapa de España en escala 1:50.000, en la que se encuentran, así como todos los detalles de la correspondiente codificación.

#### COTO FORTUNA DE MAZARRON (MURCIA)

En las investigaciones que el IGME lleva a cabo en la llamada Reserva Sur de Murcia y en una zona—coto Fortuna de Mazarrón—pertenecientes a dicha Reserva, se ha determinado una cubicación de más de 150.000 toneladas de cinc metal en forma de carbonatos complejos.

El aprovechamiento de esta potencial mena requiere unos estudios hidrometalúrgicos, ya que el tratamiento de esta mena no se puede ajustar al tipo de concentración convencional.

El gran valor potencial de esta reserva y su fácil explotación a cielo abierto, son condiciones que sin duda conducirán a encontrar un sistema adecuado de aprovechamiento.

#### AGUAS SUBTERRANEAS

#### NUEVOS PROYECTOS DE INVESTIGACION DE AGUAS SUBTERRANEAS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En los últimos meses del año transcurrido, el IGME ha elaborado tres proyectos de investigación de aguas sub-

terráneas que cubren: la cuenca S. parte occidental, las cuencas alta y media del Guadiana y la continuación de la investigación de la cuenca media y baja del Júcar.

Estos proyectos que en el mes en curso han salido a concurso y que en breve serán adjudicados, aseguran la investigación de estas extensas e importantes áreas durante tres años.

Estos trabajos se realizan dentro del marco del Programa Nacional de Aguas Subterráneas y responden a la planificación establecida.

#### MEDIDAS ORDENADORAS EN LA PROVINCIA DEL ALMERIA

Como resultado de los trabajos de investigación Hidrogeológica que se llevan a cabo actualmente en la cuenca S. parte oriental (provincia de Almería), el IGME ha propuesto una serie de medidas ordenadoras que regulen la explotación de los recursos subterráneos en algunas zonas de la provincia de Almería (Campo de Níjar, Huerca, Overa, Pulpi).

El Gobierno ha hecho suya esta propuesta mediante Decreto Ley.

Con esta normativa legal se impiden nuevas obras de alumbramiento en dichas zonas con lo que se protegen estos acuíferos que estaban sobre explotados y amenazados por un gravísimo riesgo de salinización por intrusión del agua del mar.

#### ARCHIVO NACIONAL DE PUNTOS ACUIFEROS

Iniciado también en el año 1972, persigue recoger y confeccionar un inventario total de los puntos de agua del País con el apoyo de la Informática.

En el año se han almacenado 20.000 puntos, recopilando la información suministrada por los estudios del Instituto Geológico y Minero de España.

#### GEOTECNIA

##### EL IGME INVESTIGA ARIDOS EN LA PROVINCIA DE MADRID

Se ha llevado a cabo por el IGME una investigación referida al tema de los áridos, en el área de influencia de Madrid, desde una doble perspectiva: prospección de yacimientos y análisis del mercado.

En la primera de estas vertientes, se han localizado, dentro de un perímetro de cincuenta kilómetros de radio en torno a Madrid, 22 zonas en las que se deduce un cierto potencial de reservas en áridos cuya naturaleza se reparte entre arenas, gravas, calizas, granitos, gneises y pórfidos. En estos yacimientos se han tomado 610 muestras, las cuales se sometieron a los correspondientes ensayos y análisis físicos, químicos, mineralógicos y petrográ-

ficos. Las reservas localizadas son elevadísimas y sólo la incidencia del transporte en la estructura de cortes, justifica el interés de ampliar la prospección a nuevas áreas, en función del emplazamiento de la demanda.

Respecto del análisis del mercado, hay que destacar al gran incremento que ha experimentado la demanda en los últimos años y las perspectivas de evolución favorable para un futuro a corto y medio plazo. Se llega a la conclusión de que el mayor incremento de la demanda futura se polarizará hacia el sur y suroeste de Madrid.

#### LAS BENTONITAS DE ALMERIA NUEVA INVESTIGACION DEL IGME

En la provincia de Almería, y concretamente en la zona del Cabo de Gata se ha llevado a cabo una prospección de yacimientos de bentonitas que aparecen asociados a manifestaciones volcánicas superficiales de edad miocena (Andalucense-Tortonense), de composición calcioalcalina. Con este estudio se han localizado unas reservas que se pueden estimar en unos 10 millones de toneladas, dato este a comprobar mediante una detallada campaña de sondeos.

Esta bentonita, aprovechada en diversos puntos, es esencialmente calcio-sodio-magnesiana, con un elevado índice de cationes de cambio y un importante contenido en montmorillonita, observándose una estimable capacidad de hinchamiento y una razón molar  $SiO_2/Al_2O_3$  de aproximadamente 4.

El estudio se completa con un análisis del balance mercadológico producción-consumo a escala nacional o internacional, así como la definición de la aplicabilidad y especificaciones de esta sustancia.

#### INVESTIGACION GEOTECNICA DEL IGME, DEL DESLIZAMIENTO DE UN TALUD EN BENAMEJI (CORDOBA)

El planteamiento del programa Sectorial PINGEON se enfoca, en un doble aspecto, atendiendo a acciones globales o específicas según sea el ámbito en que se desarrollan las actividades geotécnicas.

Existen áreas de interés prioritario, bien por su importancia desde un punto de vista de desarrollo económico y social, bien porque en ellas existe una problemática geotécnica que es necesario resolver.

A este segundo tipo de zona pertenece el caso estudiado en la población de Benamejí (Córdoba). Un grave e importante deslizamiento se ha desarrollado en las proximidades del pueblo, habiendo afectado a zonas habitadas y poniendo en peligro la seguridad de edificios (algunos incluso de gran importancia artística e histórica) y moradores.

Era muy interesante investigar tanto las causas del deslizamiento, como su forma de progresar y posibles soluciones para la estabilización del fenómeno. Así mismo

se han reconocido y explorado geotécnicamente zonas en las proximidades del pueblo con el fin de ubicar en ellas futuras estructuras, sin que se vean afectadas por el deslizamiento.

El reconocimiento del talud obligó a realizar un sondeo de más de 150 m de profundidad, con el fin de obtener muestras inalteradas que permitieran conocer las constantes intrínsecas de los materiales existentes.

Para el cálculo de la estabilidad del talud, se ha utilizado un ordenador IBM 1130, y se han considerado varias hipótesis con el fin de conocer los diferentes coeficientes de seguridad.

Se han propuesto una serie de soluciones para conseguir la estabilidad del talud deslizado y evitar su progresión.

#### ARCHIVO NACIONAL DE ROCAS INDUSTRIALES DEL IGME

Como complemento del Mapa Nacional de Rocas Industriales y del cual ya hemos dado noticias en números anteriores (ya se han confeccionado 20 Hojas de las 80 de que constará esta publicación), se forma el Archivo Nacional de Rocas Industriales que se inició el año 1972 y donde se codifican en ordenador los datos más destacados de todas las numerosas explotaciones activas y paradas de estos materiales y los datos recogidos por los estudios cartográficos y sectoriales. Constituye una ayuda básica para el conocimiento estadístico del sector y sus posibilidades de expansión.

#### NOTABLE AUMENTO DE LA PRODUCCION ESPAÑOLA DE CEMENTO CORRESPONDIENTE A 1972

España totalizó en 1972 una producción de cemento de 20 millones de toneladas, lo que posiblemente coloca a nuestro país en el 7.º lugar mundial de fabricantes de aglomerantes hidráulicos, por encima, incluso, de la Gran Bretaña.

#### MINERALUGIA

##### EVOLUCION SIDERURGICA EN ENERO DE 1973: Producción, comercio exterior y consumo aparente

En dicho mes, la producción de acero se estima en 910.000 toneladas, superior en un 14,6 por 100 a la media mensual producida durante 1972.

Las estadísticas de la Dirección General de Aduanas registran para el mes de enero unas importaciones de productos siderúrgicos de 156.000 toneladas en acero equivalente, con un aumento del 22,8 por 100 sobre la cifra media mensual registrada en el conjunto de 1972. Las ex-

portaciones, con 180.000 toneladas en acero equivalente, suponen un aumento del 16,9 por 100 sobre la cifra media mensual que se exportó en 1972.

El consumo aparente en enero se estima de forma provisional en 813.000 toneladas. Su comparación con la media mensual del conjunto de 1972 arroja un aumento del 2,7 por 100.

##### EVOLUCION SIDERURGICA EN FEBRERO DE 1973: Producción, comercio exterior y consumo aparente.

En base a las cifras provisionales disponibles, la producción de acero ha sido de 865.000 toneladas en el mes de febrero. La media mensual del período enero-febrero de 1973 es superior en un 12 por 100 a la media mensual de 1972. En cuanto a producción de laminados en caliente, se estima la de febrero en 665.000 toneladas en producto. La media mensual del bimestre supera en un 19,4 por 100 a la media del conjunto de 1972.

Según las estadísticas de la Dirección General de Aduanas, se han importado en febrero 137.000 toneladas en acero equivalente. La media mensual del período enero-febrero excede en un 15,3 por 100 a la media mensual del conjunto del año 1972. Las exportaciones del mes, con 297.000 toneladas en acero equivalente, arrojan una media mensual del bimestre que resulta superior en un 54,8 por 100 a la media mensual del año 1972.

La estimación provisional del consumo aparente de acero da una cifra de 702.000 toneladas en febrero, con una media mensual en el período enero-febrero inferior en un 5,9 por 100 a la media mensual del año 1972.

#### HIDROCARBUROS

##### PROXIMAS PROSPECCIONES PETROLIFERAS EN LA COSTA ASTURIANA

Una importante empresa petrolífera, con participación de capital extranjero, está realizando los trabajos previos para verificar una perforación en busca de petróleo en un lugar de la plataforma costera asturiana, entre las localidades de Gijón y Ribadesella, según ha informado el catedrático de Geología Estructural de la Escuela Superior de Ingenieros de Minas de Oviedo, profesor Martínez Álvarez, el cual ha agregado que tal empresa, que tiene ya el correspondiente permiso de investigación desde hace bastantes meses, tiene ya casi ultimados los estudios de tipo geológico precisos para señalar con exactitud el lugar de la perforación y que los expertos tienen fundadas esperanzas de encontrar un importante yacimiento de petróleo, puesto que se ha comprobado científicamente la existencia de indicios petrolíferos en la tierra asturiana próxima a la costa.

## PROYECTO DE CREACION DE UNA EMPRESA PETROLIFERA

El organismo argentino Yacimientos Petrolíferos Fiscales está interesado en formar sociedad con un grupo de empresas privadas al objeto de producir y comercializar polipropileno.

## ENERGIA

### EN 1975 ENTRARA EN FUNCIONAMIENTO UNA PLANTA DE CONCENTRADOS DE URANIO EN SALAMANCA

El Presidente de la Empresa Nacional del Uranio señor Sagués y Martínez de Azagra, ha presentado un escrito de autorización previa en la Delegación Provincial del Ministerio de Industria de Salamanca para la construcción de una planta de concentrados de uranio con una capacidad de producción de 100.000 toneladas anuales. La planta, que sería instalada en el término de Saelices el Chico, se destinaría al tratamiento de los minerales procedentes de la zona de Ciudad Rodrigo, donde están localizados los yacimientos más importantes de uranio conocidos hasta ahora en España.

### PROXIMA CONFERENCIA ENERGETICA EN LOS EE. UU.

La Octava Conferencia Mundial sobre Energía ha clausurado sus sesiones el pasado mes de julio de 1971 en Bucarest, pero ya han sido iniciadas las gestiones para la próxima conferencia, que tendrá lugar en Detroit, Mich., en 1974. En ella, la atención de los expertos se localizará sobre la reducción en los suministros de combustibles convencionales como petróleo, gas y carbón. Examinarán más de cerca otras posibles fuentes de energía, como una planta magnetorreodinámica proyectada, que hace circular gases calientes a través de un campo magnético para generar electricidad.

### FUENTE ECONOMICA DE ENERGIA GEOTERMICA

El Salvador podrá sin duda ahorrar un millón de dólares anuales en divisas mediante el aprovechamiento de la energía geotérmica, en preferencia a la instalación de centrales hidroeléctricas o térmicas. Un estudio realizado por las Naciones Unidas, por cuenta de la Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL) ha establecido que las dos últimas fuentes de energía requerirían inversiones fuertes de capital o importaciones de petróleo. Por otra parte, El Salvador cuenta con 18 zonas geotérmicas que podrían ser aprovechadas económicamente. Una sola de estas fuentes, según las Naciones Unidas, podría suministrar 100 MW. anuales durante cincuenta

años. Se estima que una planta geotérmica puede producir energía del 70 al 80 por 100 del costo de una central hidroeléctrica o térmica.

### REACTOR DE TORIO, PRODUCIRA 1.000 MW

Programado para entrar en servicio en 1980, se está construyendo un reactor de torio, del tipo de temperatura alta, para suministrar energía a una planta de 1.000 MW, situada en Uentrop-Schmehausen, Alemania Occidental. El Gobierno alemán ya ha asignado la suma de 175 millones de dólares para esta obra.

### WESTINGHOUSE RECIBE UN PEDIDO GRANDE PARA TRES CENTRALES NUCLEARES

Tres empresas públicas españolas han otorgado a la Westinghouse Electric Co. de Nueva York el mayor contrato jamás recibido por esta última con destino a un país extranjero. El pedido, valuado en 300 millones de dólares, especifica tres centrales nucleares, con opción para una cuarta. Dos centrales idénticas, de 930 MW, serán erigidas en Almaraz sobre el río Tajo por las empresas Compañía Sevillana de Electricidad, S. A., Hidroeléctrica Española, S. A. y Unión Eléctrica, S. A. Una tercera central de 930 MW. será construida en Lemoniz, cerca de Bilbao, por la S. A. Iberduero, que tiene también la opción para otra planta. El costo de las tres centrales excederá los 800 millones de dólares.

## CONTAMINACION

### MAPA DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION DE LOS ACUIFEROS

El IGME acaba de publicar el Mapa de Vulnerabilidad a la Contaminación de los Mantos Acuiferos —de la España Peninsular, Baleares y Canarias— (Primer esquema cualitativo) Escala 1:1.000.000.

Este Mapa, acompañado de la correspondiente Memoria, está ya a disposición del público y puede solicitarse al Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria.

El Mapa representa uno de los resultados del programa "Mapa Hidrogeológico Nacional-Plan de Investigación de Aguas Subterráneas", que, encuadrado en el Plan Nacional de Investigación Minera (P.N.I.M.), es una aportación del IGME al sector de las aguas subterráneas y supone una contribución de España al Decenio Hidrológico Internacional.

Es bien sabido que uno de los más importantes factores que condicionan el desarrollo de la vida moderna es, sin duda alguna, la calidad del agua disponible para satisfacer las necesidades, tanto de abastecimiento urbano como industrial o agrícola. Si bien la cantidad de aquella y sus posibilidades de empleo en tiempo y espacio representan el

primer problema a resolver, el de su pureza y cualidades físicas y químicas viene inevitablemente aparejado al anterior.

Los esfuerzos que se realizan para conseguir caudales bien regulados y suficientes pueden resultar inútiles si desde un primer momento no se toman las medidas para preservar en el presente y, sobre todo, en el futuro, la calidad de las aguas.

Las aguas subterráneas se consideran tradicionalmente como uno de los recursos de mayor pureza, sobre todo en lo que se refiere a la contaminación por agentes exteriores. La situación de los acuíferos, la filtración natural, etc., son factores que contribuyen a ello.

Sin embargo, también los acuíferos subterráneos están expuestos a los peligros de la contaminación: cada vez se dan en España más casos de deterioro en la pureza de las aguas extraídas en ciertos pozos y sondeos, debido a la intrusión de agentes extraños en los acuíferos.

Conocer el grado de vulnerabilidad de los mismos frente a la contaminación es, sin duda, un aspecto fundamental desde el punto de vista de su prevención.

Es en este sentido que el Instituto Geológico y Minero de España ha elaborado, en forma de esquema cualitativo y a escala 1:1.000.000, el "Mapa de vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos subterráneos", tratando con ello de llamar la atención sobre este importante problema, que debe ser abordado con cuidado y con la suficiente antelación.

Con este Mapa no se pretende poner de manifiesto el estado actual de la contaminación de tales acuíferos subterráneos, pero sí exponer su grado de vulnerabilidad frente a los posibles agentes contaminantes, suministrando criterios que contribuyan a una mejor planificación de nuestro desarrollo económico.

### U.S.A. y U.R.S.S. TRABAJAN CONJUNTAMENTE PARA LA CONSERVACION DEL AGUA

Expertos soviéticos y norteamericanos han acordado comenzar estudios conjuntos encaminados a conservar las fuentes principales de abastecimiento de agua en Norteamérica y en la U.R.S.S. "para el disfrute de las generaciones futuras".

Los estudios sobre contaminación se centrarán sobre el río Delaware y otros ríos de los Estados Unidos que se citarán posteriormente, y sobre los ríos Moscova y Seversky, donantes en la Unión Soviética.

Estos estudios se enmarcan en el acuerdo de cooperación para la protección del medio ambiente, firmado por el Presidente Nixon y el Presidente soviético, Nikolai V. Podgorny, el día 23 del pasado mayo en Moscú.

La cuenca del Delaware fue elegida el pasado septiembre, ha dicho un miembro del equipo norteamericano, porque es "de carácter industrial con un alto grado de concentración urbana".

Los norteamericanos han sugerido que el río Ohio constituiría también objeto del estudio, porque "también es

industrial y comparable con muchos ríos de Rusia en sus características hidrológicas y problemas que deben corregirse".

No se hará una selección definitiva hasta que el próximo verano se desplace a los Estados Unidos un grupo de trabajo soviético, han dicho los norteamericanos. Los ríos soviéticos fueron elegidos durante las reuniones de los expertos, desarrolladas durante los pasados días.

### EN FRANCIA SE TOMAN MEDIDAS SOBRE LOS DETERGENTES

En el marco de las campañas nacionales de lucha contra la contaminación del medio ambiente, todos los detergentes puestos a la venta en Francia deberán precisar en sus embalajes la tasa exacta de biodegradabilidad.

Un decreto publicado en París señala que dicho dato debe aparecer claramente visible, de forma que constituya un elemento informativo adecuado para el comprador de detergentes.

### CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE CONTAMINACION

Se espera que concurrirán unos 20.000 visitantes, procedentes de una treintena de países, a la Exposición y Congreso Internacional sobre Ingeniería de la Contaminación, a celebrarse en Cleveland, EE. UU., del 4 al 7 de diciembre de 1973. Será la primera exhibición internacional sobre equipo para control de la contaminación a realizarse en EE. UU.

### PLANTA PILOTO PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La Chesapeake Corp. de Virginia ha puesto en marcha, a base de planta piloto, un sistema diseñado para reducir la toma de oxígeno por las aguas residuales de una fábrica de papel y pasta mediante la adición de oxígeno de pureza grande en concentraciones de 92 a 93 por 100. El sistema Unox, desarrollado por la Div. Linde de Unión Carbide Corp. de EE. UU. acelera el tratamiento del cieno activado de las aguas residuales. El oxígeno de alta concentración acelera los efectos de las bacterias destructoras de los residuos.

## GEOFISICA

### NUEVA EXPEDICION POLAR FRANCESA

A principios del mes de noviembre de 1972, una decena de investigadores franceses han comenzado la segunda expedición polar, incluida en el cuadro del Proyecto Internacional de Glaciología Antártica (PIGA).

Este equipo partió de Carrefour situado cerca de Dumont de Urville para finalizar en la base soviética Vostok después de un recorrido de más de 1.800 kilómetros.

En el curso de esta expedición se efectuarán numerosas tomas de muestras de hielo y medidas de geodesia y gravimetría, las cuales permitirán establecer consecuencias que aclaren mejor la dinámica de la Antártida.

REUNIONES CIENTIFICAS

SIMPOSIO DE ANALISIS MINERAL POR TECNICAS OPTICAS

En Smolenice y organizado por el Instituto de la Academia de Ciencias de Bratislava, y la Sociedad Química de aquella ciudad, tuvo lugar un Simposio sobre análisis de minerales utilizando técnicas ópticas, el cual se celebró del día 2 al 6 de abril de 1973.

Los temas específicos son: Problemas teóricos, nuevos experimentos sobre procedimientos y aplicaciones de análisis espectroquímicos, análisis de fluorescencia de Rayos X, Espectroscopia de llama, Espectrofotometría y otros métodos ópticos, usados para el análisis químico de minerales.

IV CURSO DE GEOMORFOLOGIA E HIDROGEOLOGIA KARSTICAS

Organizado por el Instituto Geológico y Minero de España y por la Cátedra de Geodinámica Externa de la Universidad Complutense de Madrid, se ha celebrado el IV Curso de Geomorfología e Hidrogeología Kársticas.

El Curso, dirigido por el Profesor Dr. Alastrué, ha durado dos meses y ha tenido como sede la Facultad de Ciencias Geológicas de la Ciudad Universitaria.

A lo largo del curso se han tratado los siguientes temas:

1. El ciclo geológico y la evolución geomorfológica,
2. El proceso de Karstificación,
3. Factores fisicoquímicos,
4. Factores hidrogeológicos,
5. Leyes fundamentales de la Hidrogeología,
6. Factores geológicos,
7. Tectónica de macizos calcáreos,
8. Factores geomorfológicos,
9. Morfología de rocas sedimentarias coherentes,
10. Hidrogeología Kárstica,
11. Hidrogeoquímica,
12. Dinámica evolutiva de las áreas karstificables,
13. Geomorfología kárstica,
14. Morfología endokárstica,
15. Campos de desarrollo y aplicación,
16. Problemas que plantea la construcción de embalses superficiales en zonas kársticas,
17. Ejecución de obras públicas en zonas kársticas,
18. Tendencias de la investigación actual en Geomorfología e Hidrogeología Kárstica,
19. Geografía del Karst.

XVII ASAMBLEA GENERAL DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE SISMOLOGIA Y FISICA DEL INTERIOR DE LA TIERRA

Está anunciada del 20 al 31 de agosto de 1973, para celebrar en Lima (Perú) la XVII Asamblea General de la Asociación Internacional de Sismología y Física del Interior de la Tierra.

Simultáneamente la Comisión Interunión de Geodinámica y el Instituto Panaamericano de Geografía e Historia, anuncian un simposiun sobre la "Geodinámica de la Región del Pacífico Este y zonas colindantes" que tendrá lugar del 22 al 28 de agosto.

El Centro Regional Sismológico de América del Sur también anuncia un simposiun sobre "Problemas sismológicos específicos de América del Sur" que tendrá lugar los días 29 al 31 de agosto.

La Comisión de microsismos de la IUGG, anuncia también la celebración simultánea de una reunión, en temas de su espacialidad.

TEMAS DE LA XVII REUNION DE LA I.A.S.P.E.I.

Se tratarán los siguientes:

1. Estado y comportamiento de los materiales del interior de la tierra.
2. Problemas y resultados de las explosiones sismológicas.
3. Inhomogenidad lateral de la corteza terrestre y del manto superior.
4. Problemas inversos en relación con los modelos de la Tierra.
5. Procesos focales y predicción de terremotos.
6. Procesos geodinámicos.
7. Origen y anomalías del flujo calorífico.
8. Sismología y estructura lunar.

TEMAS DE SIMPOSIUN DE MICROSISMOS.

Dentro de la reunión se tratarán los siguientes:

1. Microsismos en América del Sur.
2. Aspectos sismológicos de los microsismos.

CONFERENCIA SOBRE GEODINAMICA

El tema de la reunión es "Geodinámica de la Región del Pacífico Oriental y Areas Relacionadas".

Los trabajos a presentar versarán sobre la geología y la geofísica de la región, en cuanto se relaciona con la geodinámica y específicamente, lo que se supone sean contactos de escudos o áreas influidas por éstos.

En mesa redonda se discutirán temas como la Geodinámica del Caribe, el escudo de Nazca en relación con el área Andina, el arco de Scocia y otros.

SIMPOSIUN DEL CERESIS

El tema base es "problemas de la Sismicidad Regional en América del Sur".

Se procederá a comparar los métodos de estudio y correlacionarán problemas comunes, con el fin de armonizar las técnicas relacionadas con la sismicidad y la ingeniería sismo-resistente.

Los temas propuestos son:

1. Problemas en la determinación de las coordenadas focales.
2. La escala de intensidad; factores y consideraciones prácticas para su determinación.
3. Magnitud; magnitud local y las relaciones de magnitud-intensidad.
4. Relaciones magnitud-frecuencia y el régimen sismotectónico.
5. Problemas de mecanismos focales.
6. Ingeniería sismoresistente.

COLOQUIO DE ESTRATIGRAFIA Y PALEOGEOGRAFIA

Durante los días 5 a 9 de noviembre de 1973, se celebrará en el Campus de Bellaterra de la Universidad Autónoma de Barcelona el I Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Cretácico de España. Las excursiones geológicas tendrán como punto de partida la ciudad pirenaica de TREMP.

X CONGRESO INTERNACIONAL DE GALVANIZACION EN CALIENTE

Bajo el patrocinio de la European General Galvanizers Association (EGGA) y organizado por la Associazione Italiana Zincatura, se celebrará en el Palacio de Congresos de Stresa, Italia, del 16 al 22 de septiembre de 1973, el X Congreso Internacional de Galvanización en Caliente.

Estos congresos de galvanización, que vienen celebrándose cada tres años desde 1950, en que tuvo lugar el I Congreso en Copenhague, Dinamarca, constituyen el máximo fórum internacional para el intercambio de información y experiencias en relación con las investigaciones y desarrollos técnicos más recientes de los procesos de galvanización en caliente, así como sobre las aplicaciones del acero galvanizado.

Las sesiones técnicas de este nuevo congreso de Stresa, al que acudirán unos 500 galvanizadores y técnicos interesados en este procedimiento de protección del acero frente a la corrosión, se desarrollarán en forma de grupo de discusión dirigidos por equipos de expertos de reconocido prestigio internacional y se ofrecerá a todos los asistentes la posibilidad de intervenir en dichas discusiones y de intercambiar ideas de forma libre e informal median-

te la utilización extensiva de los nuevos métodos audiovisuales y de la televisión en circuito cerrado.

Los temas objeto de discusión en las sesiones técnicas de este congreso serán los siguientes:

1. Situación actual, perspectivas futuras y métodos de promoción de la galvanización en caliente,
2. Nuevas técnicas en plantas de galvanización,
3. Pintado del acero galvanizado,
4. Ensamblado del acero galvanizado,
5. "Galvanizabilidad" de los aceros,
6. Desarrollo de la galvanización debido a su calidad, bajo coste y larga duración,
7. Contaminación del agua y del aire,
8. Resúmenes y conclusiones.

Los idiomas oficiales de este congreso serán: español, inglés, francés, italiano y alemán.

Todos los delegados extranjeros tendrán la posibilidad de visitar plantas de galvanización del Norte de Italia el jueves 20 y el viernes 21 de septiembre.

Simultáneamente con la celebración del congreso se organizará una exposición comercial de productos y equipos así como otra exposición fotográfica sobre las nuevas aplicaciones más destacadas del acero galvanizado.

QUINTO COLOQUIO DE INVESTIGACIONES SOBRE EL AGUA.

Se celebrará en San Sebastián en octubre de 1973.

Ha sido distribuida la 2.ª Circular relativa al citado coloquio, que como los anteriores, se organiza por el Patronato JUAN DE LA CIERVA (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) y el Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones del Agua (Instituto de Hidrología).

La Secretaría de la Organización, se ha establecido en el citado Centro de Estudios, Investigación y Aplicaciones del Agua, Paseo de San Juan, 39. Barcelona 9.

ECONOMIA

CEMENTO Y MINERIA

Por su interés, de la Revista Fomento de la Producción recogemos la relación de las Empresas del Sector del Cemento y Minería con facturación anual superior a los 400 millones de pesetas (cifras referentes a 1971).

	Cifra de negocio	Plantilla
Hunosa ... ..	4.844	25.960
Río Tinto Patiño, S. A. ... ..	3.231	1.281
Asfaltos y Portland Asland, S. A. ...	2.670	1.945
Real Compañía Asturiana de Minas	2.346	3.376
Minero Siderúrgica de Ponferrada	1.687	3.650
Valenciana de Cementos ... ..	1.416	952
Minero Metalúrgica Peñorroya ... ..	1.406	1.837
Portland Valderribas ... ..	1.125	330

	Cifra de negocio	Plantilla
Compañía Andaluza de Minas ... ..	868	433
La Axuliar de la Construcción ... ..	804	233
Cementos Rezola ... ..	770	735
Cementos Alba ... ..	751	437
Portland Ibaria ... ..	741	312
S. A. Tudela Veguín ... ..	739	723
Cementos Molíns ... ..	337	397
Potasas de Navarra ... ..	724	1.954
Metalquímica del Nervión... ..	670	—
Cementos Fradera ... ..	600	500
S. A. Hullera Vasco-Leonesa ... ..	575	1.850
Sociedad Financiera y Minera ... ..	547	187
Cementos del Mar ... ..	539	245
Minas Potasa de Suria ... ..	534	1.082
Carbones de Berga ... ..	480	1.441
Cementos del Sur ... ..	457	240
Cementos Portland ... ..	447	430
Cementos Portland de Lemona ... ..	429	415
Cía. de Azufres y Cobres de Tharsis	415	2.270
E. N. Carbonífera del Sur ... ..	405	1.230
Cementos Hontoria ... ..	402	156
Cementos y Cales Freixa ... ..	400	230

INVESTIGACION ESPACIAL

ESTUDIO DE LAS RESERVAS TERRESTRES POR TECNICAS ESPACIALES

La utilización de satélites permitirá reemplazar la fotografía aérea clásica por una "imagen" del objetivo tomado por una o varias bandas espectrales en el ultravioleta cercano y la amplitud de radar para el estudio de las reservas terrestres, en el cual se recapitularán datos de aplicación a geología, hidrogeología, oceanografía, geografía, agricultura y selvicultura.

En Francia se han iniciado ya una serie de estudios en los cuales se han seguido dos criterios para elección de las zonas: La naturaleza de los problemas que poseen las regiones a estudiar y el interés de la utilización de la detección a larga distancia.

Se ha podido comprobar que con el conjunto de las fotografías que cubren región, al tomarse desde el principio de la noche, durante la noche y al fin de la noche, se tiene una información completa de la función de variación de temperaturas.

La primera serie de experiencias que se ha realizado en esta técnica en el año 1970 por el C.N.E.S. se ha tenido información sobre: edad de las viñas, la diferenciación de cultivo que puede permitir el establecimiento de una carta agrícola de un país, la superficie de los bosques devastados por un incendio, la identificación de diferentes etapas geológicas de un terreno.

En una segunda campaña, realizada durante 1971, se ha

podido detectar los ataques de insectos sobre los pinos de las zonas marinas.

Uno de los fines de las experiencias aerotransportadas es la utilización de satélites para el estudio de las reservas terrestres.

Con relación a los aviones, los satélites presentan para el estudio de las reservas terrestres una doble ventaja: ofrecer una cobertura más grande, permitir medidas frecuentes y repetidas.

El principal interés de estas investigaciones de satélites es ciertamente económica: Los autores americanos presentan cifras importantes para las economías realizables. Los medios espaciales suministran informaciones más sintéticas y más breves que los medios clásicos del suelo. Facilitan una mejora de la previsión y, en consecuencia, una economía. El interés político de tales sistemas es importante y particularmente en lo que concierne a la ayuda a los países en vía de desarrollo; la ayuda científica, en fin, no es despreciable si se ocupa del estudio de grandes superficies (océanos) o de regiones de difícil acceso (regiones polares).

Es difícil precisar las naturalezas de los sistemas espaciales más óptimos que serán utilizados en estos fines; las características pueden ser las siguientes: Órbita, 800 km. *quasi* polar; masa, 200 kg.; toma de vista de la región, de 180 km. x 180 km.; período de revolución, 100 min.

Para que estos trabajos sean eficaces deben estar preparados los equipos del suelo, para el tratamiento rápido de las imágenes.

ESTUDIO DE MARTE

En la exposición celebrada en Madrid durante el mes de mayo de 1972, con motivo de las reuniones del COSPAR, se pudieron observar una serie de fotografías para el estudio de la corteza de Marte, las cuales serían anunciadas como Geología de Marte, acepción contraria a lo que consta en el Diccionario de la Academia de la Lengua, por lo que el estudio de Marte debería denominarse Martelología.

Las fotografías expuestas del "Mariner 9" indicaban que la superficie de Marte es heterogénea, incluyendo regiones jóvenes volcánicas y tectónicas. Las fotos muestran viejas superficies llenas de cráteres, desiertos con escasos cráteres, canales con tributarios detríticos y jóvenes regiones volcánicas de escasos cráteres de volcanes de broquel, calderas y flujos de lava.

Los continuos análisis de esta cantidad grande de nueva información acerca de Marte conducirán a una mejor comprensión de la geología de nuestro planeta y sus beneficios para la humanidad en forma de recursos naturales.

En el mapa que presentan de Marte destaca la distribución de diferentes unidades en el cinturón ecuatorial, como las recogieron las fotografías del "Mariner 9". La yuxtaposición de diferentes terrenos revela un registro complejo, distintamente diferente de lo visto en la Luna y en la Tierra, y acaso pueda dar una nueva percepción de la geología y de la selenología.

LOS SATELITES EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Existe una ansiedad general en conocer la posición de puntos de la superficie del globo, sin cartas marinas o terrestres, catastro y sin medios de situarse sobre las cartas, para contar con la posibilidad de llevar a bien los trabajos de exploración, prospección, infraestructura y explotación. La navegación marina, aérea, espacial ha sido posible por el conocimiento del geode (forma y potencial) y por la existencia de medios de localización en la superficie del globo. La construcción de carreteras, puentes, puertos, oleoductos (terrestres y marítimos), túneles, sólo ha sido posible con la posibilidad de representarse sobre el globo terrestre.

Es cada día más y más interesante explotar los océanos. Una tal explotación exigirá, como sobre la Tierra, cartas, pero también medios de actuar sobre estas cartas. Sobre la Tierra se resuelve el problema colocando los puntos representados (puntos geodésicos); en el mar, el problema no puede ser resuelto tan simplemente.

Puede ser seguro que para la explotación de los océanos exigirá la aparición de una técnica nueva, la geodesia marina, la cual sólo resolverá simplemente estos problemas con ayuda de los satélites.

Cuando se intenten los trabajos terrestres, cuando se comience la explotación de los océanos, el empleo de técnicas geodésicas parecerán necesarias. Las técnicas espaciales son las únicas que pueden responder a esta situación.

La Geodesia espacial tiene un orden político y militar, y suscita los intereses siguientes:

Intereses científicos: Los resultados de la geodesia espacial interesan a la geofísica interna y a la superficie de la Tierra. Se puede particularizar para la resolución de los problemas siguientes: forma y dimensiones de la Tierra. potencial gravitatorio, movimiento del polo y puede, incluso, la previsión sobre los seísmos, movimientos de los glaciares, deriva de los continentes. La mejora de las constantes fundamentales como la GM (constante de gravitación y masa de la Tierra), puede dar enseñanzas valiosas. Las técnicas por medio de satélites espaciales, en numerosos casos han de rebajar el costo y disminuir el tiempo para su determinación.

Para la prospección petrolífera, se puede reducir el tiempo de manera que lo haga económicamente importante.

El interés de los deslindes de las concesiones de permisos para explotar el petróleo en el mar es un problema que se resuelve mucho mejor y rápidamente por medio de los satélites.

En las medidas de los satélites geodésicos se asegura al mismo tiempo la recolección de datos para otros fines, si existe unión con los satélites colectores.

TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE LUNAR

De acuerdo con los datos obtenidos por el vehículo espacial Apolo XV durante un ciclo lunar completo (diurno y nocturno), la temperatura de la superficie de la Luna al final de la noche es de 80° K (—193° C), alcanzando a mediodía la cifra de 360° K (187° C). No se detectó variación ninguna de la temperatura a 90 cm de la superficie lunar, cuya conductividad térmica resultó ser una quinta parte de la correspondiente a la Tierra.

LA SUPERROTACION ATMOSFERICA

Los estudios sobre la velocidad promedio de rotación de estratos de la atmósfera terrestre, realizados sistemáticamente durante los últimos cinco años, a partir de las modificaciones experimentadas por la inclinación de las órbitas de numerosos satélites, han permitido deducir que las velocidades angulares promedio de la ionosfera en altitudes de 200 y 350 kilómetros son 1,1 y 1,4 veces superiores respectivamente a la de la propia Tierra y semejantes a las velocidades medias (144 kilómetros hora y 576 kilómetros hora) de los vientos que soplan en dirección Este-Oeste a 30° de latitud y en las altitudes apuntadas.

PERSONAL

MUERTE DEL DR. LOUIS LEAKEY

El 1 de octubre de 1972 falleció en Londres el eminente paleontólogo Dr. Louis Leakey, que había contribuido de una manera considerable al estudio de los orígenes del hombre. Fue en 1959 en las gargantas de OLDUVAI (Tanzania) donde el Dr. Leakey y su familia hicieron los primeros descubrimientos que le harían célebre: se trataba de la puesta al día de un cráneo del Australopithecus que se llama Zinanthope y al cual se le atribuyó una edad de alrededor de 600.000 años. Posteriormente se hicieron en Kenya y en Etiopía por el Dr. Leakey dataciones por el procedimiento (potasio/argón) las cuales dieron para los mencionados homidos, una edad de 5 millones de años, lo que sitúa en el Africa Central la cuna de la humanidad.

VARIOS

CULTIVOS REGADOS CON AGUA DEL MAR

Según informa la Agencia Tass, científicos soviéticos han descubierto que el agua del mar puede ser empleada para regadíos agrícolas. Se han realizado experimentos con todo éxito a orillas del mar Báltico. En Estonia se tiene el proyecto de regar con agua marina unas 20.000 hectáreas de terreno cercano a la costa.

## Información legislativa

### PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESIONES DE EXPLOTACION

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
28	1861	1-II-73	Ind.	CANCELACION de permiso de investigación minera. Delegación Provincial de Salamanca.
29	1936	2-II-73	Ind.	CONVOCACION de concurso para adjudicar la investigación de varios bloques de las zonas reservadas a favor del Estado para toda clase de sustancias minerales, exceptuados los hidrocarburos fluidos, en las zonas denominadas: "Camarasa (AI/I-1-2)" comprendida en las provincias de Lérida y Huesca; "Fuentespalda (AI/4)", comprendida en las provincias de Teruel, Tarragona y Castellón de la Plana; "La Llacuna (AI/I-3)", comprendido en las provincias de Barcelona y Tarragona, y "Osor (F/III-1)", comprendida en las provincias de Gerona y Tarragona.
34	2391	8-II-73	Ind.	CADUCIDAD de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de Guipúzcoa.
47	3639	23-II-73	Ind.	CADUCIDAD de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de Pontevedra.
47	3639	23-II-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Zaragoza.
47	3639	23-II-73	Ind.	OTORGANDO permisos de investigación, Delegación Provincial de Pontevedra.
47	3639	23-II-73	Ind.	CANCELACION de permisos de investigación, Delegación Provincial de Pontevedra.
48	3715	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Ciudad Real.
48	3715	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Huelva.
48	3716	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de Jaén.
48	3717	24-II-73	Ind.	OTORGANDO concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de Valencia.
48	3714	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Albacete.
48	3715	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Burgos.
48	3715	24-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Castellón.
48	3715	24-II-73	Ind.	OTORGANDO permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Cuenca.
48	3715	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Huelva.
48	3715	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Jaén.
48	3716	24-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de La Coruña.
48	3716	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de León.
48	3717	24-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Madrid.
48	3717	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Murcia.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
48	3717	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Oviedo.
48	3717	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Segovia.
48	3717	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación minera, Delegación Provincial de Teruel.
48	3717	24-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Valencia.
48	3714	24-II-73	Ind.	SUSPENSION del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de minerales radiactivos en el perímetro que se indica, comprendido en la provincia de Guadalajara.
49	3823	26-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Badajoz.
49	3825	26-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Córdoba.
49	3825	26-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Santa Cruz de Tenerife.
49	3825	26-II-73	Ind.	CANCELACION de permiso de investigación, Delegación Provincial de Santander.
51	4005	28-II-73	Ind.	OTORGANDO concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de Córdoba.
51	4005	28-II-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Huelva.
51	4006	28-II-73	Ind.	OTORGANDO concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Madrid.
51	4007	28-II-73	Ind.	OTORGANDO concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Oviedo.
51	4007	28-II-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Valencia.
51	4004	28-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación. Dirección General de Minas.
51	4004	28-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permiso de investigación, Delegación Provincial de Alava.
51	4005	28-II-73	Ind.	CANCELACION de permiso de investigación, Delegación Provincial de Córdoba.
51	4005	28-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permiso de investigación, Delegación Provincial de Córdoba.
51	4005	28-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permiso de investigación minera, Delegación Provincial de Huelva.
51	4005	28-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación, Delegación Provincial de Jaén.
51	4006	28-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación, Delegación Provincial de León.
51	4006	28-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación, Delegación Provincial de Madrid.
51	4007	28-II-73	Ind.	CANCELACION de permiso de investigación, Delegación Provincial de Madrid.
51	4007	28-II-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación, Delegación Provincial de Salamanca.
51	4007	28-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación, Delegación Provincial de Sevilla.
51	4007	28-II-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permiso de investigación, Delegación Provincial de Teruel.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
51	4007	28-II-73	Ind.	CANCELACION de permiso de investigación, Delegación Provincial de Vizcaya.
54	4299	3-III-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación, Delegación Provincial de Pontevedra.
55	4393	5-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de Alicante.
56	4483	6-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Segovia.
57	4586	7-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de Cuenca.
57	4586	7-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de La Coruña.
57	4586	7-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de León.
57	4586	7-III-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación, Delegación Provincial de Granada.
57	4587	7-III-73	Ind.	CADUCIDAD de permisos de investigación, Delegación Provincial de Málaga.
59	4741	9-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Cuenca.
59	4740	9-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación, Delegación Provincial de Almería.
59	4740	9-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación, Delegación Provincial de Avila.
59	4741	9-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permiso de investigación, Delegación Provincial de Córdoba.
59	4741	9-III-73	Ind.	CADUCIDAD de permiso de investigación, Delegación Provincial de Orense.
68	5466	20-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de Almería.
68	5467	20-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Vizcaya.
68	5466	20-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación, Delegación Provincial de Burgos.
68	5466	20-III-73	Ind.	QUEDA sin efecto la cancelación de permiso de investigación minera citado, Delegación Provincial de Burgos.
68	5466	20-III-73	Ind.	CANCELACION de permisos de investigación, Delegación Provincial de Huelva.
68	5466	20-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permisos de investigación, Delegación Provincial de Huelva.
72	5854	24-III-73	Ind.	SUSPENDIDO el derecho de petición de permisos de investigación y concesiones directas de explotación de toda clase de sustancias minerales, exceptuando los hidrocarburos, fluidos en el perímetro que se indica, comprendidos en las provincias de Sevilla y Córdoba.
74	6014	27-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de La Coruña.
74	6014	27-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesiones de explotación minera, Delegación Provincial de León.
74	6015	27-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Oviedo.
74	6015	27-III-73	Ind.	CADUCIDAD de concesión de explotación minera, Delegación Provincial de Teruel.
74	6014	27-III-73	Ind.	CANCELACION de permisos de investigación, Delegación Provincial de La Coruña.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
75	6109	28-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permiso de investigación, Delegación Provincial de Valencia.
78	6424	31-III-73	Ind.	OTORGAMIENTO de permiso de investigación, Delegación Provincial de Navarra.
<b>HIDROCARBUROS</b>				
56	4479	6-III-73	Ind.	Se otorga tercera prórroga excepcional de permisos de investigación de hidrocarburos líquidos y gaseosos, solicitada por "Conspain-Cepsa-Spangoc".
56	4481	6-III-73	Ind.	Se adjudica a "Ashland Petroleum España Inc." tres permisos de investigación de hidrocarburos en la zona I (Baleares).
74	6011	27-III-73	Ind.	Se autoriza la cesión por "Signal Ibérica Company" a "Unión Carbide Petroleum España, INC" de un 25 por 100 en la titularidad de cuatro permisos de investigación de hidrocarburos sobre áreas marinas de la zona I.
74	6011	27-III-73	Ind.	Se otorga a "Georges Ibérica, S. A.", un permiso de investigación de hidrocarburos en la zona I (Península).
75	6104	28-III-73	Ind.	ORDEN sobre renuncia de "Compañía de Investigación y Explotaciones Petrolíferas, S. A." y "American Petrofina Explotation Company" al permiso de investigación de hidrocarburos "Cieza" en la zona I.
<b>RESERVAS</b>				
35	2471	9-II-73	Ind.	CORRECCION de erratas de la Orden de 20 de enero de 1973, levantando la reserva provisional a favor del Estado en la "zona Sur" de las provincias de Murcia y Almería, con excepción de la parte denominada "zona segunda", para la que se dispone prórroga.
46	3445	22-II-73	Ind.	PRORROGANDO la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales de hierro en la zona denominada "Hierros de Vizcaya", comprendida en las provincias de Alava, Santander y Vizcaya.
48	3713	24-II-73	Ind.	ESTABLECIENDO reserva provisional a favor del Estado para toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos, en una zona denominada "Villagarcía de Arosa", comprendida en las provincias de Pontevedra y La Coruña.
50	3924	27-II-73	Ind.	ESTABLECIENDO reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales de espato-flúor en una zona denominada "Oyarzun-Goizueta", de las provincias de Guipúzcoa y Navarra.
51	4004	28-II-73	Ind.	PRORROGANDO la reserva provisional a favor del Estado de toda clase de sustancias minerales, exceptuados los radiactivos, carbón e hidrocarburos, en la "Zona Bailén-Linares" (Ciudad Real, Jaén y Córdoba).
55	4391	1-III-73	Ind.	ESTABLECIENDO reserva definitiva a favor del Estado, "Laujar II", comprendida en el área de reserva provisional "Sierra de Gádor" (Almería).
<b>VARIOS</b>				
28	1860	1-II-73	Ind.	DECLARANDO minero-medicinal las aguas del manantial citado. Delegación Provincial de Guipúzcoa.
45	3407	21-II-73	O. P.	OTORGANDO al Ayuntamiento de Tossa (Gerona) aprovechar aguas subálveas del río Torderá, captadas en término municipal de Torrà (Barcelona), con destino a abastecimiento de Tossa.
50	3891	27-II-73	Ind.	OTORGANDO al Ayuntamiento de Corberá de Llobregat (Barcelona) aprovechar aguas subálveas del río Llobregat, en su término municipal, con destino a abastecimiento.
56	4472	1-III-73	O. P.	AUTORIZANDO a D. Manuel Pérez Lara para aprovechar aguas subálveas del arroyo Manzano, en término municipal de Terrox (Málaga), con destino a riegos.

"B. O. E." NUMERO	PAGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
67	5411	19-III-73	O. P.	OTORGANDO a "Solvay & Cía., S. A.", aprovechar aguas subálveas del río Llobregat, en término de Martorell (Barcelona), con destino a usos industriales, previa garantía absoluta de la existencia con carácter de permanencia de los caudales de aguas subterráneas ofrecidas para reposición de los consumidos, procedentes del manto subálveo.
67	5413	19-III-73	O. P.	CONCEDIENDO a "Derivados Forestales, S. A.", aprovechamiento de aguas subálveas del río Torderá, en término municipal de Gualba (Barcelona), con destino a riegos.
68	5466	20-III-73	Ind.	DECLARANDO mineromedicinal las aguas del manantial citado. Delegación Provincial de Salamanca.
75	6108	28-III-73	Ind.	DECLARANDO minero-medicinal las aguas de los manantiales citados.
75	6104	28-III-73	Ind.	CREACION de un perímetro de protección de los manantiales de Torremolinos (Málaga).
76	6208	29-III-73	Ind.	Se concede a "Transformados de la Madera, S. A.", un aprovechamiento de aguas subálveas del torrente Ribalta, en término municipal de Solsona (Lérida), con destino al suministro de una industria.

## Estadística y Economía

### COTIZACIONES

PRODUCTOS	1971 Diciembre	1972 Enero	1972 Abril	1973 Enero
<b>ALUMINIO</b>				
Nueva York (Centavos por libra) ...	29,—	29,—	29,—	25,—
Londres (Libras por Tm.) ...	261,80	261,80	261,80	—
<b>C I N C</b>				
Nueva York (Centavos por libra) ...	17,85	17,85	18/19	18,—
Londres (Libras por Tm.) ...	58/65	58/65	60/70	33,—
<b>C O B R E</b>				
Nueva York (Centavos por libra) ...	46,—	49,50	52,75	50/51
Londres (Libras por Tm.) ...	395/403	411/412	412,—	449,—
<b>E S T A Ñ O</b>				
Nueva York (Centavos por libra) ...	175,—	172,—	184,50	—
<b>MERCURIO</b>				
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kg.) ...	266,—	238,—	170/185	255,—
Londres (Libras por frasco de 34,5 kg.) ...	93/95	80/83	60/63	242,—
<b>P L O M O</b>				
Nueva York (Centavos por libra) ...	14,50	14,50	14,50/15,50	15/16
Londres (Libras por Tm.) ...	132,50	136,—	169,—	108,—
<b>VOLFRAMIO</b>				
Londres (Libras por Tm.) ...	19,75/21,50	16/17,50	15,50/16,50	15/17

## Notas bibliográficas

### GEOLOGIA

WILLEM KAMPSCHUUR: *Geology of the Sierra de Carrascoy (SE Spain) 5th emphasis on alpine polyphase deformation*. GUA-Amsterdam, 1972, pág. 114, Serie 1, número 4. Y un anexo de un mapa geológico a 1:20.000, una hoja de cortes y otra de bloques las tres en color y otro mapa en negro.

Se trata de una tesis de la Universidad de Amsterdam, basada en las investigaciones geológicas, realizadas por el autor en la Sierra de Carrascoy (Murcia). En esta región, ha distinguido cuatro unidades tectónicas, separadas por superficie de corrimiento: unidad de Romero, unidad de Carrascoy, unidad de Pestillos y unidad de Navela. Las unidades están cubiertas por depósitos formados con posterioridad a las traslaciones de los mantos. Describe la estratigrafía y la sucesión de las fases alpinas de deformación para cada unidad tectónica y para los depósitos que fosilizan a los mantos.

Las cuatro unidades tectónicas contienen rocas de edad triásica y pérmica. La unidad de Pestillos contiene, además, rocas atribuibles al Paleozoico (Devono-Carbonífero?) y la unidad de Navela rocas de edad Devono-Carbonífera.

En la secuencia triásica de las unidades de Romero y Carrascoy ha encontrado rocas básicas intrusivas. Sugiere fueron introducidas en sedimentos húmedos, aun no consolidados, lo que implicaría una edad triásica para su intrusión.

Los depósitos posteriores a los mantos son de edades posteriores al Mioceno medio. Las determinaciones cronológicas están basadas en estudios de foraminíferos planctónicos.

El metamorfismo, en cada unidad tectónica, aparece como sincinemático con respecto a la fase de deformación más antigua. Ha determinado el grado de metamorfismo para las secuencias de las respectivas unidades. Llega a las conclusiones siguientes: 1) El grado de metamorfismo de las rocas de la unidad de Romero es menor que el de las rocas de la unidad de Carrascoy, igual o ligeramente menor al de las rocas de la unidad de Pestillos, e igual o ligeramente superior al de las rocas de la unidad de Navela, 2) El grado de metamorfismo de las rocas de la unidad de Carrascoy, es igual o ligeramente superior, al de las rocas de la unidad de Pestillos y superior al de la unidad de Navela y 3) El grado de metamorfismo de las rocas de la unidad de Pestillos es superior al de las rocas de la unidad de Navela. En la secuencia de la unidad de Romero, el grado de metamorfismo aumenta hacia arriba. Las metabásicas intercaladas en los metasedimentos de las unidades de Romero y Carrascoy parecen haber sufrido un metamorfismo de facies esquistos verdes, sincinemático con

la fase de deformación más antigua. La presencia de crossita en algunas metabásitas de la unidad de Carrascoy indica la transición en las facies esquistos con glaucófana.

La correlación de los esquemas de deformación de las cuatro unidades tectónicas y de los depósitos que las fosilizan lleva al siguiente esquema para la evolución estructural alpídica.

La primera fase de deformación dio posiblemente como resultado un empilamiento inicial de mantos. Además se formaron pliegues principalmente isoclinales a todas las escalas, con pizarrosidad de plano axial. En las unidades de Romero y Carrascoy los pliegues de la primera fase se formaron por flexión ("buckling") seguida de aplastamiento. Son vergentes hacia el SW y su máximo acortamiento finito se ha efectuado en dirección NE-SW. Los sinclinales se cierran hacia el N. Se pueden haber formado carniolas mediante "boudinage". En la unidad de Romero el cruce de fractura ("fracture cleavage") formado durante la primera fase ha sido plegado poco después de su formación, todavía dentro de la primera fase de deformación. Al parecer, el desarrollo de la pizarrosidad ("slaty cleavage") comenzó durante la etapa de flexión.

Durante la segunda fase de deformación tuvieron lugar corrimientos de gran escala, dirigidos hacia el Sur, seguidos de imbricación dirigida hacia el Sur. Estos movimientos, que alteraron considerablemente la secuencia inicial de los mantos, han originado la sucesión actual, siendo responsables del carácter discontinuo del metamorfismo cinemático alpino en los principales contactos tectónicos.

Durante la tercera fase de deformación se formaron, a todas las escalas, pliegues desde abiertos a isoclinales, con cruceros de crenulación ("crenulation cleavage") de plano axial. En las unidades de Romero y Carrascoy los pliegues son vergentes al SW y formados por flexión, seguida de aplastamiento. Su máximo acortamiento finito coincide aproximadamente con el de los pliegues de la primera fase, cerrándose también los sinclinales hacia el Norte-Este. El importante desarrollo del "boudinage" favoreció el desarrollo de las carniolas ("rauhwackes"). Insiste en que la orientación arbitraria de planos-S desarrollados durante las fases alpídicas, dentro de fragmentos diferentes en carniolas, no se puede considerar como argumento decisivo en favor del origen tectónico de estas rocas.

Durante la cuarta fase de deformación se formaron, a todas las escalas, pliegues desde abiertos a cerrados, con cruceros de crenulación de plano axial. Los pliegues son vergentes al SE y presentan un máximo acortamiento finito en dirección NW-SE. Los sinclinales se cierran hacia el N-W. En la unidad de Romero se ha demostrado que los pliegues se formaron por flexión seguida de aplastamiento.

La datación de las cuatro fases mencionadas anteriormente es muy insegura pues las rocas más recientes afectadas

por ellas son de edad triásica y las rocas más antiguas no afectadas pertenecen al Mioceno medio.

Los depósitos posteriores a la tectónica de corrimiento, empiezan con el Mioceno medio y muestran los efectos de dos fases de deformación diferentes (fases de deformación quinta y sexta), ambas activas entre el Plioceno medio y el superior. La quinta fase de deformación causó fallas inversas cabalgantes hacia el S, mientras que la sexta fase originó fallas inversas cabalgantes hacia el N. Noroeste.

La región fue afectada posteriormente por fallas normales, dando como resultado el levantamiento de la cadena de montañas.

La sucesión de unidades tectónicas en la Sierra de Carrascoy es el resultado de dos fases sucesivas de corrimiento hacia el S-W de tal modo que las unidades superiores se han movido hacia el S-W con relación a las inferiores (o de corrimientos dirigidos hacia el N-E de tal modo que las unidades inferiores se han movido hacia el N-E con respecto a las superiores). El orden paleogeográfico de sucesión (utilizando la nomenclatura propuesta por Egeler & Simón) fue de NE a SW: dominio maláguide (dominio de Navela) dominio alpujarride (dominio de Pestillos)—dominio de ballabona—Cucharón (dominio de Carrascoy—dominio de Romero).—L. DE A.

M.<sup>a</sup> S. CASANOVAS, CLADELLAS, S. CALZADA RADIA y J. V. SANATFÉ LLOPIS: *Contribución al estudio del mioceno del Penedes (sector Gélida)*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 5, págs. 143-148, septiembre-octubre de 1972.

Estudian la litología, sedimentología y paleontología de dos series del sector de Gélida (prov. de Barcelona): Hoja 420 (San Baudilio de Llobregat). Como consecuencia de dicho estudio sugieren la existencia de una estructura tipo deltaica de edad Tortoniense.

R. GARCÍA-YEBRA, P. RIVAS y J. A. VERA: *Precisiones sobre la edad de las coladas volcánicas jurásicas en la región Algarinejo-Lojilla (zona subbética)*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 5, págs. 133-137, septiembre-octubre de 1972.

A partir de un estudio geológico-regional, completado con otro paleontológico-estratigráfico de detalle precisan la edad de las erupciones volcánicas submarinas, intercaladas en la serie jurásica de la región Algarinejo-Lojilla.

Datan dichas erupciones dentro de las zonas de murchisone y concavum, Aalenense medio y superior, respectivamente. Se trata de diversas coladas superpuestas, mas numerosas en el sector de Lojilla que en el de Algarinejo.

P. F. SANTANACH PRAT: *Sobre una discordancia en el paleozoico inferior de los Pirineos Orientales*. Acta

Geológica Hispánica. Año VII, núm. 5, págs. 129-132, septiembre-octubre de 1972.

Describe una discordancia de los materiales atribuidos al Caradoc sobre las formaciones Canavelles y Jujols en la zona axial pirenaica, entre la Cerdanya y el río Freser (prov. de Gerona, España) y en Andorra. Discute su importancia y significado, así como la edad de los materiales de las formaciones Ganavelles y Jujols.

J. F. DE VILLALTA y J. VICENTE: *Una flora del cuaternario antiguo en las cercanías de Crespiá*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 4, págs. 120-128, julio-agosto de 1972.

Estudian una flora cuaternaria procedente de unas explotaciones que la empresa INARCAL tiene en las cercanías de Crespiá, provincia de Gerona. Comprende 28 especies, entre las cuales destacan por su carácter arcaico *Zelkova crenata*, *Laurus canariensis*, *Parrotia pérsica*, *Acer laetum*, *Acer creticum* y *Pterocarya denticulata*. El hallazgo de restos de *Leptobos etruscus* Falconer intercalado entre los dos niveles de plantas, permite disponer de un elemento más para fijar la edad de dicha flora que debe situarse en el interglaciar Donau-Gunz.

R. CABANÁS: *Nota sobre la existencia de pliegues almohadillados, almohadillado de crucero y almohadillado irregular (mullion and cleavage structures and irregular millions) en el precámbrico del norte de Córdoba*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 4, págs. 117-119, julio-agosto de 1972.

Da a conocer la existencia de estructuras almohadilladas en las series precámbricas del N de la provincia de Córdoba. Tales estructuras son en todo análogas a las halladas y descritas por Gilbert Wilson de Oykell Bridge, siendo esta la primera vez que se citan de esta provincia y, creemos, de España.

Las que aquí se describen, halladas por nosotros en cinco lugares de la cuenca del río Guagiato, corresponden a los tres tipos estudiados por el citado autor, es decir, "mullion structures", "cleavage mullions", "irregular mullions", siendo notables por su perfección los dos primeros en Sierra Bollera y carretera de Piconcillo respectivamente.

M. MONTOTO y J. ORDAZ: *Características mecánicas del mármol de Gualba (Barcelona), bajo compresión uniaxial*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 4, págs. 113-116, julio-agosto de 1972.

Determina la resistencia mecánica a la rotura del mármol de Gualba bajo esfuerzos compresivos uniaxiales. Los resultados experimentales son realmente bajos, pro-

medio 391 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con los que suelen presentar estos tipos de rocas (500-700 kg/cm<sup>2</sup>). Analiza y discute la naturaleza de su rotura experimental.

L. PALLI, J. ROSSEL-SANUY y A. OBRADOR: *Interpretación sedimentológica y paleogeográfica del nivel de areniscas eocénicas de Sarriá de Ter (prov. de Gerona)*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 4, págs. 109-112, julio-agosto de 1972.

Describen algunas características sedimentológicas del nivel de areniscas de Sarriá de Ter (prov. de Gerona)—Eoceno Medio—e interpretan su génesis y su situación en el marco paleogeográfico regional. Llegan a la conclusión de que se trata de un canal grande depositado en la parte frontal de un delta (delta front). Hacia el E y NE su materia les pasan a depósitos fluviales (de carácter más próximas) y hacia el W en la Plana de Vic, estas areniscas pasan a arcillas y limonitas (margas de Manlleu) que pueden ser interpretadas como depósitos de prodelta (de carácter más distal).

E. MARTÍNEZ GARCÍA: *El silúrico de San Vitero (Zamora). Comparación con series vecinas e importancia orogénica*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 4, págs. 104-108, julio-agosto de 1972.

Cerca de la localidad de San Vitero (Zamora) y el S de la franja en que aflora la formación "Ollo de sapo", se encuentra una potente serie discordante sobre los materiales más antiguos (Ordovícico medio?). En la base de la serie se encuentran conglomerados, rocas volcánicas, calizas, liditas, ampelitas y rocas detríticas de edad Wenlock superior. Siguen pelitas y grauvacas alternantes, y después de un nivel de liditas tableadas con graptolites, también del Wenlock superior, prosigue la alternancia de grauvacas y pelitas con restos de plantas inidentificables. La serie termina mediante conglomerados. Tanto en éstos como en los basales, se encuentran abundantes fragmentos de rocas metamórficas y volcánicas, lo que indica la existencia de un metamorfismo preherciniano. La comparación estratigráfica y petrográfica con series vecinas, muestra la similitud existente con los materiales de Quintanilla (León) y con el "Carbonífero" de San Clodio (Lugo), descritos por otros autores. Todos los datos existentes indican la presencia de una fase de plegamiento caledoniana (fase érica) con metamorfismo regional asociado en la zona descrita.

M.<sup>a</sup> TERESA FERNÁNDEZ MARRÓN: *Nota sobre la paleoecología del yacimiento de Libros (Teruel) en relación con los artrópodos y las plantas fósiles del biotopo*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 5, págs. 149-153, septiembre-octubre de 1972.

Estudian los Coleópteros en estado adulto y dos larvas atribuibles a este Orden así como un Díptero y un Aranei-

do. Todos ellos según la autora son citados por primera vez en España. Clasifica también un resto foliar y lo compara con las determinaciones hechas por otros autores en el mismo yacimiento, sacando conclusiones de orden paleogeográfico en relación con los yacimientos españoles y europeos del mismo y próximos niveles.

## PALEONTOLOGIA

RENÉE DAMOTTE y PIERRE SAINT-MARC: *Contribution a la connaissance des ostracodes cretaces du liban*. Revista Española de Micropaleontología. Vol. IV, núm. 3, Páginas 273-296, 1972.

Con ocasión de un trabajo de cartografía geológica en el Líbano, unos niveles cretácicos suministraron faunas de Ostrácodos. Veintiuna especies fueron reconocidas; siete de las cuales son nuevas. Cuatro especies eran ya conocidas en el Líbano y tres en Argelia, de estas últimas, una se encuentra también en el Camerún y en el Senegal.—L. DE A.

RODOLFO SPROVIERI y ANNA CUSENZA: *La sezione di eta siciliana della valle del Belice (Trapani)*. Revista Española de Micropaleontología. Vol. IV, núm. 3, páginas 297-325, 1972.

Estudian una sección de edad Siciliense aflorante en el suroeste de Sicilia, cerca del río Belice. La sección está caracterizada litológicamente por margas azules en la parte inferior, calcarenitas en la parte media y margas parduzcas en la parte superior. En el aspecto micropaleontológico, solamente se diferencian dos tipos de microfauna: la de las margas azules, muy rica y variada que define un ambiente de aguas profundas; la de las calcarenitas y margas parduzcas muy pobre y define un ambiente epipelágico. El estudio estadístico en razón del arrollamiento de algunas formas planctónicas, particularmente de *Globigerina pachyderma*, ha hecho posible llegar a conclusiones paleogeográficas muy interesantes: la parte inferior de la sección, representada por las margas azules se la puede considerar como un estado interglaciar, mientras que la parte superior de la sección, con las calcarenitas fosilíferas y las margas parduzcas, se incluyen en un período glacial.—L. DE A.

ALWINE BERTELS: *Buliminácea y Cassidulinácea (foraminiférida) guías del Cretácico superior (maastrichtiano medio) y Terciario inferior (Daniano inferior) de la República Argentina*. Revista Española de Micropaleontología. Vol. IV, núm. 3, págs. 327-353, 1972.

En el área de Fortín General Roca, provincia de Río Negro, República Argentina, fueron estudiados micro-

paleontológicamente tres secciones sedimentarias con el objetivo de determinar la secuencia estratigráfica en dicha región, al igual que en otras áreas de la cuenca cretácico-terciaria Norpatagónica.

Los resultados de la interpretación estratigráfica revelaron que se hallan representados afloramientos del Cretácico Superior (Maastrichtiano Inferior y Medio) y del Terciario Inferior (Daniano Inferior) separados mediante un hiato paleontológico. Según la autora, dio a conocer previamente la reconstrucción de la cuenca cretácico-terciaria, interpretaciones paleoecológicas y la asociación foramini-ferológica planctónica.

La investigación comentada abarca únicamente el estudio de los foraminíferos bentónicos guías pertenecientes a las superfamilias Buliminácea Jones, 1875 y Cassidulinácea d'Orbigny, 1839, en el sentido del Treatise on Invertebrate paleontology, que fueron hallados en el Miembro Superior de la Formación Jagüel de edad Cretácico Superior (Maastrichtiano Medio) y en la Formación Roca depositada durante el Terciario Inferior (Daniano Inferior), ambos aflorantes en el área objeto de este trabajo.

La presente asociación microfaunística, según la autora se describe prácticamente por primera vez de la Argentina en la cual fueran halladas 19 especies; de ellas 12 descritas previamente y 3 nuevas.—L. DE A.

PIERRE DONZE y BERNARD PORTHULT: *Les ostracodes de la sous-famille des trachyleberidinae dans quelques coupes de reference du cenomanien du sud-est de la France*. Revista Española de Micropaleontología. Volumen IV, núm. 3, págs. 355-376, 1972.

El sureste de Francia es interesante especialmente por la presencia del Cenomanense. Este piso se encuentra bien sea en facies litoral nerítica o bien en facies pelágica, con numerosos cortes fosilíferos (macrofauna y microfauna), muy favorable para su estudio bioestratigráfico. Los trabajos en curso, de los autores, tienden a establecer una correlación común de diferentes escalas bioestratigráficas a partir de algunos cortes escogidos como corte de referencia. Los resultados publicados conciernen a los Ostrácodos de la importante subfamilia Trachyleberidine.—L. DE A.

HAYDEÉ LENA y JOSÉ CARLOS CACHI: *Tecamebas de la laguna de Chascomús (Buenos Aires, Argentina)*. Revista Española de Micropaleontología. Vol. IV, núm. 3, págs. 377-386, 1972.

Fueron estudiadas las Tecamebas de la Laguna de Chascomús (Buenos Aires, Argentina). En total se encontraron 21 especies, algunas de las cuales están representadas por varias formas. Además ha llegado a conclusiones con respecto a los métodos de recolección y de trabajo

más convenientes para el estudio de este grupo de Protozoos.—L. DE A.

T. BERNARD: *Aberrant general of foraminifera from the mesozoic* (Sub-family Ramulininae Brady, 1884). Revista Española de Micropaleontología. Vol. IV, núm. 3, páginas 387-402, 1972.

Debido a la dificultad del grupo de los Foraminíferos Ramulnidos lo ha dividido en dos grupos morfológicos. Describe seis nuevas especies y donde lo considera necesario, redescubre otras especies anteriormente reseñadas.—L. DE A.

## HIDROGEOLOGIA

J. TRILLA ARRUFAT: *Estudio hidrogeológico de la cuenca del Francolí, cronología de las aguas subterráneas*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 5, págs. 138-142, septiembre-octubre de 1972.

La parte baja de la cuenca del río Francolí—Baix Camp de Tarragona—está constituida por materiales miocénicos, y en ellos han identificado sus medios sedimentarios en que se originaron así como las formaciones acuíferas que albergan. La zona de cabecera correspondiente a la cuenca estudiada, hasta el Congost de La Riva, resultó ser impermeable en general.

En los diferentes medios permeables del Baix Camp, ha ensayado su estudio hidrogeológico mediante isótopos radiactivos, concretándose la metodología en el control del contenido en sitio de las aguas de lluvia precipitadas en la zona así como de las aguas captadas de los diferentes acuíferos. Ello ha permitido, junto con el control piezométrico, establecer la dinámica de los distintos acuíferos, así como opinar sobre la relación recarga-explotación actual. Ha abordado el problema del mecanismo de la infiltración de forma cualitativa.

## CRISTALOGRAFIA

J. L. BRIANSÓ, C. MIRAVITLLES, F. PLANA y N. FONT-ALTABA: *Sistema automático de programas para la resolución de estructuras cristalinas centrosimétricas*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 3, págs. 73-76, mayo-junio de 1972.

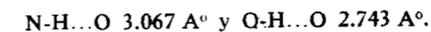
Presenta un sistema automático de programas para la resolución de estructuras cristalinas centrosimétricas. La procedencia de estos programas es varia, habiendo sido adaptados y puestos a punto por los autores.

La eficacia del sistema la han comprobado en la resolución de varias estructuras.

J. L. BRIANSÓ, C. MIRAVITLLES y M. FONT-ALTABA: *Estructura cristalina y molecular de la isonitroso acetilnida*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 3, págs. 77-82, mayo-junio de 1972.

Presentan la estructura cristalina y molecular de la isonitroso acetilnida, determinada por medio de la difracción de rayos X. Grupo espacial  $P 2_1/c 2_1/a 2_1/b$ . Dimensiones de la celda unidad  $a_0: 9.672 \text{ \AA}$ ,  $b_0: 17.710 \text{ \AA}$ ,  $c_0: 9.166 \text{ \AA}$ ,  $Z: 8$ .

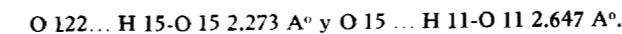
Las moléculas están unidas por medio de dos puentes de hidrógeno:



F. PLANA, J. L. BRIANSÓ, C. MIRAVITLLES y M. FONT-ALTABA: *Estructura cristalina y molecular de la N-etanol  $\beta$ -isatoxina*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, número 3, págs. 83-87, mayo-junio de 1972.

Presentan las estructuras cristalina y molecular de la N-etanol  $\beta$ -Isatoxina, determinada por medio de difracción de rayos X. El compuesto pertenece al grupo espacial  $P 2_1/c 2_1/a 2_1/b$ . Las dimensiones de la celda elemental son:  $a_0: 15.908 \text{ \AA}$ ,  $b_0: 16.324 \text{ \AA}$ ,  $c_0: 7.353 \text{ \AA}$  con  $Z: 8$ , existiendo pares de moléculas enantiomorfas.

Las moléculas se hallan ligadas entre sí por medio de los puentes de hidrógeno:



C. MIRAVITLLES, J. L. BRIANSÓ y M. FONT-ALTABA: *Estructura cristalina y molecular de la dihidracida malónica hidratada*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 3, págs. 88-93, mayo-junio de 1972.

Presentan la estructura cristalina y molecular de la dihidracida malónica hidratada, determinada por difracción de rayos X. Su grupo espacial es:  $P 2_1/c$ ;  $a_0: 9.184 \text{ \AA}$ ,  $b_0: 9.793 \text{ \AA}$ ,  $c_0: 7.931 \text{ \AA}$ ,  $\beta: 102.38^\circ$ ,  $Z: 4$ .

Resolvieron la estructura utilizando la "Adición Simbólica" por medio de programa de "Multisolución L.S.A.M."

Las moléculas forman cadenas en zig-zag, unidas por puentes de hidrógeno.

J. BESTEIRO, F. M. LACASTA, A. LÓPEZ SOLER, J. M. BOSCH FIGUEROA y M. FONT-ALTABA: *Programa de cálculo de las constantes ópticas de materiales opacos en Fortran IV*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 5, págs. 154-157, septiembre-octubre de 1972.

Cuando se desea calcular las constantes ópticas  $n$ ,  $k$  a partir de las medidas de reflectancia en aire y aceite de inmersión, es necesario manejar una cantidad grande de

datos experimentales, sobre todo si se pretende construir las curvas de dispersión de estas constantes desde los 400 nm a las 1.100 nm, efectuando series de 100 lecturas cada 10 nm. Para manejar esta gran cantidad de datos proponen el programa denominada IRCA escrito en FORTRAN IV para utilizar con computadoras IBM modelos 1.130 ó 360.

## MINERALOGIA

A. LÓPEZ SOLER, J. BESTEIRO y J. M. BOSCH FIGUEROA: *Estudio óptico del cinabrio*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 5, págs. 158-160, septiembre-octubre de 1972.

Estudian las propiedades ópticas del cinabrio empleando el método microfotométrico con incidencia normal. Las mediciones las efectúan en las secciones orientadas (0001), (1010) y (1120) en aire y aceite de inmersión, desde 400 nm a 850 nm a intervalos de 10 nm. A partir de 550 nm han utilizado un prisma de Nicol como polarizador. La luz monocromática la obtuvieron con un monocromador de prisma de vidrio. Dan las curvas de dispersión de la reflectancia (en aire y aceite) y las de los índices de refracción y coeficiente de absorción.

## CRIADEROS

JUAN A. CAMPÁ-VIÑETA y JOAQUÍN MONTORIOL-POUS: *Sobre los factores relacionados con la concentración de los elementos menores en el yacimiento de fluorita de Osor (Gerona)*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, número 4, págs. 101-103, julio-agosto de 1972.

Para llevar a cabo el análisis de los factores relacionados con la concentración de los elementos menores en el yacimiento de fluorita de Osor (Gerona) han utilizado 7 variables (concentración de Ba, Y, Zn, Fe, Cu, Mn, Si) medidas sobre 77 muestras. Han empleado el mecanismo matemático denominado "varimax", que realiza una rotación de factores sobre un sistema de ejes ortogonales. Con ella han puesto de manifiesto la existencia de 4 factores y dan la interpretación mineralogénica de los mismos.

## SEDIMENTOLOGIA

MONTERRAT D. DE MIRÓ y MANUEL DE MIRÓ ORELL: *Biofacies de foraminíferos planctónicos*. Acta Geológica Hispánica. Año VII, núm. 4, págs. 97-100, julio-agosto de 1972.

Plantean algunos problemas de interpretación de biofacies de foraminíferos planctónicos, tanto en sedimentos recientes como en sedimentos antiguos. Discuten las conse-

cuencias que se manifestarán en la sedimentación como resultado de las relaciones entre la fauna viva y los fenómenos ambientales. Dan algunos ejemplos de biofacies recientes en el Caribe Sur y sus factores de control.

## VULCANOLOGIA

FRANÇOIS LE GUERN: *Etudes Dynamiques sur la phase gazeuse eruptive*. Rapport CEA-R-4383, 177 págs., 1972.

Desde 1968 a 1971, ha colaborado la Comisión de Energía Atómica francesa, con el C.N.R.S. en el estudio del volcanismo activo. El trabajo comentado contiene una descripción de las soluciones técnicas adoptadas, los resultados obtenidos concernientes a las medidas físicas de los parámetros químicos de enlace con el estudio de los parámetros físicos. Hace una interpretación de los resultados referentes al funcionamiento de los volcanes: ERTA-ALE (Etiopía), ETNA, VULCANO (Italia), con el objeto de prevenir los paroxismos eruptivos, de utilizar la energía así formada o de mejor comprender la génesis de ciertos yacimiento minerales.—L. DE A.

## GEONUCLEONICA

Por Le groupe de travail 12 "Spectrometrie de masse" de la CETAMA: *Analyse par spectrometrie de masse a etincelles d'elements presents a l'etat de Traces dans l'uranium*. Rapport CEA-R-4348, 17 págs., 1972.

La puesta a punto del método CETAMA para "valoración de las impurezas en el uranio por medio del espectrómetro de masas", supone una comparación interlaboratorios de los resultados obtenidos, aplicando esta técnica a una muestra. Esta verificación ha mostrado la validez del método que ha permitido obtener valores cuantitativos para los contenidos de impureza a condición de hacer un tratamiento estadístico de los resultados elementales. Este tratamiento estadístico ha confirmado la existencia de factores de corrección teóricos. Se muestra también la utilidad de la espectrometría de masas de chispa para detectar los defectos "microscópicos" de homogeneidad. L. DE A.

## BIOGRAFIA

"Dictionary of Scientific Biography". Vol. VI (Hachette a Hyrtl), "American Council of Learned Societies". Editor Charles Scribners Sons. New York, 1972.

Esta sexta aportación de la magnífica enciclopedia biográfica de hombres de ciencia, enriquece las publicaciones

mundiales de 1972. Como hemos indicado en comentarios anteriores, seguimos notando la ausencia de figuras notables españolas, omitidas en esta obra maestra pero que esperamos sean incluidas en el apéndice. En esto como se podían haber mencionado a: Hartzenbusch (Juan Eugenio) escritor, Heredia (Cayetano) y Huarte (Juan) médicos, Heredia (Manuel Augusto) minero y metalurgo, Hernández (Andrés) botánico, Hernández de Oviedo (Gonzalo) naturalista, Herrera (Gabriel Alonso), agrónomo, Herrera (Juan de) arquitecto y Hoyos (Luis de) antropólogo.

Hague, Arnold (Boston, 1840-1917). Como geólogo se destacó en su expedición al paralelo XIV y realizó la geología de más de 3.000 millas cuadradas en Yellowstone con una teoría de sus aguas termales y las erupciones volcánicas de Absaroka Range.

Haidinger, Wilhelm Karl (Viena, 1795-1871). Como mineralogo trabajó sobre pseudomorfosis, absorción de la luz por los cristales, pleocroismo de los minerales, absorción y dirección de la luz polarizada, origen de las meteoritos y emisión de luz al atravesar la atmósfera.

Hall, Sir James (Dunglass, 1761-1832). Actuó en una zona común a la geoquímica y la geofísica, intentando reproducir experimentalmente los procesos geológicos, por acciones de la temperatura y la presión. También se ocupó del glaciismo y sus manifestaciones en la zona de Edinburgo.

Hall, James J. R. (Hingham, 1811-1898). Iniciador de la paleontología más voluminosa creada en Norteamérica, la monumental obra en trece tomos titulada "Paleontology of New York". Se le consideró como el mejor colector de muestras que hubo en los EE. UU.

Halley, Edmond (London, 1656-1743). Después de su detenido estudio de la astronomía y los cometas, se dedicó a la investigación del tamaño del universo y las estrellas contenidas, llegando a la conclusión, de ser "actualmente infinito" así como a la incorrección de la creencia de una tierra eterna. Trabajó en el incremento de la salinidad de las aguas y su posible utilización como medio de datación y de las variaciones del compás magnético.

Hamberg, Axel (Stockholm, 1863-1933). Sus trabajos sobre geología y geografía física se orientaron principalmente al desarrollo de plantas hidroeléctricas en el norte de Suecia y en las regiones boreales.

Hamilton, William (Scotland, 1730-1803). Observador de erupciones volcánicas y colector de lavas, cenizas y minerales de origen volcánico en las zonas de Nápoles, Etna e Islas Lipari.

Harker, Alfred (Kingston-upon-Hull, 1859-1939). Entre sus temas prefijados figuran: cruceros de las pizarras; relación entre presiones y planos de cruceros; relación de los procesos termales con las diferenciaciones, asociaciones e intrusiones naturales; origen de las rocas híbridas, distribución geográfica de las acciones tectónicas.

Hartmann, Carl Friedrich Alexander (Zorge, 1797-1863). Minero de máximo prestigio, fue activo y valioso escritor en los campos minero y metalúrgico.

Haug, Gustave Emile (Dresenheim, 1861-1927). Inició

sus actividades como preparador, realizó estudios de primera clase de estratigrafía y paleontología, publicando un monumental "Tratado de geología". Estableció sus leyes de las relaciones fundamentales entre tectónica y sedimentación a través de la columna geológica.

Haüy, René-Just (St. Just en Chaussée, 1743-1822). Autor de una teoría de la estructura cristalina, así como de unas tablas para la clasificación de los minerales, basadas en la cristalografía y el análisis químico.

Hayden, Ferdinand Vandiveer (Westfield, 1829-1887). Sus conocimientos geológicos los aplicó en la zona W de su país, preferentemente orientados a las explotaciones mineras y trazado de ferrocarriles.

Heer, Oswald (Niederutzwyli, 1809-1883). Se iniciaron sus trabajos paleontológicos con la flora terciaria e insectos fósiles. Mantenía la constancia de las especies con la particularidad de una evolución durante ciertos períodos de la creación.

Heim, Albert (Zurich, 1849-1937). Iniciador y realizador de la cartografía geológica de Suiza a escala 1/500.000, con ciertas descripciones y minuciosos detalles de las estructuras geológicas más complejas, ilustradas con brillantes dibujos y cortes. Una de sus principales preocupaciones fue desentrañar los secretos de la tectónica alpina.

Helmersen, Grigory Petrovich (Duckershof, 1803-1885). Inicia sus actividades geológicas en los Urales, Altai, Asia central y provincias del Báltico. Actualizó el Mapa Geológico de Rusia publicado en 1841, incluyendo las formaciones de minerales de los diversos sistemas geológicos. Trabajó en el estudio de yacimientos de carbón y de oro. Promovió la organización por parte de la Academia de Ciencias de St. Petersburg de estudios de paleontología, para dilucidar cuál de las ideas era la cierta: evolución o creacionismo.

Henckel, Joham Friedrich (Merseburg, 1678-1744). Investiga sobre la importancia del fuego y la química en el análisis de los minerales. Realiza trabajos de paleontología, es consejero de varias empresas mineras en Sajonia e inicia en Freiberg en 1732 un cursillo sobre química metalúrgica, el cual sirvió de base para crear en 1765 la famosa Bergakademie.

Hermann, Carl Heinrich (Lecre, 1898-1961). Uno de los más destacados creadores de la cristalografía moderna y de la teoría del estado sólido. Creó 230 grupos espaciales, que sirven como esquema para la ordenación de los átomos en cualquier cristal.

Hessel, Joham Friedrich Christian (Nuremberg, 1796-1872). Su contribución más importante, fue la derivación matemática de las consideraciones sobre la simetría de los cristales. Estableció la posibilidad de que sólo existiesen treinta y dos clases de cristales. Demostró que la familia de los plagioclasas puede ser considerada como un isomorfismo de albita y anortita combinadas en proporciones adecuadas.

Heynitz, Friedrich Anton von (Dröschkau, 1725-1802). Promotor y consultor de varias empresas mineras, trabajó en 1775 en España en los negocios mineros de una com-

pañía internacional. Fue en Prusia la cabeza del departamento de Minas y Metalurgia, organizando las técnicas de investigación minera.

Hiärne, Urvan (Skworitz, 1641-1724). Su múltiple profesión de médico, farmacéutico, químico y mineralogista le permitió trabajar en varios campos. Analizó y examinó minerales y menas e inventó procesos y aparatos muy útiles, entre ellos una técnica para la obtención de alumbres y vitriolos.

Hitchcock, Edward (Deerfield, 1793-1864). Escribió extensamente sobre la relación entre ciencia y religión. Fue autor de varias monografías técnicas de geología de Masschusetts. Desarrolló una teoría sobre el efecto gradual de la presión y la temperatura en el cambio de los sedimentos en pizarras, e incluso en granitos.

Hoff, Karl Ernst Adolf von (Gotha, 1771-1837). Fue el realizador de una manera sistemática del estudio geológico de Thuringia. Sostenía que las fuerzas, corrientemente activas en la tierra, parecen insignificante para producir cambios fundamentales en la estructura de la superficie terrestre.

Holmes, Arthur (Hebburn, 1890-1965). Fue el primero que aplicó científicamente las técnicas radiactivas a la datación de rocas y minerales. Valoró la edad absoluta de la tierra en 4.550 millones de años. Publicó importantes aportaciones de los procesos radiactivos naturales, en relación con la historia térmica de la tierra.

Hopkins, William (Kingston-on-Soar, 1793-1868). Está considerado como uno de los principales defensores de la teoría de la rigidez terrestre. Aplicó, a los diversos aspectos físicos de la tierra, unas elegantes demostraciones matemáticas. Suponiendo que la tierra fue originariamente fundida, y por los efectos de la atracción solar y de la lunar, deduce un espesor para la corteza terrestres de 1/4 a 1/5 del radio.

Horner, Leonard (Edinburgh, 1785-1864). Realizó en el Nilo importantes escavaciones, donde llegó a la conclusión de que el período geológico reciente tiene al menos trece mil quinientos años, deducidos por los restos de alfarería, edad que consideró como mínima para la especie humana.

Houghton, Douglass (Tot. 1809-1845). Prestó importantes servicios geológicos y mineros al estado, principalmente en las zonas de ricas formaciones de la Upper Península.

Humboldt, Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander von (Berlín, 1769-1859). Estudió en la Bergakademie con varios pensionados españoles, lo que fue motivo fundamental para sus expediciones por la España Peninsular y ultramarina. En diciembre de 1798 recorrió con sextante, barómetro, termómetro y cronómetro Madrid, Valencia, Barcelona. En 5 de junio de 1799 sale por Coruña para Tenerife y Venezuela, Cuba, Ecuador, Colombia, Perú y México. Su actuación científica, en el campo de la geología, en nuestros virreinos fue muy interesante, pero su integridad científica quedó manchada en su actitud con su compa-

nero Manuel Andrés del Río y Fernández con motivo del descubrimiento del vanadio, siendo pensionado elegantemente por este ingeniero de minas español, pocos meses antes de su fallecimiento.

Hunt, Thomas Sterry (Norwich, 1826-1892). Trabajó fundamentalmente en el campo común de la química y la geología. Definió la química orgánica como la química de los compuestos del carbono. Estipuló que los minerales que tienen formas cristalinas similares, poseen volúmenes equivalentes idénticos y de aquí sus pesos equivalentes son proporcionales a sus densidades.

Hutton, James (Edinburgh, 1726-1797). En su publicación de 1777 establece la diferencia entre COAL carbono y CULM carbón petrificado. Fue autor de una teoría de la tierra, basada en tres hipótesis: *a* Durante el transcurso del tiempo la tierra existió como un mundo habitable; *b* Ha sufrido cambios en el pasado; *c* Ningún fin del estado presente puede ser previsto. Las rocas en general son compuestas de los productos del mar y de otros materiales similares todos cimentados en la orilla. También estableció un origen ígneo para el granito, y que al-

gunas rocas de la corteza terrestre no están estratificadas, principalmente el granito.

Huxley, Thomas Henry (Ealing, 1825-1895). Fue uno de los primeros paleontólogos que estudiaron los peces del devónico. También se interesó en los grandes reptiles del mesozoico principalmente del dinosaurio. Llegó a la más completa evidencia de las modificaciones de los reptiles a través de la geología histórica.

Haytt, Alpheus (Washington, 1838-1902). Se especializó en la sistemática y evolución de los amonites. No es darviniano, las variaciones de los restos fósiles no las admite como una adaptación al medio ambiente, sino como una evolución en complejidad, para dar lugar a un ser más perfecto. En el volumen comentado se menciona un español Hernández, Francisco (Montalbán, 1517-1587). Fue destacado naturalista y médico de Felipe II, quien lo envió a Nueva España (1571-77) para que examinase los productos naturales de aquel virreinato, quien redactó quince volúmenes con valiosos diseños. Fue uno de los naturalistas más instruidos y valiosos del siglo XVI. Le inmortalizaron con una planta la "Hernandina".—L. DE A.