

INSTITUTO GEOLOGICO y MINERO



Ríos Rosas, 23

Teléfono 253 46 05

MADRID - 3



EMPRESA NACIONAL "ADARO"

DE INVESTIGACIONES MINERAS S.A.

ESTUDIOS GEOLOGICOS

INVESTIGACION DE CRIADEROS MINERALES

SONDEOS HASTA DE 4.500 MTS. DE PROFUNDIDAD

LABORATORIOS DE PETROGRAFIA, METALOGENIA,
MICROPALAEONTOLOGIA, QUIMICO, TESTIGOS,
LODOS, CEMENTOS, PREPARACION MECANICA
DE LAS MENAS.



DOMICILIO SOCIAL.— SERRANO Nº 116, MADRID (6). TELEFONO 2-61-79-02

OFICINAS Y LABORATORIOS.— K.12 CARRETERA DE ANDALUCIA.
TELEFONOS 2-37-17-00, 1-2

PUBLICACIONES ULTIMAMENTE EDITADAS POR EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Mapas Geológicos Provinciales a escala 1:200.000

Almería	150 pesetas
Valencia	150 pesetas

Mapa Geológico Nacional 1:50.000.

Hoja núm. 366 / 593 Cuevas de Vinromá	100 pesetas
Memoria 366 / 593 Cuevas de Vinromá	100 pesetas
Hoja núm. 397 / 858 El Viso	100 pesetas
Memoria 397 / 858 El Viso	100 pesetas

PEDIDOS A

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23
Teléfono 234 13 28

MADRID - 3

RESERVADO PARA
LA REVISTA
ECONOMIA INDUSTRIAL

boletín geológico y minero

TOMO LXXX

Fascículo II

MARZO - ABRIL 1969

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

COMISION DE REDACCION

- LMELA SAMPER, Antonio.**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- LVARADO ARRILLAGA, Manuel María.**
Instituto Geológico y Minero de España (Geología).
- RANGUREN SABAS, Félix.**
Servicios Generales. Ministerio de Industria.
- ERTRAND Y BERTRAND, Carlos.**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Oviedo.
- ONED SOPENA, José Antonio.**
Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. Madrid.
- ANTOS FIGUEROLA, José.**
Instituto Geológico y Minero de España.
- RUSAFONT PAIRO, Miguel.**
Facultad de Ciencias de Barcelona.
- OETSCH SUNDHEIM, Jorge.**
Instituto Geológico y Minero de España (Minería).
- ONTBOTE, José María.**
Facultad de Ciencias de Granada.
- USTER CASAS, José María.**
Instituto "Lucas Mallada", de Investigaciones Geológicas.
- ALVEZ CAÑERO, Augusto de.**
Instituto Geológico y Minero de España (Aguas).
- OMEZ ANGULO, Juan Antonio.**
Instituto Geológico y Minero de España.
- OMEZ DE PABLOS, Manuel.**
Servicio Geológico de Obras Públicas. Madrid.
- ERNAÑDEZ-PACHECO, Francisco.**
Museo Nacional de Ciencias Naturales.
- OPEZ DE AZCONA, Juan Manuel.**
Comisión Nacional de Geología.
- ELENDEZ Y MELENDEZ, Bermudo.**
Universidad de Madrid.
- INGARRO MARTIN, Francisco.**
Facultad de Ciencias de Madrid.
- URCIA VIUDAS, Andrés.**
Instituto Nacional de Colonización.
- RTI SERRANO, Carlos.**
Consejo de Minería y Metalurgia.
- ARGA PONDAL, Isidro.**
Laboratorio Geológico de Lage. Coruña.
- INTADO FE, Francisco.**
Instituto Nacional del Carbón. Oviedo.
- IBA ANDERIU, Oriol.**
Universidad de Zaragoza.
- IOS GARCIA, José María.**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas. Madrid.
- AENZ GARCIA, Clemente.**
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos. Madrid.
- OLE SABARIS, Luis.**
Instituto Nacional de Geología. Barcelona.
- IRGILI RODON, Carmina.**
Facultad de Ciencias de Madrid

REDACTOR JEFE

J. M. LOPEZ DE AZCONA

INDICE

PÁGINAS

Geología

- C. GAIBAR-PUERTAS y J. CUERDA BARCELÓ: Las playas de Cuaternario marino levantadas en el Cabo de Santa Pola (Alicante) 1
- J. R. FARGA: Consideraciones sobre la Paleogeografía durante el Cámbrico y Ordovícico en Asturias y Norte de León 20
- J. A. ESPEJO y T. DE TORRES: Nota previa sobre el descubrimiento de un yacimiento de fósiles cuaternarios en la ría de Ea (Vizcaya) 25

Minería

- J. PÉREZ REGODÓN: Investigaciones auríferas en la provincia de Cáceres 27

Aguas subterráneas

- A. ERASO: Mecanismos sobre la corrosión en el karst y su repercusión en la geodinámica kárstica 42

Estudio de minerales y rocas

- P. ARÉVALO y M. CORLETT: Estudio del feldespató potásico de Zarzalejo (El Escorial, Madrid) por medio de la microsonda 65

Información

- Noticias.—Estadística y economía.—Información legislativa.—Notas bibliográficas.—Sección informativa de revistas 73

EDITADA POR EL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

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

Sondeo de «La Engaña», al norte de Burgos. (E. N. ADARO de Investigaciones Mineras).

Depósito Legal M. 8.279.-1958

TALLERES GRÁFICOS VDA. DE C. BERMEJO.—J. GARCÍA MORATO, 122, TELÉFONO 233 06 19.—MADRID

Las playas de Cuaternario marino levantadas en el Cabo de Santa Pola (Alicante)

por C. GAIBAR-PUERTAS (*) y J. CUERDA BARCELO (**)

RESUMEN

Amén de un depósito litoral atribuible al Calabriense, se describen cuatro niveles de playas levantadas hasta altitudes máximas de 92, 51, 9 y 2 m. que, atribuidas al Siciliense, Milazziense, Tirreniense y Flandriense, han suministrado, respectivamente, 6, 29, 43 y 16 especies de moluscos marinos fósiles imputables a «fauna banal» (Siciliense y Flandriense), «fauna templada» (Milazziense) y «fauna cálida» (Tirreniense). Según esto, desde finales del Calabriense, en que se inició su emersión marina, el Cabo de Santa Pola ha venido experimentando un importante proceso de elevación isostática.

RÉSUMÉ

A l'écart d'un niveau littoral vraisemblablement du Calabrien, on decrit quatre rivages levés jusqu'altitudes avec maximum de 92, 51, 9 et 2 m. qui représentant le Sicilien, Milazzien, Tyrrhénien et Flandrien ont fourni, respectivement, 6, 29, 43 et 16 espèces de mollusques marins fossiles rapportables à «faune banale» (Sicilien et Flandrien), à «faune tempérée» (Milazzien) et à «faune chaude» (Tyrrhénien). Par conséquence, depuis le final du Calabrien dans lequel ont initié l'émergence marine, le secteur du Cabo de Santa Pola il a éprouvé un important soulèvement isostatique.

INTRODUCCIÓN

Enmarcado en la Hoja número 894 de nuestro mapa, a escala 1:50.000, el Cabo de Santa Pola constituye el borde oriental de un pequeño macizo que, denominado Sierra de Santa Pola, se adentra unos 6 Km. hacia el W., en la adyacente Hoja número 893 (Elche). Topográficamente, la culminación máxima de este macizo (144 m.) se produce en aquel borde oriental, habiendo sido aprovechada para la ubicación de un Faro emplazado unos 500 m. al W. del litoral y en lo alto de un abrupto escarpe; efectivamente, hacia la mitad de aquella distancia discurre la curva de nivel de 20 metros, evidenciando una caída de nivel de 124 m.

(*) Investigador Científico del C. S. I. C. y Jefe de la Sección de Prospección Geológica del Instituto de Geología Económica.

(**) Paleontólogo especializado en Cuaternario marino.

en la distancia horizontal de 250 m., equivaliendo a una pendiente media del 50 por 100. Aunque más suavemente, partiendo de aquella culminación topográfica, la altitud decrece asimismo en todos los demás accimutes del macizo, pues, completamente circundado por la precitada curva de nivel de 20 m., ésta discurre 1.920 m. al S., 6.450 m. al W. y 3.100 m. al N. del Faro, evidenciando pendientes respectivamente estimables en 6,4 por 100, 1,9 por 100 y 4,0 por 100. Según esto, una ligera oscilación vertical (isostática negativa o eustática positiva) cuya amplitud fuese tan sólo de 20 m., bastaría para que la Sierra de Santa Pola quedase convertida en una isla cuyo perfil W.-E. resultaría sumamente disimétrico y bastante aberrante, puesto que la caída de su pendiente topográfica sería mucho más suave hacia tierra firme que hacia el mar.

Desde el punto de vista estratigráfico puede afirmarse que, tanto el cuerpo principal del ma-

cizo como el substrato marino de los aledaños inmediatos al litoral del Cabo de Santa Pola, están constituidos por el Neógeno cuyos niveles miocénicos (esencialmente constituidos por conglomerados, molasas y calizas lumaquéllicas) son, en líneas generales, mucho más competentes que los pliocénicos (integrados por margas muy fosilíferas de color verde, amarillo o blanco grisáceo, entre las que se intercala alguna corrida de areniscas calcáreas); no obstante su gran abundancia y excelente estado de conservación, los restos fósiles —comúnmente representados por moluscos— contenidos por todas aquellas capas distan muchísimo de facilitar la discriminación entre los diversos pisos integrantes del Neógeno, pues, ordinariamente se trata de especies que vivieron a lo largo del Mioceno, de todo el Plioceno y que, en la actualidad, prosiguen habitando en aquellos aledaños mediterráneos. A estas dificultades todavía deben adscribirse las dimanadas de las frecuentes recurrencias mostradas por las litofacies a lo largo de aquella columna litoestratigráfica, así como de las frecuentes e importante variaciones laterales mostradas por las propias litofacies. En suma, las peculiaridades de sus biofacies y litofacies hacen particularmente difícil la discriminación de los diversos niveles implicados en aquel Neógeno.

Desde el punto de vista estructural puede afirmarse que todas las capas del Neógeno presentan buzamientos periclinales en torno a la Sierra de Santa Pola, hecha abstracción de algún segmento de su borde oriental que permite interpretar amputación subvertical de origen tectónico. Consiguientemente se trata de una bella cúpula que, netamente alargada en la dirección W.-E., resulta claramente traducida en la propia morfología de aquel relieve típicamente morfoestructural aunque, lógicamente, la acción erosiva se ha traducido en un incremento de las pendientes, por lo que las capas suelen mostrar inclinaciones ligeramente inferiores a las de la actual pendiente topográfica que, en consecuencia, trunca en suave bisel la secuencia litoestratigráfica. Con todo, las típicas margas fosilíferas verdes, amarillas y blancogrisáceas correspondientes a aquel Plioceno, únicamente son observables en los taludes de algunas barrancadas que, radialmente, facilitan el drenaje de la Sierra; ello es motivado por el hecho de que sus suaves ondulaciones aparecen precintadas por un grueso caparazón calizo cuya exudación ha resultado obviamente favorecida por las condiciones climáticas pleistocénicas de aquella región, en concomitancia con la impermeabilidad inherente a los infrayacentes niveles margosos del Plioceno.

Inicialmente este caparazón debió extenderse

adaptado a la superficie topográfica y truncando ligeramente la secuencia de niveles pliocénicos. Durante los períodos pluviales pleistocénicos, la erosión debió cebarse esencialmente en las pendientes de aquel relieve inicial, afectando al precinto calizo que debió resultar importante y diversamente desmantelado; por el contrario, durante los períodos cálidos intercalados entre aquellos pluviales, volvieron a imperar las condiciones propicias a la exudación caliza, dando lugar a la reconstitución de aquel caparazón calizo cuya diversidad de espesores fue condicionada por las condiciones puntuales.

En virtud de estos procesos se comprende que las amplias plataformas extendidas por las suaves culminaciones topográficas de la Sierra aparezcan actualmente recubiertas por dicha costra calcárea, que constituye una auténtica bóveda cuyo espesor presenta notables fluctuaciones; localmente, puede alcanzar tal importancia que puede llegar a ser confundida con uno de los típicos niveles calizos de aquel Mioceno, si se hace abstracción de su ubicación altimétrica relativa. Por lo demás, también es lógico que a través de aquellas dilatadas superficies y no obstante la aparente homogeneidad de sus litofacies, el precinto calcáreo haya sido formado a expensas de yacientes cuya edad absoluta puede quedar comprendida entre límites tanto dispares; con esto queremos significar la probabilidad de que en sus diversos sectores aquella bóveda caliza pueda eventualmente contener y suministrar restos orgánicos que permitan ser imputados a épocas comprendidas entre el Plioceno superior y el Pleistoceno superior. Así se comprende que Jiménez de Cisneros indicase en 1925 (6), que en el Cabo de Santa Pola, y a la altitud de 5-6 m., existen depósitos de conchas ocluidos por un duro travertino que alberga *Pectunculus*, mientras que en 1929 (7) dio cuenta de que, incrustados en las calizas travertínicas ubicadas a la altitud de 30 m. en la prolongación de la Sierra de Santa Pola, aparecen *Strombus*, sp. de tamaño muy superior al normal y que, a nuestro juicio, deben corresponder al *S. coronatus*, Defr.; parece obvio que el primero de estos travertinos debía precintarse una terraza con fauna banal, mientras que el segundo resulta muy probablemente imputable a un yacente calabriense —edad estimada por los diversos autores entre 323.000 años (4) y 480.000 años (8)— que, normalmente, aparece ubicado a altitudes del orden de 175 m. (8), aun cuando han sido reconocidas oscilaciones muy importantes en torno a este promedio.

Durante 1957, en la alicantina sierra de Colmenar, Gigout, Solé Sabaris y N. Solé (2), describieron a la altitud de 90 m. unos depósitos fosili-

feros que, albergando grandes *Strombus*, sp. (probablemente referibles a *S. coronatus*, Defr.) asimilan, con mucha lógica y escasas reservas, al Calabriense. El precitado yacimiento de *Strombus*, sp., descrito por Jiménez de Cisneros a la altitud de 30 metros, queda situado unos 7 km. al S. de la Sierra del Colmenar, por lo que la homologación cronoestratigráfica de ambos yacimientos únicamente resulta factible admitiendo la existencia de importantes discrepancias verticales en las oscilaciones antes mencionadas, pues, efectivamente, mientras en Marruecos suele aparecer ubicado el Calabriense a altitudes comprendidas entre 60 y 65 m. (4), es bien sabido que en Sicilia y Calabria este nivel ha ascendido hasta la altitud de 1.300 m. durante los tiempos cuaternarios (8).

Con motivo de la realización de los trabajos de campo conducentes al levantamiento geológico a escala 1:50.000 de la Hoja número 894 (Cabo de Santa Pola), encomendado por nuestro Instituto Geológico y Minero, el primero de nosotros tuvo ocasión de constatar sobre el terreno la mayor parte de las ideas precedentes, llegando a la conclusión de que un estricto rigor científico impide la requerida precisión en la datación y cartografía geológica objetivas del área enmarcada en dicha Hoja y sus aledaños occidentales. Ciertamente siempre existe la expeditiva solución consistente en atribuir al Pleistoceno la totalidad de las extensas y onduladas culminaciones topográficas mostradas por la Sierra de Santa Pola y reservar al Plioceno los taludes de las barrancadas que, esculpidas radialmente, asumen el drenaje de las aguas de escorrentía.

Pero, sin género de dudas, el más sugestivo de los problemas geológicos entrañados por la Hoja encomendada estribaba en la localización y estudio de las terrazas marinas que, lógicamente, debía esperar apareciesen escalonadas y mejor o peor conservadas entre la línea de costa y la parte alta del abrupto acantilado que jalona el borde oriental de aquella sierra. La bibliografía revelaba algún indicio al respecto, pues, al margen de las breves e inconcretas referencias publicadas por Jiménez de Cisneros en 1925 (6) acerca de la existencia de un nivel de *Pectunculus* a la altitud de 5-6 m. y en 1929 (7) sobre los *Strombus* sp. albergados por un travertino ubicado a la altitud de 30 m., también habíamos encontrado un resumen de cinco líneas publicado en 1957, donde N. Solé (9) da cuenta de la presencia de terrazas tirrenienses a la altitud de 4-6 m. en Santa Pola y en El Palo (Málaga), indicando haber recogido en ellos, respectivamente, 57 y 40 especies fósiles.

Aparentemente, el problema planteado parecía había de resultar facilitado por el presuponible contraste entre las tonalidades verdes, amarillas o

blancuzcas de las margas pliocénicas y los colores ocráceos de los sedimentos que, mucho más detríticos, debían constituir los suprayacentes retazos de playas levantadas eventualmente respetados por los posteriores procesos erosivos. Todas estas razones nos animaron a efectuar una serie de itinerarios que permitieron la localización de una interesante secuencia de niveles escalonados y cuyas biofacies fueron objeto de atenta y prolongada exploración.

La totalidad del material paleontológico recogido ha sido objeto de un paciente análisis y clasificación por parte del segundo de nosotros que, en muchas ocasiones, pudo llegar a colegir la edad atribuible a las terrazas, no obstante desconocer totalmente la ubicación geográfica y altitud de los correspondientes yacimientos; este modo de proceder fue adoptado premeditadamente con miras a soslayar cualquier prejuicio o falsa idea que pudieran haber sido imbuidos en el primero de nosotros durante los trabajos de campo. Al compulsar las interpretaciones independientemente obtenidas por uno y otro para cada uno de los yacimientos, en la casi totalidad de los casos tuvimos la satisfacción de comprobar la existencia de una extraordinaria convergencia, cuando no identidad total, entre nuestras personales y aisladas apreciaciones que, de este modo, parecen merecer una mayor garantía.

II. NIVELES DE PLAYAS LEVANTADAS

Aun cuando representativo del Plioceno superior, el Calabriense muestra litofacies y biofacies mucho más netamente asimilables a una playa más o menos extendida que a una formación típicamente marina. Como estas mismas facies subsisten a todo lo largo de la secuencia de terrazas del Cuaternario marino, en este trabajo hemos estimado conveniente adscribir el Calabriense en la base de la secuencia de playas marinas levantadas netamente cuaternarias.

1. El Calabriense.

Anteriormente hemos dejado constancia de que los pisos inferior y medio del Plioceno se caracterizan por unas litofacies netamente margosas y dotadas de un contenido fosilífero tan extraordinariamente abundante que varios de sus horizontes aparecen transmutados en auténticos *falum*, donde se hacían los exoesqueletos de moluscos. Respecto a estas biofacies podemos puntualizar que sólo muy de tarde en tarde aparece algún diente de selacio, resto de crustáceo, de coral,

etcétera, pues, más del 90 por 100 de los innumerables fósiles albergados por estas tongadas del Plioceno inferior y medio corresponden a lamelibranquios especialmente integrados en los géneros *Ostrea* y *Pecten*; es decir, a especies que, incapacitadas para efectuar importantes movimientos migratorios, suelen comportarse cual entes netamente aglutinados en grandes bancos.

Es bien sabido que en el ámbito mediterráneo la denominada «fauna cálida» con antecesores miocenos —caso del género *Strombus*, etc.— subsistió sin dificultad alguna a lo largo de todos los tiempos pliocénicos en razón de que las temperaturas medias europeas llegaron a ser hasta 4.º superiores a las de los estadios interglaciares cuaternarios. Por esta razón resulta extraordinariamente sorprendente el hecho de que, no obstante el tesón y reiterados esfuerzos expresamente empeñados con esta finalidad, en aquellos horizontes tan sumamente fosilíferos del Plioceno inferior y medio, no nos haya sido posible encontrar el más mínimo vestigio de aquella «fauna cálida». Difícilmente concebible que tan extremada escasez pueda considerarse cual realmente representativa de la frecuencia con que compartía aquella biota, parece necesaria la invocación de otros factores justificativos para aquella ausencia de restos fósiles de «fauna cálida» y, en el concreto caso del *Strombus*, muy bien podrían centrarse en la capacidad migratoria de este gasterópodo.

Parece lógico que el plegamiento determinante de la emersión de las bóvedas de El Colmenar, Santa Pola, El Molar, etc., se iniciase durante los albores pliocénicos, aun cuando sus emersiones marinas no acaeciesen hasta el Plioceno superior. Según esto, los movimientos operados durante el Plioceno inferior y medio debieron traducirse en la ondulación del substrato submarino en forma de crenchas embrionarias de las futuras cúpulas; obviamente, la creciente magnitud de estas ondulaciones debió trastocar las condiciones ambientales produciendo progresivas e irreversibles modificaciones del habitat, que muy bien pudieron responsabilizarse de la muerte masiva de aquellos bancos de lamelibranquios que, en su estado fósil, subsisten actualmente aglutinados en algunos niveles-guía particularmente característicos del Plioceno medio. El hecho de que las valvas de estos lamelibranquios fósiles subsisten hacinadas y perfectamente conservadas (muchos pares de ellas continúan acoplados cual en vida), parece revelar claramente que su muerte masiva no fue ocasionada por una emersión marina total, pues en tal caso el oleaje habría dispersado y maltratado notoriamente aquellas valvas. Lógicamente, de estos cataclismos biológicos pueden zafarse los moluscos que, cual el *Strombus*, están capacitados para

efectuar desplazamientos relativamente rápidos, pues, obviamente, dispusieron de un margen de tiempo suficiente como para irse refugiando en aguas ubicadas a profundidad constante logrando, de esta guisa, una continuidad de las condiciones requeridas por su habitat; todo esto explicaría perfectamente la anotada ausencia de *Strombus* en las margas del Plioceno inferior y medio, no obstante su relativa abundancia en los depósitos calabrienses.

La prosecución del plegamiento durante el Plioceno superior se tradujo en la acentuación de aquellas culminaciones submarinas cuyas onduladas crenchas fueron aproximándose a la superficie del mar cual, de hecho, es reflejado por el progresivo acentuamiento del carácter detrítico de los sedimentos hasta alcanzar las facies de auténticas playas intercotidales. Obviamente, la fauna fósil albergada por estos sedimentos no murió «in situ» ni masivamente cual en el caso del Plioceno inferior y medio; en el caso del Calabriense se trata, pura y simplemente, de esqueletos pertenecientes a individuos fenecidos de modo natural y que —cual es normativo en el actualismo— fueron siendo expelidos por el oleaje hasta las playas que, más o menos incipientes, comenzaban a dibujarse en aquella plataforma litoral paulatinamente emergente. De esta guisa se explica la presencia de *Strombus* en las formaciones calabrienses, se justifica el hecho de que aparezcan asociados a una fauna mucho más rica en géneros y especies comprendiéndose, asimismo, que todas estas conchas aparezcan sumamente deterioradas a causa de la abrasión ejercida por la arena de la playa durante los vaivenes a que fueron sometidas por el oleaje antes de quedar definitivamente abandonadas sobre la arena emergida. Consiguientemente no es de extrañar que la totalidad de los retazos de formaciones imputables al Plioceno superior aparezcan sistemáticamente caracterizadas por contener moldes externos e internos de *Strombus* que, tanto por su gran tamaño como por su morfología troncocónica muy achatada, pueden ser referidos con gran probabilidad al *S. coronatus*, Defr.

Así, pues, contrastando con las litofacies esencialmente pelíticas de los pisos inferior y medio del Plioceno, el Calabriense se caracteriza por la neta predominancia de las litofacies groseramente sabulosas depositadas en el litoral o en sus alledaños más inmediatos; esa interpretación resulta claramente corroborada por las biofacies, tanto a causa de la diversidad de géneros y especies implicados, como por los importantes deterioros mostrados por estas conchas. En suma, el Calabriense del sector de Santa Pola muestra un acentuado carácter transitivo entre el Plioceno medio y las

formaciones de Cuaternario marino, pues, amén de constituir la última formación marina probablemente depositada sin hiatos horizontales, muestra litofacies y biofacies sumamente recurrentes con las de los depósitos cuaternarios.

Consecuentemente parece colegirse que las deformaciones plásticas del sector de Santa Pola prosiguieron intensamente a lo largo del Plioceno superior, hacia cuyas postrimerías debió iniciarse la definitiva emersión marina de las charnelas anticlinales que actualmente constituyen las culminaciones topográficas implicadas por las sierras de El Molar, Santa Pola y El Colmenar, revelando una intensa prosecución post-pliocénica de aquellos alzamientos. Considerando que la imprecisa fase final de la regresión calabriense coincidiese con los albores del Pleistoceno —cuya edad absoluta ha sido recientemente evaluada en unos 290.000 años por Emiliani y por Gigout (4)—, y habida cuenta de que el muro del Calabriense aparece actualmente ubicado a las altitudes de 76 m. (Sierra de El Molar), 85 m. (Sierra de El Colmenar) y estimable en unos 120-130 m. para la sierra de Santa Pola, resulta obvio que, aun cuando estas altitudes entrañen sus culminaciones máximas, estas tres deformaciones plásticas han continuado evolucionando progresivamente durante el Cuaternario, traduciéndose en una elevación media anual cifrable en 0,26 m/m. para la sierra de El Molar, en 0,29 m/m. para la sierra de El Colmenar, y en 0,41 m/m. para la sierra de Santa Pola, donde, en consecuencia, deben resultar más patentemente escalonados los diversos niveles del Cuaternario marino. Por lo demás, el diferencial comportamiento cuantitativo sugerido por estas tres sierras permite puntualizar que tales movimientos son imputables a deformaciones crustales totalmente marginales a las indudables oscilaciones eustáticas acaecidas durante los tiempos cuaternarios.

Lógicamente, en la actualidad, este piso únicamente aparece representado por retazos más o menos extensos y mejor o peor identificables, que aparecen extendidos sobre aquellas tres bóvedas anticlinales mostrando, cual denominador común, sus litofacies de auténtica playa litoral y la presencia de abundantes moldes externos e internos de moluscos entre los que, por su mayor vistosidad y tamaño, destacan los grandes ejemplares de *Strombus*, que parecen claramente identificables con el *Str. coronatus*, Defr., salvando las obvias limitaciones impuestas por el avanzado estado de disolución mostrado por todas las conchas albergadas en esta formación detrítica como consecuencia del dilatado periodo durante el que, esta cobertera tan sumamente porosa, ha venido subsistiendo cual tapiz superficial extendido sobre los

infrayacentes e impermeables horizontes margosos del Plioceno medio.

Habida cuenta de la indudable prosecución de importantes deformaciones plásticas durante el Cuaternario, se comprende que nuestro Calabriense aparezca plegado concordantemente con su yacente pliocénico y, por ende, tapizado indistintamente las charnelas y los flancos anticlinales, cuando no sumergiéndose bajo el actual nivel marino para recubrir las superficies sinclinales. Esta disposición viene a inhabilitar el criterio altimétrico a la hora de identificar los retazos de estos depósitos que, obviamente, lo mismo pueden aparecer recubriendo las culminaciones topográficas de las charnelas anticlinales (Sierra del Colmenar y, probablemente, de Santa Pola), que tapizando a muy diversas altitudes los flancos de aquellas estructuras (sierras de Santa Pola, El Molar y El Colmenar). En el concreto caso de la Sierra de Santa Pola todavía es preciso adscribir la dificultad dimanada del hecho de aparecer totalmente recubierta por un grueso (60 a 120 cm.) caparazón calizo que, depositado por exudación, tapiza y enmascara las formaciones implicadas en su yacente; desafortunadamente no dispusimos del tiempo requerido para efectuar una detenida exploración de las barrancadas que hienden aquella costra en los alledaños de la charnela anticlinal de esta sierra, pero estimamos la probabilidad de que su detallada prospección muy bien pudiera permitir la localización de algún retazo de Calabriense hacia las culminaciones topográficas de este macizo; es decir, a altitudes del orden de 120 a 130 m.

Marginalmente a esta serie de dificultades parece muy probable la edad calabriense para una serie de yacimientos o retazos descubiertos hasta el presente y por diversos investigadores en las tres sierras mencionadas.

Efectivamente, ya en 1909, Jiménez de Cisneros dio cuenta (5) de que en la ilicitana sierra del Molar (situada unos 16 km. al SW. del macizo de Santa Pola) existe una *playa levantada que bordea las alturas terciarias hasta algo más de 80 metros*, y que, a nuestro juicio, debe corresponder al Calabriense.

En 1929, aquel mismo geólogo descubrió en el macizo de Santa Pola (7) un yacimiento de ejemplares extraordinariamente grandes de *Strombus*, sp. (a nuestro juicio referibles a *S. coronatus*, Defr.) ubicado a la altitud de 30 m., pero en situación lamentablemente inconcreta en la sucinta referencia con que lo describe: *En la pequeña sierra de Santa Pola, continuación de la que forma el Cabo, y a 30 m. de altura, se ha encontrado un depósito de travertino con la misma especie* (se refiere al *Strombus*), *pero de tamaño mayor*, donde, como puede apreciarse, queda la imprecisión de la dirección en

que imagina prolongada la Sierra del Cabo. Los mapas topográficos permiten interpretar que este yacimiento pudo encontrarse en la prolongación occidental de la Sierra (por ejemplo, unos 500 m. al E. de la carretera, entre las Torres del Gaitán y Santa Pola); pero también pudiera suceder que aquel investigador estimase, cual prolongación de la sierra, el altozano o espolón septentrional donde se ubica el Cuartel G. C. del Calabací. De otro lado nos surge la duda acerca de la altitud rigurosamente imputable a este yacimiento, pues en aquel mismo trabajo, Jiménez de Cisneros estima en unos 25 m. de altitud conferible al acantilado del Cabo cuando, en realidad, rebasa de 80 metros; una sencilla proporción conduce a estimar en 96 m. la altitud del yacimiento ubicado a 30 m. por este investigador. Vistas las precitadas deformaciones, ambas altitudes pueden ser correctas para este yacimiento, cuya somera descripción es terminada por aquel geólogo, sugiriendo un *sincronismo entre los depósitos altos de la sierra de Santa Pola y la formación de areniscas de la sierra del Molar*; dado que esta última la sitúa a la altura de 80 m., tanto el sincronismo sugerido como la posibilidad de que el yacimiento de *Strombus* de la sierra de Santa Pola resultase ubicado a la altitud de 96 m. (en cuyo caso debió ser descubierto en la prolongación occidental de la sierra y, más concretamente, en el sector situado al S. del Palmerut donde, a la sazón, fueron levantados retazos de la costa travertínica con motivo de la construcción de la carretera de acceso al Faro desde la general de Alicante a Santa Pola) parecen aconsejar la admisión de que, en ambos casos, se trata de depósitos calabrienses.

Más recientemente, Gigout, Solé Sabarís y N. Solé (2) descubrieron otro probable Calabriense (con los consabidos *Strombus*, sp.) extendido sobre la culminación de la Sierra del Colmenar (situada unos 11 km. al NE. del macizo de Santa Pola) donde constituye un retazo de la charnela anticlinal preservado de la erosión a 90 m. de altitud.

Por nuestra parte, creemos haber encontrado el Calabriense en la plataforma emplazada al N. del macizo de Santa Pola, formando un altozano sobre el que se ubica el Cuartel G. C. del Calabací; junto al ángulo SW. de esta edificación existe una terraza marina donde hemos colegido la secuencia litoestratigráfica:

- 4 m. Duna bastante consolidada.
- 0,8 m. Durísima costra de exudación caliza.
- 0,4 m. Limos calco-arenosos rojizo-rosados.
- 6,8 m. Areniscas ocre-rosada, que, hacia el muro, se carga progresivamente de

canturreal pasando probablemente a un conglomerado basal muy fosilífero.

Yacente. Margas arcillosas del Plioceno medio.

Debemos advertir que sobre el terreno únicamente son observables directamente los 7 m. más superficiales de la secuencia, en tanto que los 5 m. basales quedan bajo la superficie topográfica, habiendo sido excavados para construir el algibe que colecta una parte del agua requerida para satisfacer las necesidades de la guarnición de aquel observatorio. Estas circunstancias dificultaron nuestra recolección de fósiles, pues, como es bien sabido, suelen aparecer preferentemente concentrados hacia el nivel conglomerático o muro de estas formaciones detríticas litorales. Los ejemplares recolectados resultaron co-responder a:

Conus, sp.

Strombus aff. *coronatus*, DeFrance.

Pectunculus sp. (parecen ejemplares juveniles de *P. pilosus*).

Cardium aff. *edule*, Linné.

Mastra subtruncata, Da Costa.

Las dos primeras especies de esta relación tienen significación de clima cálido, correspondiendo la primera de ellas a una forma que, próxima a *Conus testudinarius*, muy bien pudiera ser *Conus mercati*, Brocchi. Según nuestro altímetro, el muro de este afloramiento está ubicado a la altitud de 62 metros, mientras que en los mapas topográficos oficiales es asignada a aquella superficie la cota máxima de 41 m.; aun cuando tenemos la sospecha de que en estos mapas ha sido omitido el dibujo de una curva de nivel (de 20 m.), nos ceñiremos a adoptar la cota oficial de 41 m. para el muro de este retazo. Por lo demás, y en virtud de lo anotado, esta capitidismínuida altitud del Calabriense resulta lógica habida cuenta de que esta meseta o altozano del Calabací queda ubicado sobre el flanco septentrional de la bóveda de Santa Pola, hacia cuya cima —culminante a 144 m.— todavía no han sido descubiertos depósitos coetáneos debido a que arma en una superficie morfoestructural ligeramente ondulada, donde, según hemos anotado precedentemente, la cobertera calabriense muy bien puede haber quedado precintada y enmascarada por el caparazón travertínico que probablemente la fosiliza a altitudes comprendidas entre 110 y 140 m., habida cuenta de que retazos coetáneos de esta formación aparecen extendidos sobre las crenchas anticlinales de las sierras del Molar (76 m.) y del Colmenar (85 m.), que implican deformaciones algo menos acentuadas y sincrónicas respecto a la del macizo de Santa Pola.

2. El Siciliense.

Entre los ragos geomorfológicos más descolantes en el litoral de Andalucía oriental figura la existencia de amplios glaciais que, truncando al Calabriense e incluso a la secuencia del Plioceno medio, suelen soportar potentes depósitos de conglomerados continentales y fuertemente encostrados, cuando no aparecen simplemente tapizados por un grueso caparazón calizo del tipo «hammada». Sin género de dudas, se trata de superficies de erosión o peneplanización esencialmente subaérea, aun cuando, hacia sus bordes inmediatos al litoral, resultan localmente anastomosados con auténticas plataformas de abrasión marina que, en algunas ocasiones, resultan jalonadas por la presencia de típicos cantos de playa (formas elípticas) algunos de los cuales presentan perforaciones producidas por moluscos litófagos y entre los que, más raramente, aparece albergada alguna concha de moluscos marinos.

Estos típicos glaciais post-calabrienses (genéticamente híbridos de la erosión subaérea y la abrasión marina) debieron ser esculpidos durante los albores del Pleistoceno, juzgando por su altitud y por la gran importancia alcanzada por sus deformaciones locales, tal y como evidenciaron perfectamente Gigout, Solé Sabarís y N. Solé (1), en las provincias de Málaga (Nerja) y, particularmente, en la de Almería, donde los observaron ubicados a la altitud de 80 m. (Guardias Viejas) y sumamente deformados: dibujan un monoclin al con pendientes de hasta 40° hacia la depresión pliocénica del E. de Adra, o presentan acentuadas e irregulares deformaciones implicando pequeñas flexiones y fracturas cual acontece en Mojácar. Los precitados investigadores asignaron a estas rampas de erosión mixta una edad probablemente siciliense que, ulteriormente, fue confirmada por Gigout (3) basándose en su homología morfológica con las planicies litorales, claramente sicilienses, existentes en el W. de Calabria y en Sicilia. Dentro de la provincia de Alicante, únicamente advirtieron la presencia de un glacis semejante en el sector de La Marina o Sierra del Molar que, cual hemos anotado, queda ubicada a tan sólo 16 km. al SSW. de nuestro macizo de Santa Pola. Es sumamente interesante retener que los escasos ejemplares de moluscos marinos observados por aquellos investigadores en el conjunto de los niveles que refieren al Siciliense, implican una fauna banal dada la total ausencia de especies características de estadios climáticos cálidos o fríos.

Señalado en la sierra del Molar (16 km. al SW. de la de Santa Pola) y presentado en la Sierra del Colmenar (11 km. al NE. de la de Santa Pola),

todo inducía a suponer que el Siciliense también debía estar representado en nuestro macizo de Santa Pola, máxime habida cuenta de que sus deformaciones intracuaternarias son más acentuadas que las de aquellas otras dos sierras. Efectivamente, nuestras exploraciones nos permitieron observar en el borde oriental de la cornisa del Cabo de Santa Pola —concretamente unos 2.000 m. al N. de la charnela anticlinal de este macizo y unos 1.000 m. al NNW. de la ermita de Nuestra Señora del Rosario—, la existencia de unos depósitos litorales cuyo muro aparece ubicado a la altitud de 81 m., lo que permite atribuirle la de unos 90 m. en el plano axial de esta cúpula. No obstante ser bastante fosilíferos y a pesar del gran interés y perseverancia empeñados en torno a su exploración paleontológica, en este afloramiento no hemos logrado localizar ni un sólo fragmento de moluscos atribuible a la «fauna fría» ni, por otra parte, referible a *Strombus* o cualquier otra de las especies de «fauna cálida», que suelen cortarlo; cosiguientemente, parece tratarse de unas biofacies de fauna banal que, por supuesto, son netamente diferentes de las que, implicando una fauna mucho peor conservada entre la que es bastante frecuente el *Strombus*, pueden considerarse habituales en el Calabriense de aquella región peninsular.

Salvando algunos cambios laterales mostrados por sus litofacies, asimismo variables en el propio espesor de los distintos niveles que lo integran, la secuencia litoestratigráfica de este probable Siciliense puede ser resumida del modo siguiente:

0,2 a 0,8 m. Costra de exudación caliza sumamente rubificada según revela su coloración ocre oscura o marrón.

1,2 a 1,5 m. Caliza detrítica blancogrisácea muy dura y carstificada.

0,8 a 1,2 m. Caliza lumaquéllica sumamente dura y muy detrítica que alberga gran cantidad de *Pectunculus bimaculatus*, Poli (el eje mayor de cuyas valvas fluctúa entre 2 y 10 cm.), y algunos ejemplares muy aislados de *Ostrea* sp.

5,6 m. Duna tan sumamente consolidada y encostrada que, en su seno, ha permitido el establecimiento de un modelado cárstico traducido tanto en su aspecto microcavernoso como en la presencia de grandes cavidades cuya altura llega a alcanzar 3 m. y en cuyas paredes interiores se observa perfectamente la típica estratificación cruzada congénita en estos depósitos eólicos.

1,3 m. Arenisca calcárea sumamente dura y fosilífera, hasta el extremo de que, localmente, llega a constituir una auténtica lumaquela actualmente integrada por moldes de moluscos cuyas conchas

han sido totalmente disueltas salvo en muy contadas ocasiones, que hemos intentado aprovechar para la extracción de ejemplares. Esta labor resulta muy dificultosa por la gran cementación y dureza de la roca determinantes de la fragmentación de los fósiles que, sólo muy excepcionalmente, permiten obtener ejemplares idóneos para su identificación, entre los que únicamente han podido ser determinados: un molde de *Trochus*, sp.; 20 ejemplares de *Pectunculus violacescens*, Lamarck (que, en el yacimiento, representan el 90 por 100 de sus moluscos); un ejemplar de *Ostrea*, sp. y, finalmente, un molde interno de un gran ejemplar de lamelibranchio genéricamente indeterminable. Aún desconocido la procedencia de esta fauna banal, el segundo de nosotros coligió una edad probablemente anterior al Paleotirreniense. Hacia su base, este nivel de arenisca calcárea presenta intercaladas algunas hiladas (10 a 20 cm.) de pudinga o canturral, el diámetro de cuyos elementos fluctúa entre 1 y 4 cm.

0,8 m. Marga arenosa blancogrisácea, indudablemente procedente de la erosión del Plioceno medio en algún afloramiento inmediato.

0.1 m. Pudinga basal integrada por pequeños (diámetros entre 1 y 9 cm.) cantos de calizas ocre depositados en una playa según revela su forma discoidal.

Cual ya hemos anotado, el muro de esta pudinga basal queda ubicado a la altitud de 81 m., donde se apoya netamente discordante sobre su yacente integrado por margas del Plioceno medio. Por lo que respecta a su emplazamiento, también hemos anotado que corresponde exactamente al borde superior de la cornisa o acantilado que orla el cabo de Santa Pola, hasta la que hemos llegado subiendo por la barrancada situada unos 800 m. al N. de la ermita de Nuestra Señora del Rosario, en las vertientes N. y S. de cuya parte más alta queda jalonado este probable Siciliense por una serie de grandes cuevas excavadas en el horizonte de dunas consolidadas; en el mapa de la figura 1 hemos situado estos afloramientos a los que hemos adscrito la letra S (inicial de Siciliense) para distinguirlos de los afloramientos correspondientes a los restantes niveles de Cuaternario marino.

Unos 1.800 m. al NNE del precedente afloramiento (es decir, unos 300 m. al S. del Hotel de los Arenales del Sol) y a tan sólo 80 m. de la línea de costa, hemos localizado un retazo de terraza marina con espesor comprendido entre 0,3 y 4,0 metros y que muestra unas litofacies y biofacies muy similares a las del afloramiento que acabamos de describir. Se trata de una durísima lumaquela, extraordinariamente detrítica y esencialmente constituida por conchuela, entre la que

únicamente es dable observar la presencia de ejemplares bastante bien conservados de *Pectunculus violacescens*, Lmk., cuya extracción es poco menos que imposible a causa del avanzado encostamiento experimentado por este horizonte. En el afán de obtener alguna precisión paleontológica decidimos arrancar un gran bloque a partir del cual el segundo de nosotros hubo de limitarse a confirmar su carácter lumaquélco debido a la acumulación de pequeñísimos fragmentos de conchas marinas (conchuela), cuya identificación es imposible; únicamente pudo observarse algún pequeño molde que parece corresponder a *Rissoa*, sp. y, juzgando por las litofacies y el grado de conservación de estas biofacies, únicamente pudo llegar a diagnosticarse la probabilidad de tratarse de un depósito pre-Tirreniense.

En este afloramiento se observa la siguiente secuencia litoestratigráfica:

0,3 a 4,0 m. Durísima lumaquela, el 90 por 100 de cuyos fósiles aparecen sumamente triturados hasta constituir esquirlas, entre las que destacan algunos ejemplares bien conservados de *Pectunculus violacescens*, Lmk. Hacia el muro engloba algunos cantos más o menos rodados y termina fosilizando un acentuado paleorelieve responsable de aquella fluctuación mostrada por el espesor de este depósito.

0,2 a 0,9 m. Margas detríticas incompetentes de color amarillo de canario que albergan lamelibranchios entre los que parecen preponderar los fragmentos de pectínidos. Nivel claramente imputable al Plioceno medio.

> 2 m. Margas detríticas incoherentes de color verde intenso, que albergan algunos pequeños cantos subsféricos (diámetros comprendidos entre 2 y 4 cm.), así como abundantes fragmentos, muy sueltos y limpios, de *Pectunculus bimaculatus*, Poli; *Pecten*, sp.; *Ostrea*, sp.; etc.

A primera vista puede sorprender el hecho de que, no obstante presentar estas facies y sugerir una edad claramente pre-Tirreniense, el muro de este yacimiento quede ubicado a la altitud de 4 m. y disminuye progresivamente hacia el litoral—donde termina sumergiéndose bajo el actual nivel marino— en virtud de su lógica pendiente congénita hacia el E.; en nuestro mapa aparece cartografiado (ángulo NE.), habiéndosele adscrito la letra S indicatriz de la edad Siciliense que le es conferible. La perseverancia y dedicación empeñadas en la exploración del cabo de Santa Pola nos permiten afirmar que, sin género de dudas, fue precisamente este el afloramiento al que se refería Jiménez de Cárneros en 1925 (6), cuando daba cuenta del descubrimiento de un «travertino

muy fuerte», al que denomina «travertino con *Pectunculus*», emplazado a la altitud de 4-6 m.; réntégase que, según hemos anotado, su muro alcanza la altitud máxima de 4 m. y que, fluctuando entre 0,3 y 4 m., el espesor medio conferible a la lumaquela en cuestión muy bien puede ser estimado en 2 m.

Para justificar aquella altimetría aparentemente deficitaria debemos recordar que las capas del Plioceno medio e inferior evidencian para el conjunto del macizo de Santa Pola una clara estructura cupuliforme que, al parecer, también es corroborada por la altitud en función de la dispersión geográfica mostradas por los afloramientos imputables al Calabriense. Reteniendo estos hechos debemos recordar que el primero de los afloramientos que hemos asimilado al Siciliense aparece unos 2.000 m. al N. de la culminación morfoestructural y sobre el flanco septentrional de aquel macizo mostrando su muro a la altitud de 81 m., mientras que el segundo de nuestros afloramientos sicilienses resulta emplazado unos 4.400 m. al N. de aquella charnela y, asimismo apoyado sobre dicho flanco, muestra su muro a la modesta altitud de 4 m., evidenciando corresponder a los alledaños inmediatos a la zona de inflexión de dicho flanco hacia el sinclinal inmediatamente septentrional. Por lo demás, el hecho de que en la distancia de 1.800 m., el muro del Siciliense descienda desde la altitud de 81 m. hasta la media de 2 m., evidencia una inclinación o pendiente septentrional relativamente modesta (inferior al 4,5 por 100) para el Siciliense que, en consecuencia, parece implicado en aquella deformación plástica, sugiriendo su prosecución durante los tiempos post-sicilienses. Este último aserto parece corroborado por el hecho de que en el sector Calabaci-Hotel de los Arenales del Sol no existe el más mínimo vestigio de terrazas marinas post-sicilienses que, muy probablemente, deben encontrarse sumergidas bajo el actual nivel marino por haber resultado implicadas en la flexión sinclinal inherente a la precitada cubeta interpuesta entre el macizo de Santa Pola y la sierra del Colmenar.

Parece muy probable que nuestro segundo retazo de Siciliense (ubicado a la altitud media de 2 m.) no haya experimentado variaciones verticales en razón de corresponder a la zona de inflexión del flanco N. de la cúpula de Santa Pola hacia el flanco S. de la precitada cubeta sinclinal inmediatamente septentrional. Y, en otro orden de ideas, este retazo puede sernos de utilidad por la circunstancia de estar situado a tan sólo 800 metros al NNE del afloramiento de Calabriense del Cuartel G. C. del Calabaci, cuyo muro queda ubicado a la altitud de 41 m.; efectivamente, por una parte, esta altitud parece justificar la de 2 m.

mostrada por el Siciliense y, por otro lado, confrontando las altitudes de los muros del Calabriense y el Siciliense, se colige una diferencia de 39 m., que muy bien puede considerarse representativa de la discrepancia de nivel conferible a ambos horizontes en el sector del macizo de Santa Pola. Recordando que el muro de nuestro primer afloramiento de Siciliense aparece emplazado a la altitud de 81 m., unos 2 km. al N. de la charnela, permitiendo conferírsele la de 90 m. en el plano axial, para este sector del Faro parece poder establecerse que la altitud del muro del Calabriense muy bien puede ser estimada en $90 + 39 = 129$ metros, prácticamente coincidente con la de aquella culminación topográfica y con nuestras precedentes estimaciones.

3. El Milazziense.

Cual representativo de un Pleistoceno medio ubicado a altitudes del orden de 60 m., en 1918 Deperet concibió este nivel al estudiar los depósitos cuaternarios de la localidad epónima, pues, ciertamente, en los alledaños de Milazzo existen unas terrazas cuaternarias netamente deformadas y cuyas biofacies (*Cypraea lurida*, Lin., *Patella ferruginea*, Gmelin, etc.), indican un clima templado o intermedio entre los invocados por la «fauna fría», característica del Siciliense, y la fauna cálida típica del Tirreniense. Recientemente ha sido demostrado por Selli que, tanto en los litorales de los mares Egeo y Adriático, como en el valle del Po, entre el Siciliense y el Tirreniense también se intercala un nivel que, caracterizado por una fauna templada, puede ser equivalente al «Cuaternario intermedio» o «Cuaternario con fauna banal», descrito en numerosas localidades por diversos investigadores que, posiblemente de modo superfluo, han implicado al mismo piso en una excesiva gama sinonímica: Monastiriense principal, Monastiriense I, Anfatiense, Kebibatiense, Holstein, Paleotirreniense, Tirreniense I, etc. Por lo demás, los criterios abogados por los diversos especialistas parecen convergentes en el sentido de admitir que estos sedimentos se depositaron durante el penúltimo interglaciario (Mindel-Riss), no faltando quienes lo conectan con el antepenúltimo (Günz-Mindel) y, dentro de esta última concepción, también ha sido considerado cual referible a una segunda fase del interglaciario siciliense (Neosiciliense o Siciliense II). No estimamos que éste sea el lugar ni momento adecuados para esbozar un ensayo de análisis discriminativo de los grados de probabilidad conferibles a cada una de las diversas posturas adoptadas al respecto, aunque podemos anticipar que, amén de lógica, nos parece

conveniente y oportuna la conservación del término Milazziense para denominar los depósitos inherentes al penúltimo interglaciario, y singularmente cuando, cual en el caso presente, aparecen ubicados por encima de los 40 m.

Por todo ello nos complace dar cuenta del descubrimiento de un nivel que, claramente imputable al tan discutido Milazziense, aparece perfectamente conservado en el sector septentrional del Cabo de Santa Pola, mientras que en su borde meridional ha sido prácticamente dismantelado, quedando reducido a una rasa de abrasión sobre la que todavía subsiste esparcido algún que otro fósil. En nuestro mapa aparecen cartografiados aquellos retazos y esta rasa habiéndoseles abscrito la letra M (inicial de Milazziense).

El segmento septentrional de esta terraza está representado por una serie de retazos conservados sobre los espolones topográficos jalonando su continuidad original, actualmente interrumpida por los aparatos torrenciales que descienden bruscamente desde la abrupta cornisa del Cabo. Extendido hasta unos 1.000 m. hacia el N., el extremo meridional de este segmento resulta aproximadamente ubicado a la latitud y unos 600 m. al W. de la ermita de Nuestra Señora del Rosario; jalonando por cuatro retazos aislados por sendas barrancadas, advertiremos que, enumerados de N. a S., es el segundo de ellos (emplazado unos 650 m. al NNW. de dicha ermita y algunas decenas de metros al W. de una pequeña casa-almacén), quien presenta las más explícitas litofacies y biofacies, habiéndonos permitido observar la sucesión siguiente:

3 m. Arenas algo limosas con tonalidad ocre rosada pálida, entre las que se interponen algunas delgadas costras de caliza exudada.

2,1 m. Durísima lumaquela, en la que no menos del 80 por 100 de sus abundantísimos fósiles corresponden a *Pectunculus violacescens*, Lmk.

0,4 m. Conglomerado integrado por cantos de calizas ocre del Mioceno cuyos diámetros fluctúan entre 3 y 18 cm.

Yacente. Margas pliocénicas blanco-grisáceas hacia el techo y verdes en los infrayacentes niveles observables.

Por lo que respecta a sus biofacies anotaremos que, entre los fósiles recogidos en el nivel lumaquéllico, el segundo de nosotros ha podido determinar:

	Número de ejemplares
<i>Conus mediterraneus</i> , Bruguiere	1
<i>Marginella miliaria</i> , Linné	4
<i>Murex trunculus</i> , Linné	1
<i>Purpura haemastoma</i> , Linné	1
<i>Purpura haemastoma</i> , Linné, var. <i>minor</i> , Monterosato	1
<i>Cypraea europaea</i> , Montagu	1
<i>Cerithiopsis tubercularis</i> , Montagu	1
<i>Rissoa monodonta</i> , Bivona	6
<i>Rissoa Montagu</i> , Payraudeau	1
<i>Rissoa cimex</i> , Linné	3
<i>Rissoa auriscalpium</i> , Linné	1
<i>Phasianella pullus</i> , Linné	6
<i>Trochocochlea articulata</i> , Lamarck	1
<i>Fissurella gibberula</i> , Lamarck	1
<i>Patella caerulea</i> , Linné	1
<i>Arca plicata</i> , Chemnitz	2
<i>Arca lactea</i> , Linné	9
<i>Pectunculus violacescens</i> , Lamarck	600
<i>Pectunculus</i> aff. <i>bimaculatus</i> , Poli	1
<i>Pectunculus</i> sp.	20
<i>Cardium tuberculatum</i> , Linné	8
<i>Cardium adule</i> , Linné, var. <i>umbonaa</i> , Wood	1
<i>Chama gryphoides</i> , Linné	1
<i>Venus gallina</i> , Linné	2
<i>Venus</i> sp.	2
<i>Mastra</i> aff. <i>subtruncata</i> , Da Costa	70
<i>Lucina divaricata</i> , Linné	1

La enorme abundancia de *Pectunculus violacescens*, Lmk. indica un habitat de fondo limo-arenoso, cuyo carácter litoral es sugerido por la presencia de *Patella* y *Trochocochlea*. La extinguida *Arca plicata* ha sido citada cual muy abundante en el Tirreniense de los Alpes marítimos pero el hecho de habernos proporcionado tan sólo dos ejemplares y marginalmente a cualquier otro vestigio de la pléyade de «fauna cálida», que suele cortejar al *Strombus bubonius*, no permite en modo alguno (aún considerando el factor altimétrico) atribuir esta terraza al Tirreniense, máxime habida cuenta de que *Arca plicata* habitó en el Mediterráneo desde el Mioceno hasta el Tirreniense; al igual que *Purpura* puede, a lo sumo, considerarse cual indicador de un clima templado cual conviene al interglaciario durante el que se depositó el Milazziense. La altimetría parece abonar este aserto, puesto que el muro de esta terraza resulta ubicado a altitudes comprendidas entre 35 metros (retazo más septentrional) y 48 m. (retazo más meridional), que, de otro lado, jalonan una clara inclinación nordoriental para este segmento de terraza.

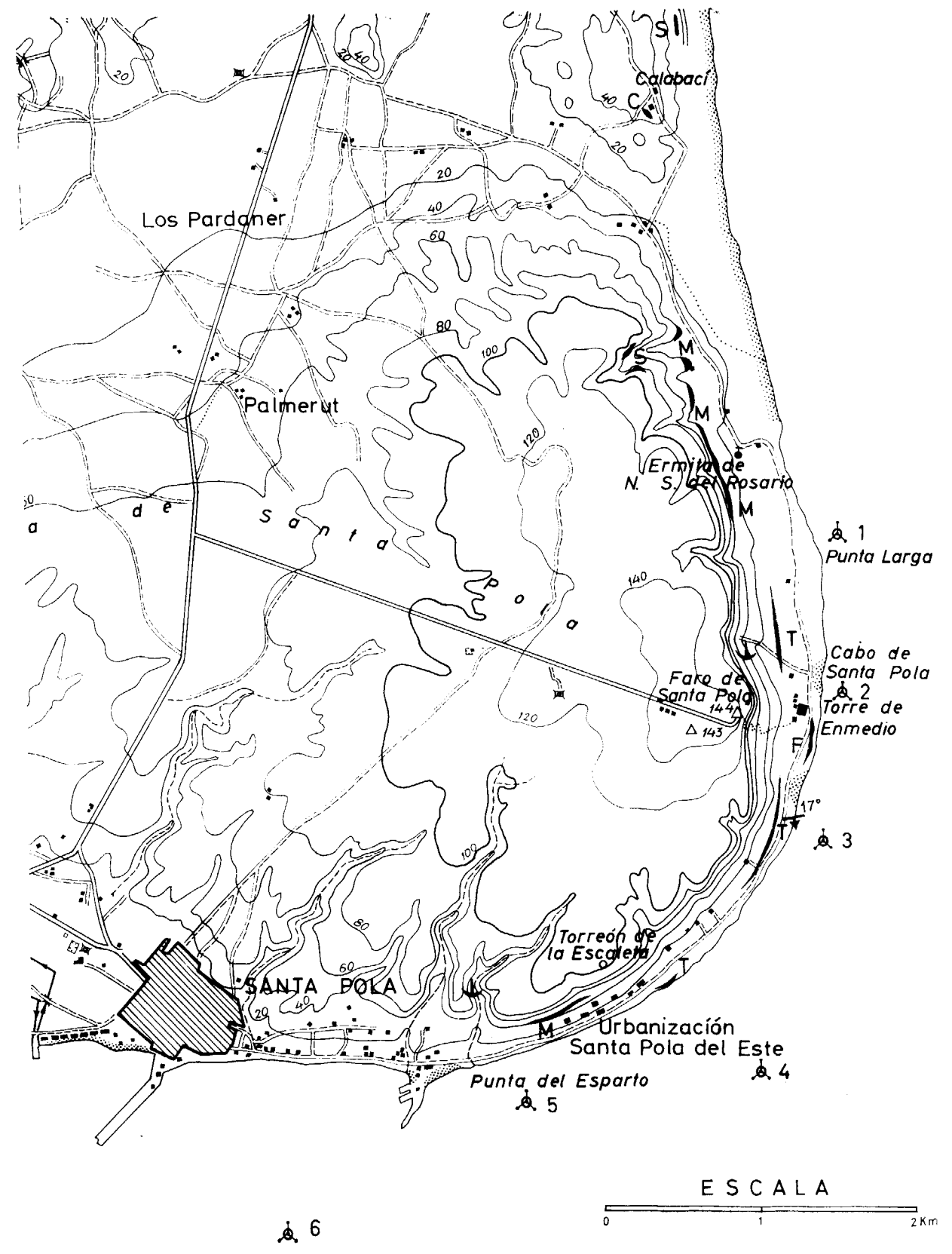


Fig. 1.—Situación de los retazos de depósitos litorales calabrienses (C), sicilienses (S), milazzienses (M), tirrenienses (T) y flandienses (F) en el Cabo de Santa Pola (Alicante)

Salvando la parte central del cabo de Santa Pola (donde el escarpe muestra su máxima verticalidad) en su sector meridional —concretamente, entre unos 100 m. al SE. del Torreón de la Escalera y unos 100 m. al E. de la gran cantera de Santa Pola—, aparece una superficie de abrasión ubicada a altitudes comprendidas entre 43 m. (extremo NE.) y 38 m. (extremo SW), jalonando un talud inclinado hacia el SW. La anchura de esta rasa disminuye progresivamente hacia el NE. hasta terminar desapareciendo en el sector donde el gran escarpe del Cabo comienza a ser subvertical. Sobre esta rasa recogimos algunos ejemplares fósiles de:

- Trochocochlea turbinata*, Born.
- Spondylus gaederopus*, Linné.

que confirman el carácter banal imputable a la fauna de este milazziense que, en resumen, está representado por:

Sector septentrional: una terraza perfectamente desarrollada en una extensión de 1.400 m. y cuyo muro resulta ubicado a altitudes comprendidas entre 48 y 35 m.

Sector meridional: una rasa marina sobre la que todavía existen algunos fósiles y que, extendida unos 350 m. presenta altitudes comprendidas entre 38 y 43 m.,

entre los que se interpone un hiato de longitud estimable en 3.800 m., extendido por el sector central del cabo de Santa Pola, coincidiendo con la máxima subverticalidad de aquel impresionante escarpe donde, lógicamente, la terraza o su equivalente rasa debieron alcanzar una altitud máxima a los 51 m.

4. *El Tirreniense.*

Ya hemos indicado que N. Solé (9) citó en Santa Pola un nivel tirreniense ubicado a la altitud de 4-6 m., y en el que recogió hasta 57 especies fósiles; lamentablemente, tan sucintas referencias no han sido ampliadas ni puntualizadas posteriormente, por lo que aquella noticia constituye la única mención bibliográfica sobre la presencia de un concreto nivel de Cuaternario marino en el Cabo de Santa Pola.

Cuando iniciamos nuestros densos y repetidos itinerarios paralelos y perpendiculares al litoral, nos percatamos inmediatamente de que, entre el abrupto escarpe del Cabo de Santa Pola y la actual línea de costa, se interpone una suave rampa, y relativamente ancha, la mayor parte de cuya su-

perficie ha sido objeto de ensayos de cultivos al parecer abandonados. Desde el primer momento llamó nuestra atención esta llanura litoral que muy bien podía implicar algún nivel de Cuaternario marino; efectivamente, cuando nos dirigíamos a visitar la pequeña cantera situada al pie del acantilado y del Faro, hacia la mitad de aquel breve camino de servicio, descubrimos la presencia de una indudable terraza marina jalonada por la enorme abundancia de moluscos fósiles esparcidos por aquellas abandonadas tierras de labor. Los itinerarios efectuados en días sucesivos permitieron puntualizar que, extendido unos 200 m. al W. del camino que orla el litoral y sensiblemente paralelo al mismo, aquel afloramiento aparece unos 100 m. al N. del Cuartel G. C. de Torre de Enmedio, y se prolonga inintermitentemente durante unos 700 metros hacia el N.; en virtud de una ligera deformación, su muro (ubicado a la altitud de 8,5 metros en aquel extremo meridional) presenta una débil pendiente nordoriental, determinando que aquella altitud se reduzca progresivamente hacia el NE. quedando reducida a 6 m. en el extremo septentrional del afloramiento.

Las litofacies de este segmento de terraza pueden resumirse del modo siguiente:

2,2 m. Limo arenoso ocre-rosado pálido que alberga *Iberus alonensis*, Ferussac.

2,9 m. Arenas ocráceo-amarillentas, atravesadas por irregulares y delgadas (1 a 2 cm.) costras de caliza exudada, que albergan cantos rodados de caliza ocrácea del Mioceno, cuyos diámetros oscilan entre 2 y 8 cm., mostrando abundancia progresivamente creciente hacia el muro. Nivel muy fosilífero.

Yacente. Marga muy arenosa e incompetente de color amarillo, típica del Plioceno medio.

La fácil desagregación de los dos niveles que integran la terraza facilita una espontánea y masiva liberación de fósiles que, en consecuencia, aparecen profusamente diseminados sobre la superficie topográfica, facilitando su observación y recolección. Resulta muy notable la extraordinaria abundancia de los árcidos que, en el yacimiento, llegan a constituir no menos del 30 por 100 de los fósiles, sin que por ello deje de existir una representación masiva de los *Pectunculus*, aunque bastante menos acentuada que en la terraza milazziense ubicada unos 1.000 m. al NNW. y a altitudes del orden de los 45 m. Aquel notable incremento del número de individuos pertenecientes al género *Arca* permite coleccionar que entre el Milazziense y el Tirreniense se produjo un notable incremento del carácter rocoso de este litoral, lo que no deja de ser lógico habida cuenta de aquella

discrepancia de altitud (37 m.) que, obviamente, implicó una aproximación a la superficie de los niveles miocénicos caracterizados por su naturaleza preponderantemente caliza y molásica.

Entre el material paleontológico colectado en este segmento de terraza, el segundo de nosotros ha podido discriminar las 38 especies siguientes:

	Número de ejemplares
<i>Conus mediterraneus</i> , Brugiere	1
<i>Canus testudinarius</i> , Martini	1
<i>Tritonidea viverrata</i> , Kienter	9
<i>Collumbella rustica</i> , Linné	7
<i>Murex trunculus</i> , Linné	34
<i>Murex brandaris</i> , Linné	5
<i>Purpura haemastoma</i> , Linné	33
<i>Purpura haemastoma</i> , Linné, var. <i>minor</i> , Monterosato	3
<i>Triton costatus</i> , Born	5
<i>Raneila scrobiculata</i> , Linné	2
<i>Cassis undulata</i> , Gmelin	4
<i>Cypraea lurida</i> , Linné	1
<i>Cerithium</i> , sp.	2
<i>Vermetus</i> , sp.	2
<i>Trochocochlea turbinata</i> , Born	1
<i>Trochocochlea articulata</i> , Lamarck	2
<i>Trochocochlea</i> sp.	3
<i>Patella ferruginea</i> , Gmelin	6
<i>Patella caerulea</i> , Linné	2
<i>Patella aspera</i> , Lamarck	1
<i>Ostraea edulis</i> , Linné, var. <i>lamellosa</i> , Brocchi	1
<i>Anomia ephippium</i> , Linné	1
<i>Spondylus gaederopus</i> , Linné	28
<i>Pecten jacobaeus</i> , Linné	1
<i>Arca Noae</i> , Linné	46
<i>Arca barbata</i> , Linné	1
<i>Arca barbata</i> , Linné, var. <i>expansa</i> , B. D. D.	1
<i>Arca plicata</i> , Chemnitz	6
<i>Pectunculus pilosus</i> , Linné	21
<i>Pectunculus violacescens</i> , Lamarck	170
<i>Cardita calyculata</i> , Linné	1
<i>Cardium tuberculatum</i> , Linné	8
<i>Carium edule</i> , Linné	10
<i>Chama gryphoides</i> , Linné	24
<i>Venus verrucosa</i> , Linné	1
<i>Tapes decussatus</i> , Linné	1
<i>Lucina lactea</i> , Linné	1
<i>Lucina reticulata</i> , Linné	1

Conjunto biótico en el que cabe destacar la presencia de seis especies considerables cual pertenecientes a la pléyade que, integrada en la «fauna cálida» característica del Tirreniense, suele cortejar al *Strombus bubonius*, Lamarck, del que no obstante su gran tamaño y mayor vistuosidad,

no hemos hallado el menor vestigio en este yacimiento que, adscribiéndole la letra T (inicial de Tirreniense), aparece cartografiado en nuestro mapa.

Podemos puntualizar que la mitad de aquellas seis especies (*Triton costatus*, *Raneila scrobiculata* y *Patella ferruginea*) continúan sobreviviendo acantonadas en las aguas profundas del actual Mediterráneo, mientras que, durante el Tirreniense proliferaban óptimamente en la zona litoral conviviendo con las otras tres especies características halladas (*Conus testudinarius*, *Tritonidea viverrata* y *Arca plicata*) que, al parecer, se extinguieron totalmente en el ámbito mediterráneo durante la glaciación würmiense, dándose el caso de que algunas de ellas (*Tritonidea viverrata* e incluso *Patella ferruginea*) ya comenzaron a escasear considerablemente durante el Neotirreniense, mientras que *Arca plicata* continuó subsistiendo con análoga frecuencia hasta una época todavía más reciente. Resumiendo, este conjunto biótico corresponde indudablemente al Tirreniense principal, durante el que nuestro sector ofrecía un habitat heterogéneo, ya que más de la mitad de los ejemplares corresponden a especies propias de fondos rocosos (*Arca*, *Murex*, *Purpura*, *Spondylus*, *Chama*), mientras que *Pectunculus* (bastante abundante en este yacimiento) es propio de fondos fango-arenosos; en suma, parece colegirse que a la sazón la extensión de los fondos rocosos predominaba considerablemente sobre la conferible a los fango-arenosos, en lo que acaso radique la justificación de la tan sorprendente ausencia total del más mínimo vestigio de *Strombus bubonius* en este magnífico yacimiento tirreniense. Por lo demás, ya hemos anotado que esta predominancia del fondo rocoso se explica fácilmente como consecuencia del emplazamiento de este yacimiento en la región central o charnela anticlinal del Cabo donde, muy probablemente, esta terraza fosiliza una superficie de abrasión esculpida truncando las tongadas molásicas y calcáreas características del Mioceno marino en aquel preciso sector.

Hacia el S. de su extremo meridional, este afloramiento deja de ser ostensible en un trecho próximo a los 600 m., extendido entre unos 100 m. al N. del Cuartel G. C. de Torre de Enmedio y unos 500 m. al S. del mismo, donde reaparece nitidamente, en una extensión próxima a los 500 metros, mostrando un contenido fósil algo menos abundante en una sucesión litoestratigráfica que, sensiblemente coincidente con la del afloramiento septentrional que acabamos de describir, puede ser esquematizada como sigue:

1.9 m. Limo arenoso ocre-rosado a pardo-amarillento que alberga *Iberus alonensis*, Ferussac.

1,1 m. Arena gruesa muy poco coherente y desprovista de encostramiento calcáreo que alberga algunos cantos poco rodados de dolerita sumamente alterada y algunos de molasa miocénica, así como numerosos fósiles que espontáneamente liberados por este horizonte aparecen dispersos sobre la superficie topográfica.

0,4 m. Conglomerado muy poco cementado esencialmente constituido por cantos de dolerita sumamente alterada, muy poco rodados y con diámetros comprendidos entre 6 y 20 cm., a los que se adscribe cerca de un 3 por 100 de cantos de dolerita fresca y caliza miocénica que, bastante bien rodados, ostentan diámetros fluctuantes entre 2 y 4 cm.

Aun cuando no abordemos en esta nota la interpretación que nos sugiere, debemos llamar la atención sobre la presencia de canturral dolerítico relativamente abundante en este afloramiento meridional y, consiguientemente, mucho más próximo a la Isla de Nueva Tabarca, donde arma un importante macizo de aquella precisa roca eruptiva que, con toda certidumbre, no aflora en paraje alguno del cabo de Santa Pola ni de sus alrededores peninsulares.

Por lo que concierne a las biofacies de este afloramiento meridional anotaremos que, entre el material recolectado, han podido ser identificadas por el segundo de nosotros las especies siguientes:

Conus mediterraneus, Bruguere.
Conus mediterraneus, Bruguere, var. *major*, Philippi.
Tritonidea viverrata, Kiener.
Murex trunculus Linné.
Triton costatus, Born.
Aporrhais pès-pellicani, Linné.
Cerithium vulgatum, Bruguere.
Trochocochlea articulata, Lamarck.
Patella ferruginea, Gmelin.
Patella caerulea, Linné.
Patella aff. lusitanica, Gmelin.
Ostraea edulis, Linné, var. *lamellosa*, Brocchi.
Ostraea sp.
Spondylus gaederopus, Linné.
Arca Noae, Linné.
Arca plicata, Chemnitz.
Pectunculus violacescens, Lamarck.
Cardium edule, Linné.
Chama gryphoides, Linné.

que, cuando subsisten amasadas en el seno de bloques detríticos, suelen aparecer muy fragmentadas y descalcificadas.

Al igual de lo que acaece en el afloramiento septentrional, este grupo biótico también indica un

carácter muy litoral con fondo rocoso predominante sobre las áreas fangoarenosas y, por lo demás, nos permite adscribir no menos de cuatro nuevas especies (*Conus mediterraneus*, var. *major*; *Aporrhais pès-pellicani*; *Cerithium vulgatum*, y *Patella aff. lusitanica*) a las 38 identificadas en el afloramiento septentrional.

No son menores las analogías concernientes a la significación cronoestratigráfica colegible de uno y otro grupos bióticos, pues, aparte del denominador común implicado por la total ausencia de *Strombus bubonius*, en este afloramiento meridional hemos vuelto a reencontrar cuatro de las seis especies características identificadas en el septentrional, no habiendo sido avistados ejemplares de las otras dos (*Conus testudinarius* y *Ranella scrobiculata*). Consiguientemente, también en este sentido nos encontramos ante una remarcable analogía al repetirse la circunstancia de que el 50 por 100 de las especies de «fauna cálida» corresponden a moluscos extinguidos durante la última glaciación (*Tritonidea viverrata* y *Arca plicata*), mientras que el otro 50 por 100 corresponde a especies que, francamente regresivas (*Triton costatus* y *Patella ferruginea*), se han visto obligadas a refugiarse en aguas profundas, donde han logrado subsistir acantonadas hasta nuestros días. En resumen, la significación cronoestratigráfica de la fauna albergada en el yacimiento meridional es idéntica a la del septentrional y, por ende, se trata de dos retazos pertenecientes a una sola terraza de edad eolirreniense.

En su extremo septentrional (unos 500 m. al S. del citado Cuartel) el muro de este afloramiento meridional queda ubicado a la altitud de 7 m., debiendo presentar una ligera deformación, pues, en su extremo meridional la altitud no rebasa de 5,5 m. Esta inclinación parece sugerir que el retazo en cuestión jalona el flanco meridional de un pliegue de gran radio, que parece proseguir hacia el S., puesto que durante las excavaciones practicadas (entre el camino que orla el litoral y la línea de costa) con el fin de proceder al tendido de las conducciones de agua para la nueva urbanización «Santa Pola del Este», pudimos advertir que parte de aquellas zanjas fueron practicadas en una terraza cuaternaria donde, a unos dos metros sobre el nivel del mar, aparecieron bastantes ejemplares perfectamente conservados de *Strombus bubonius*, Lmk., permitiendo atribuir al muro de la terraza en este paraje la altitud de 1 a 1,5 m.; es decir, que mientras en el extremo meridional de nuestro segundo afloramiento, el muro de la terraza queda emplazado a la altitud de 5,5 m., unos 1.500 m. hacia el S., hemos podido comprobar su reaparición a la de 1-1,5 m. en la mencionada urbanización. En nuestro mapa hemos adscrito a ambos

afloramientos la letra T, inicial de su edad Tirreniense.

Resumiendo, en la distancia del orden de 2.000 metros existente entre el extremo N. de nuestro segundo afloramiento y la citada urbanización, el muro de la terraza aparece claramente inclinado hacia el S. pasando desde la altitud de 7 m. (al N.) a la de 1-1,5 m. (al S.); recordando que nuestro primer afloramiento sugiere una basculación de sentido contrario, parece colegible que, en conjunto, ambos afloramientos no constituyen sino los flancos de un anticlinal de gran radio cuya charnela —probablemente ubicada a una altitud máxima de 9 m. y desmantelada en el precitado hiato central—, coincide sensiblemente con la del domo dibujado por el Plioceno de la Sierra de Santa Pola, pareciendo demostrar una prosecución del plegamiento hasta los albores del Holoceno.

La presencia de *Strombus bubonius* en aquel jalón meridional de la terraza podría encontrar justificación en la naturaleza del yacente. En efecto, la transgresión tirreniense debió comenzar labrando una plataforma de abrasión que, dada la estructura cupuliforme del macizo de Santa Pola, muy bien pudo ser esculpida en dos tipos de rocas netamente distintos: duras calizas y molasas del núcleo miocénico sobre el plano axial con sus inmediatos alrededores septentrionales y meridionales, mientras que en los sectores más alejados de la charnela aquella rasa marina debió quedar establecida sobre las blandas margas de la cobertera pliocénica. Ubicado unos 2.000 m. al S. del plano axial de la cúpula, parece lógico que dicho jalón meridional de nuestra terraza tirreniense tenga cual yacente las margas pliocénicas; recordando que *Strombus bubonius* tiene su hábitat en fondos fangosos litorales y sublitorales, se comprende que durante el Tirreniense viviese preferentemente acantonado en los fondos esencialmente limosos suministrados por las margas pliocénicas o, lo que es igual, que soslayasen expandirse sobre el medio menos propicio que les era ofrecido por la charnela miocénica y sus alrededores septentrionales más inmediatos.

5. El Flandriense.

Orlando casi la totalidad de la actual línea de costa del cabo de Santa Pola, se extiende una ancha plataforma cuya altitud fluctúa muy poco en torno a los dos metros, pareciendo corresponder a una rasa jalonante de una reciente estabilización del nivel marino habida cuenta de que, en este sector, las mareas máximas no suelen sobrepasar los 50 centímetros.

A diferencia de las actuales playas del cabo —que, invariablemente, aparecen formadas por arenas verdegriáceas, indudablemente procedentes del macizo dolerítico implicado en la vecina isla de Nuestra Tabarca—, la superficie de aquella plataforma probablemente dunquerkiense aparece tapizada por arenas ocráceo-amarillentas, probablemente procedentes de los niveles neógenos. Tan radical discrepancia parece subrayar la probabilidad de una edad versiliense para aquel tapiz de arenas amarillas, que tanto pudieron proceder del Neógeno que arma en el acantilado del cabo, como de la cobertera miopliocénica que debió fosilizar el macizo dolerítico de Nueva Tabarca, y cuyo desmantelamiento ha sido prácticamente consumado, pues, únicamente subsiste un tenue retazo de la base del Neógeno acantonado en el extremo occidental de la isla que, precisamente, entraña el sector más próximo al cabo de Santa Pola.

Por lo que atañe a los restos orgánicos contenidos por estas arenas amarillentas y prácticamente inconsolidadas, podemos anticipar su carácter de fauna banal, apareciendo entremezclados restos de moluscos actuales que, desde el litoral, han sido transportados por el viento o por el propio hombre. El carácter subhistórico de este piso implica una excesiva brevedad para el proceso de fosilización que viene a dificultar la discriminación entre los individuos atribuibles al Flandriense y los considerables cual actuales; a esta dificultad todavía se adscribe la posible incorporación de algún fósil rodando desde los retazos tirrenienses ubicados a altitudes ligeramente superiores.

Observaciones de detalle nos permiten puntualizar que el más frecuente y avanzado grado de fosilización corresponde a las conchas recogidas entre 50 y 250 m. al S. del cuartel de la G. C. de Torre de Enmedio, es decir, donde aparece cartografiado en nuestro mapa llevando aneja la letra F (inicial de la edad flandriense), conferida a este nivel. En muy probable concomitancia con este hecho señalaremos que, unos 800 m. al S. del mencionado cuartel y en la misma línea de costa, las duras tongadas del Mioceno aparecen buzando 17° al S. 10° E., jalonando el flanco meridional de aquella bóveda hacia cuya charnela resulta lógica una ligera elevación del Dunquerkiense, cuyo muro muy bien puede identificarse con aquella concentración de ejemplares en más avanzado estado de fosilización; por la demás, tal elevación jalonaría la prosecución del abombamiento de aquella cúpula durante nuestros días, lo que parece confirmado tanto por las nivelaciones de alta precisión como por la notable actividad sísmica actualmente registrada en los alrededores submarinos más inmediatos al cabo de Santa Pola.

Ya hemos anticipado el carácter banal lógica-

mente esperable en las biofacies de este nivel, entre las que el segundo de nosotros ha podido identificar las especies siguientes:

Bulla striata, Bruguiere.
Conus mediterraneus Bruguiere.
Columbella rustica, Linné.
Murex trunculus, Linné.
Purpura haemastoma, Linné.
Cerithium vulgatum, Bruguiere.
Trochocochlea turbinata, Born.
Trochocochlea articulata, Lamarck.
Patella caerulea, Linné.
Spondylus gaederopus, Linné.
Lima inflata, Chemnitz.
Arca Noae, Linné.
Pectunculus violacescens, Lamarck.
Cardium edule, Linné.
Cardita calyculata, Linné.
Lucina reticulata, Poli.

entre las que, lógicamente, no figura ninguna de las especies características (desaparecidas o regresivas en el Mediterráneo) del Tirreniense, mientras que, por el contrario, aparecen dos especies (*Bulla striata* y *Lima inflata*), que no nos habían proporcionado ejemplar alguno en aquel nivel del Pleistoceno superior.

III. LOS ANTECEDENTES MORFOESTRUCTURALES DEL NEÓGENO, RELACIONABLES CON LAS DEFORMACIONES COLEGIDAS PARA EL CUATERNARIO

La altitud mostrada actualmente por los muros de los distintos niveles de playas levantadas, junto con la dispersión espacial mostrada por los diversos retazos que las testifican, permiten evidenciar la existencia de importantes movimientos intracuaternarios que, al parecer, se complementan o constituyen una mera prosecución de los sugeridos por los rasgos morfoestructurales del Neógeno que constituye el yacente de aquellos depósitos de Cuaternario marino. En este sentido conviene reiterar que, en su conjunto, el macizo de Santa Pola constituye un gran anticlinal cuyo eje presenta un acentuado buzamiento occidental perfectamente traducido en la actual topografía, mientras que hacia el E. aparece súbitamente decapitado por el gran acantilado litoral.

El flanco nordoriental de este anticlinal dibuja una doble flexión traducida en la superposición de unas pequeñas estructuras subsidiarias (sinclinal seguido, inmediatamente hacia el N., de un anticlinal), nítidamente reflejados en la topografía del sector NE. de nuestro mapa. Efectivamente, aquel sinclinal secundario resulta ja-

lonado por la depresión que partiendo del litoral se orienta de SE. a NW. para, circundando el macizo de Santa Pola por su borde occidental, terminar anastomosándose con la gran depresión de Elche, que lo delimita por su parte meridional; dado que las altitudes máximas de esta depresión envolvente del macizo de Santa Pola son constantemente inferiores a 20 m., se comprende que la curva de nivel representativa de esta cota circunde totalmente la cúpula de Santa Pola. Aprovechada para el trazado del antiguo camino litoral de Alicante a Santa Pola, aquella virgación nordoriental de la depresión de Elche queda cerrada a lo largo de la línea de costa por un importante cordón de dunas la exploración de cuyas arenas fue abordada hace un par de años. Estimamos interesante anotar que esta explotación hubo de ser tempranamente abandonada al descubrirse que las arenas sueltas —únicas idóneas para las necesidades planteadas— se constriñen a un manto que tapiza una formación dunar sumamente consolidada y que, muy probablemente, fue depositada durante los tiempos tirrenienses; actuando cual obstáculo propicio, esta gran duna consolidada facilitó la continuidad de aquella sedimentación eólica indudablemente favorecida —sino exclusivamente condicionada— por la circulación aérea a lo largo del corredor implicado por la mencionada depresión morfoestructural, que denominaremos «depresión de Brizón» en atención al nombre de la finca más importante entre las enclavadas en ella. Por lo demás, el hecho de que el núcleo del cordón dunar que cierra la depresión de Brizón esté constituido por médanos consolidados, viene a demostrar que, cuando menos, durante los tiempos tirrenienses ya existían las condiciones locales idóneas para la formación de aquel depósito eólico y, como según hemos visto, tales condiciones parecen radicar fundamentalmente en la existencia de la propia depresión morfoestructural de Brizón, su edad parece obviamente pre-tirreniense.

El flanco nordoriental de este sinclinal secundario constituye, a su vez, el flanco suroccidental del mencionado anticlinal subsidiario (topográficamente traducido en el altozano del Calabací) cuya vertiente septentrional coincide con el flanco NE. de esta pequeña ondulación anticlinal que termina sumergiéndose en el substrato facilitando el establecimiento de la depresión topográfica de El Saladar que, mucho más amplia, también es más profunda, pues sus cotas llegan a resultar negativas facilitando la penetración del agua marina que es objeto de una pingüe explotación salinera. Finalmente, el borde nordoriental de esta depresión resulta ubicado en el preciso sector (bifurcación de la carretera desde Alicante hacia Murcia y hacia Santa Pola), donde surge el flanco N. de sinclinal que,

a su vez, constituye el flanco suroccidental de otro gran macizo morfoestructural que es el entrañado por el anticlinal traducido en la sierra del Colmenar.

Volviendo de nuevo a nuestro macizo de Santa Pola para describir sus aledaños suroccidentales, comenzaremos anotando que su flanco meridional también constituye el flanco nordoriental de un gran sinclinal traducido en la gran depresión morfoestructural donde se asientan las extensas marismas de Elche y que, según refleja nuestro mapa,

niveles mucho más competentes: calizas, molasas y conglomerados. En suma, cual reflejamos en la figura 2, la bella y modesta cúpula de la sierra del Molar con culminación a 76 m., es seguida hacia el NE. por la amplia y profunda depresión de las marismas de Elche, cuya importancia puede parangonarse a la de su inmediata y gran bóveda implicada por el macizo de Santa Pola con culminación a 144 m.; salvando las precitadas ondulaciones subordinadas a su flanco septentrional, esta última estructura es seguida hacia el NE. por la

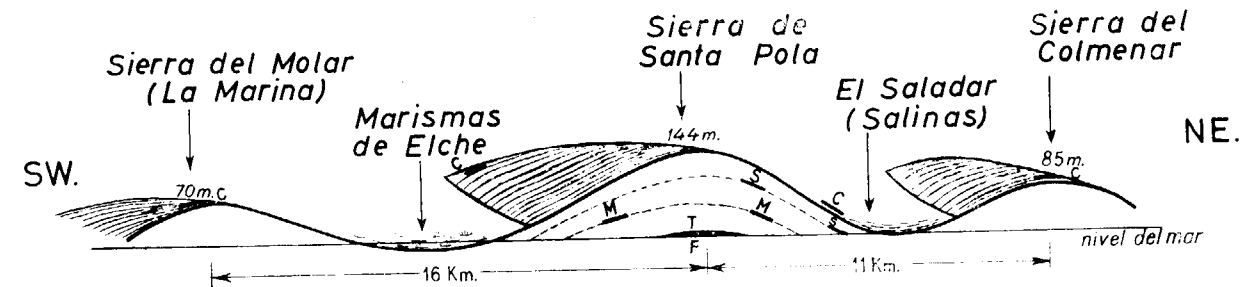


Fig. 2.—Sección esquemática morfoestructural del Neógeno entre las sierras de Colmenar y del Molar mostrando la ubicación de los afloramientos calabrienses (C) y de retazos de terrazas cuaternarias sicilienses (S), milacienses (M), tirrenienses (T) y flandrienses (F) en el extremo oriental de la sierra de Santa Pola donde presentan deformaciones que evidencian la prosecución de las deformaciones a lo largo del Cuaternario.

también es objeto de una importante explotación salinera a partir de las inmediaciones occidentales de Santa Pola. El borde suroccidental de aquellas marismas coincide con la emersión del flanco SW del sinclinal que, a su vez, constituye el flanco NE. de otro pequeño macizo que, entrañado por la sierra del Molar, constituye una bella cúpula morfoestructural de contorno subcircular y que culmina a una altitud (76 m.) ligeramente inferior a la de 116 m. alcanzada por la sierra del Colmenar, dispuesta simétricamente con respecto al macizo principal de Santa Pola, que culmina a 144 m.

Resumiendo, y según esquematizamos en la figura 2, aquel sector peninsular se caracteriza por la presencia de una serie de pequeños macizos netamente individualizados por la intercalación de modestas depresiones estructurales que, cual aquellos, resultan arrumbadas subortogonalmente a la dirección media conferible al litoral inmediato. Todos estos macizos y depresiones tienen un marcado sello morfoestructural, puesto que sus pendientes topográficas resultan sensiblemente coincidentes con las de las tongadas esencialmente margosas del Plioceno medio que, en bastantes parajes, han sido totalmente desmanteladas facilitando la observación de las del Plioceno inferior e, incluso, del núcleo miocénico integrado por

depresión morfoestructural de El Saladar que, ligeramente más modesta que la de Elche, muestra una importancia parangonable con la de la bóveda de la sierra del Colmenar que, culminando a 116 m., entraña el límite nordoriental de la depresión de El Saladar.

Así esbozadas las deformaciones plásticas mostradas por aquel Neógeno alicantino, el hecho de que afecten conjuntamente al Mioceno y los tramos inferior y medio del Plioceno, evidencia una vigorosa prosecución de aquellas deformaciones durante los tiempos posteriores al depósito de las incompetentes tongadas de margas amarillas y verdes que, sumamente incoherentes y fosilíferas, representan el Plioceno medio. Por lo demás, el hecho de que los retazos de Calabriense y Siciliense aparezcan ubicados a altitudes sumamente variables a la par que adaptándose a las cupuliformes estructuras de su yacente mio-pliocénico parecen evidenciar claramente la prosecución del plegamiento durante los tiempos pleistocénicos, cuya continuidad hasta el Holoceno parece asimismo evidenciada por las deformaciones advertidas en las terrazas milaziense y tirreniense e incluso por el hecho de que el Flandriense aparezca exclusivamente ubicado en los aledaños de la charnela de la cúpula de Santa Pola.

CONCLUSIONES

I. Al igual que las sierras del Molar (situada 16 km. al SW.) y del Colmenar (ubicada 11 km. al NE.), la sierra de Santa Pola constituye una cúpula más acentuada, aunque no menos bella que las implicadas en las otras dos sierras mencionadas; culminando a la altitud de 144 m. aparece totalmente circundada por una depresión, asimismo morfoestructural, donde las altitudes resultan constantemente inferiores a los 20 m. Los núcleos de estas tres estructuras están constituidos por formaciones muy competentes (conglomerados, duras molasas y calizas) del Mioceno marino que constituyen el yacente de unos niveles esencialmente margosos, sumamente incompetentes y fosilíferos, que representan el Plioceno inferior y medio.

II. Sobre estas tres bóvedas anticlinales han sido identificados retazos de una formación con litofacies netamente litorales y entre cuyas biofacies destaca, por su frecuencia y tamaño, la presencia de un *Strombus*, sp., muy probablemente referible a *Str. coronatus*, DeFrance. Esta formación aparece ubicada a altitudes muy diversas, habiendo sido descrita a la de 85-90 m. en la sierra del Colmenar, siendo muy probable que en el macizo de Santa Pola alcance la de 130-140 m. Aquellas biofacies y estas altitudes máximas abogan por la atribución de dichos retazos detríticos al Calabriense, que debió recubrir estos macizos constituyendo coberteras inicialmente continuas, pero intensamente afectadas por los procesos erosivos cuaternarios que han terminado dejándolas reducidas a la condición de dispersos retazos testificantes.

III. La conclusión precedente no solamente testifica que los tres macizos citados emergieron del Mediterráneo durante las postrimerías del Plioceno o los albores del Pleistoceno, pues también evidencia que su plegamiento y concomitante elevación isostática ha progresado muy activamente durante los tiempos cuaternarios. En este sentido, la mayor altitud alcanzada por el macizo de Santa Pola alerta sobre la probabilidad de que, cuando menos localmente, su contorno aparezca orlado por escalonados retazos de formaciones cuaternarias que, en cierto modo, jalonan las etapas de sosiego orogénico o estabilización del nivel marino. Y, efectivamente, hemos podido identificar niveles de terrazas marinas a las que, siéndoles atribuibles altitudes máximas de 92, 51, 9 y 2 metros, parece lógica la respectiva imputación de las edades Siciliense, Milazziense, Tirreniense y Flandriense.

IV. Sumamente encostrado, el Siciliense apenas permite la extracción de fósiles, muchos de los

cuales están, por otra parte, representados por moldes internos o externos de moluscos cuyas conchas han sido totalmente disueltas; los escasos ejemplares arrancados pertenecen a seis especies de fauna banal. El Milazziense ofrece una auténtica lumaquela que, no obstante estar casi totalmente integrada por *Pectunculus*, nos ha permitido obtener ejemplares correspondientes a 29 especies asimismo banales, puesto que únicamente puede destacarse la presencia de dos ejemplares de *Arca plicata*, Chem. El Tirreniense presenta biofacies todavía más heterogéneas, pues nos ha proporcionado individuos pertenecientes a 43 especies integrantes de un conjunto muy explícito, puesto que nueve de ellas (cinco extinguidas y cuatro regresivas) se integran en la pléyade de la «fauna cálida», que caracteriza a esta formación cuaternaria. Finalmente, el Flandriense nos ha proporcionado ejemplares encuadrados en 16 especies banales, que continúan viviendo actualmente en aquellos alrededores.

V. La altitud correspondiente a los muros de las terrazas cuaternarias integrantes de esta secuencia dista considerablemente de ser uniforme; antes al contrario, fluctúa entre 81 y 0 m. para el Siciliense; entre 48 y 35 m. para el Milazziense; entre 8 y 2 m. para el Tirreniense, y entre 2 y 0 m. para el Flandriense. Pero, muy lejos de mostrar una anárquica distribución especial, estas variaciones de altitud se distribuyen muy regularmente presentando sus valores máximos hacia la charnela de la cúpula, valores intermedios sobre los flancos y, finalmente, valores mínimos hacia los alrededores de las circundantes depresiones morfoestructurales en las que, sin género de dudas, y si no todas, la mayor parte de estas terrazas debe yacer bajo el actual nivel marino. Consiguientemente, estos niveles aparecen deformados de un modo regular que delata su pandeo, relacionado con la prosecución intracuaternaria del plegamiento de aquella cúpula y la concomitante elevación isostática. Por supuesto, este fenómeno es asimismo acusado por el Calabriense, puesto que, sobre los flancos de aquella bóveda, ha sido identificado o descrito a altitudes de 41 y 30 m.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) GIGOUT (M.), SOLÉ SABARIS (L.) et SOLÉ (N.): *Sur le Quaternaire méditerranéen d'Andalousie*, «C. R. Somm. des Séances de la Soc. Géol. de France», núms. 9-10, pp. 177-179, Paris, 1955.
- (2) — — — — *Sur le Néogène et le Quaternaire de la sierra del Colmenar près d'Alicante (Espagne)*, «C. R. Somm. des Séances de la Soc. Géol. de France», núm. 12, pp. 235-236, Paris, 1957.

- (3) GIGOUT (M.): *Importance du Pluvial entre Calabrien et Sicilien dans la morphogénèse en Méditerranée occidentale*, «C. R. Somm. des Séances de la Soc. Géol. de France», núm. 4, pp. 89-90, Paris, 1959.
- (4) — — *Nouvelles recherches sur le Quaternaire marocain et comparaisons avec l'Europe*, «Trav. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, Nouv. Sér.», núm. 6, 1 vol. con 158 pp., 29 figs., 3 cuadros, 10 fotogr. y 1 lám., Lyon, 1960.
- (5) JIMÉNEZ DE CISNEROS (D.): *Excursiones por los alrededores de Elche*, «Bolet. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. IX, pp. 355-360, Madrid, 1909.
- (6) — — *Encuentro de Strombus bubonius, Lamck en el*

subsuelo de Alicante, «Bolet. de la Real Soc. Esp. de Hist. Nat.», t. XXV, pp. 81-83, Madrid, 1925.

- (7) — — *Las terrazas del Cuaternario marino del cabo de Santa Pola*, «Asoc. Esp. para el Prog. de las Ciencias», Congreso de Barcelona, t. VI, pp. 37-38, Madrid, 1929.
- (8) SOLÉ SABARIS (L.): *Oscilaciones del Mediterráneo Español durante el Cuaternario*, 1 fasc. con 58 pp. y 1 fig., «C. S. I. C.», Barcelona, 1961.
- (9) SOLÉ (N.): *Algunas terrazas marinas, a + 4-6 m. en el litoral del SE. y S. de España*, «INQUA, V Congr. Internac., Res. Com.», p. 176, Barcelona-Madrid, 1957.

Recibido el 31 de marzo de 1969.

Consideraciones sobre la Paleogeografía durante el Cámbrico y Ordovícico en Asturias y Norte de León

por J. R. PARGA (*)

RESUMEN

Se hacen consideraciones sobre la posible existencia de una laguna estratigráfica entre las calizas y dolomías grises que constituyen las capas más altas del Cámbrico inferior en Asturias y Norte de León, y las capas que contienen la fauna más baja del Cámbrico medio.

Se relaciona la gran subsidencia que se produce desde el Cámbrico medio hasta el final del Ordovícico, al W. del Núcleo Precámbrico del Narcea (> 10.000 m.), con el arco volcánico situado al E. de dicho Núcleo. Equiparando la región de esta fuerte subsidencia con las fosas que normalmente se producen en la parte convexa de los actuales arcos volcánicos. Ambos fenómenos, arco volcánico y fosa, se consideran los primeros condicionamientos paleogeográficos que han dado lugar a la configuración del Arco o Rodilla Astúrica.

ABSTRACT

Considerations are made about the possible existence of a stratigraphic hiatus between the gray limestones and the dolomitic limestones that form the higher layers of the Lower Cambrian in Asturias and N. of León, and the layers that contain the oldest fauna of the Middle Cambrian.

A relation is established between the great subsidence produced from the Middle Cambrian until the end of the Ordovician at the W. of the Narcea's Precambrian Nucleus (> 10.000 m.), with the volcanic arc situated to the E. of the above mentioned Nucleus. Matching the region of this strong subsidence with the trenches that are produced usually in the convex side of the present volcanic arcs. Both phenomena, volcanic arc and trench, are considered the first paleogeographic conditionings that have originated the configuration of the Asturic Arc.

El estudio que vengo realizando desde 1966 en el W. de Asturias y N.-W. de León, me ha permitido hacer una cartografía a grandes rasgos (Carte Geologique du Nord-Ouest de la Peninsule Iberique, 1968), sacar algunas series tipo y obtener datos precisos sobre el volcanismo que afectó a esta región durante el Cámbrico y Ordovícico, así como fundamentalmente poder formar un juicio crítico sobre los datos que hasta ahora se poseen de esta región, relativas al Paleozoico inferior. En la presente nota expondré algunas consideraciones en torno a los diferentes dominios de sedimentación, fácilmente diferencia-

bies por las distintas potencias o espesores de sus series, los cuales se paralelizan bastante bien con los dados por F. Lotze (1945) para esta región (zona Cantábrica y zona Oeste Astur-Leonesa).

Estos dominios (fig. 1), por el diferente desarrollo que adquieren en el Paleozoico inferior, así como por todas las demás características que los diferencian del resto del Macizo Hespérico, permiten asimilarlos de manera provisional a los conceptos de Prefosa para la zona Cantábrica, y Miogeosinclinal para la zona Oeste Astur-Leonesa. El límite entre ambos dominios se situaría en la línea Cadavedo-Cangas de Narcea-Villablino-Riello. Al Oeste de esta línea el Paleozoico inferior alcanza grandes espesores (> 12.000 m.), que adelgazan hacia el occidente, es decir, hacia las

intérnides del Miogeosinclinal, teniendo sólo 1.500 a 2.000 m. en el umbral Miogeosinclinal, con laguna del Cámbrico. Este umbral se sitúa en la región de afloramiento de la formación Ollo de Sapo, descrita por I. Parga-Pondal, Ph. Matte y R. Capdevila (1964), y donde últimamente se ha comprobado (Ph. Matte, 1968) que existe laguna de todo el Cámbrico. Al oriente del límite entre ambos dominios se sitúa la Prefosa, en la cual el Paleozoico inferior no sobrepasa los 2.500 m., de los cuales la mitad aproximadamente corresponden al Cámbrico inferior.

Estos dominios han sido divididos por distintos autores en varias zonas paleogeográficas, que deben ser mantenidas. Así en la prefosa I. Zamarréño y M. Julivert (1967), han definido dos facies diferentes en el Cámbrico: Facies de Barrios y Facies de Beleño, que se manifiestan, la primera

en la zona de Pliegues y Mantos (M. Julivert, 1967), y la segunda en la zona de Mantos (M. Julivert, 1967). En el Miogeosinclinal, F. Lotze (1961) distingue varios tipos de facies equiparables a las zonas señaladas por Ph. Matte (1968); estos tipos son: tipo de Asturias Occidental (zona II de Matte), tipo ibérico (zona III de Matte) y tipo toledánico (zona IV de Matte).

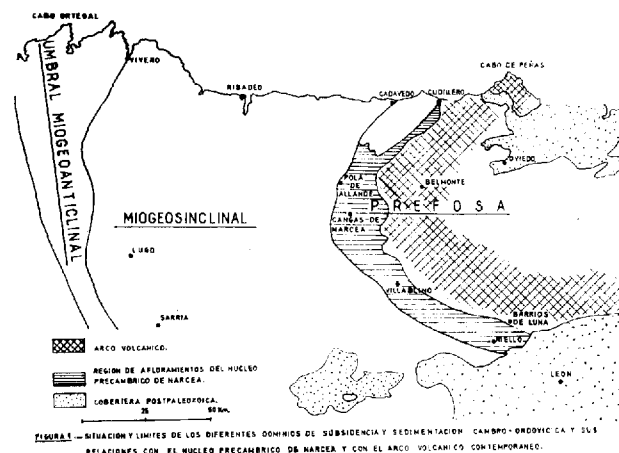
En esta nota me referiré de modo preferente a los datos de la zona de Pliegues y Mantos y a la zona de Asturias Occidental. Solamente, y como visión de conjunto, consideraré los dominios Prefosa y Miogeosinclinal en su totalidad.

Seguiré la nomenclatura estratigráfica de la escuela de F. Lotze, ligeramente modificada para su utilización, tal como se expone en el cuadro siguiente:

		Potencias máximas en metros	
		Miogeosinclinal	Prefosa
Ashgill ↑ Llanvirn	<i>Pizarras de Luarca s. l.</i> Pizarras grises oscuras o gris azuladas. Pueden presentar areniscas hacia el techo.	2.000—3.000	0—150
Skidaw ↑ Cámbrico medio	<i>Serie de los Cabos.</i> Serie alternante de pizarras areniscas y cuarcitas, pasando a abundancia de pizarras en la base y predominio de cuarcitas en la zona media, a cuarcitas en grandes bancos en el techo. <i>Pizarras verdes, con fauna.</i> Pizarras y margas verdes, algunos niveles rojos, con abundante fauna de trilobites del Cámbrico medio. <i>Calizas nodulosas rojas</i> (sólo en la prefosa). Calizas nodulosas más o menos arcillosas, más o menos glauconíticas, más o menos rojas, con fauna de trilobites de Cámbrico medio (Esta fauna pertenece a los niveles inferiores de las pizarras verdes del miogeosinclinal).	6.000—9.000 100	700—800 20—50 15—30
Cámbrico inferior	¿LAGUNA? <i>Calizas y Dolomías grises.</i> Calizas parcial o totalmente dolomitizadas de color gris. A veces con estructuras de algas y con estromatolitos. <i>Capas de transición.</i> Margas, pizarras y areniscas abigarradas con fauna de Metadoxides, nivel de Dolerolenus. <i>Serie de Cándana.</i> Cuarcitas y arcosas en bancos, con niveles pizarrosos intercalados, lentejones dolomíticos cerca de la base, conglomerado basal y discordante sobre el Precámbrico. (Pasa hacia Occidente en Galicia, a predominio pizarroso con algún nivel de areniscas en la base y en la mitad superior de la serie).	100—200 150—250 800—1.800	80—160 50—250 900—1.800
Precámbrico	<i>Serie del Narcea.</i> Pizarras dominantes, areniscas y grauvacas.		

(*) Departamento de Petrología de la Universidad de Oviedo y Laboratorio Geológico de Lage (La Coruña).

Pocos comentarios se pueden hacer sobre la Serie de Cándana, pues en realidad sólo aparece completa en los contactos con el Núcleo Precámbrico, y a lo largo de esta zona se observan potencias sensiblemente diferentes, aumentando en direc-



ción norte, pasando de unos 800 a 900 metros en la región de Barrios de Luna y Cuevas del Sil, alrededor de 1.500 m. al sur de Tineo y a 1.800 en la costa (A. Färber y W. Jaritz, 1964). Fuera de estos afloramientos en los contactos con el Núcleo Precámbrico inferior, que en ellos es fundamentalmente cuarcítica y arcósica, no se presenta completa nada más que en Galicia, donde es predominantemente pizarrosa con niveles cuarcíticos hacia la mitad de la serie, lentejones dolomíticos hacia la base, y cuarcita en parte conglomerática en la base, teniendo potencias de 800 m. (R. Walter, 1966).

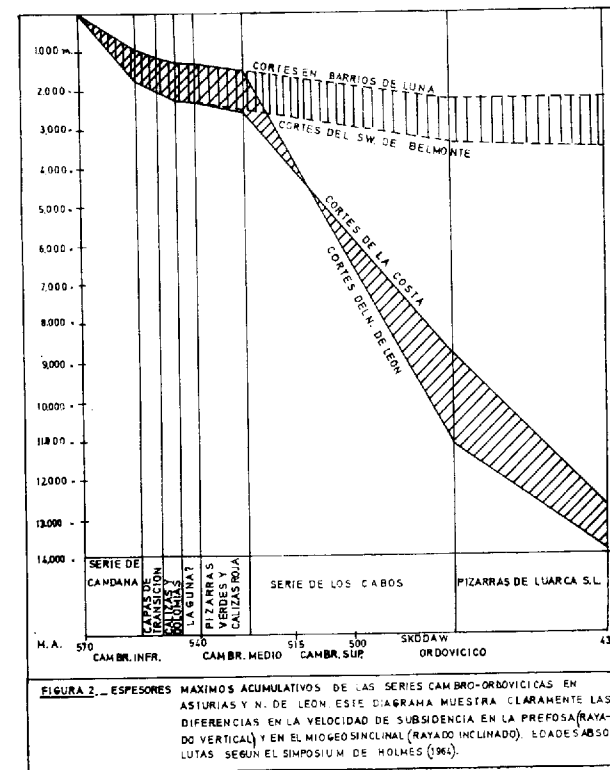
Queda, pues, sin resolver de manera concreta la paleogeografía de este Cámbrico inferior, así como el problema de la base del Cámbrico, que en general, en la Península Ibérica, es totalmente dudoso en las soluciones que se han dado hasta la fecha, pero no hay datos que permitan mejor solución de este tránsito Cámbrico-Precámbrico que el que ha dado F. Lotze.

Las capas de transición, que constituyen el paso de la Serie de Cándana a las dolomías y calizas superiores, han dado fauna de trilobites pertenecientes al dominio estratigráfico de la fauna de *Dolerolenus* en varios puntos; así, en Galicia, en Riotorto (R. Walter, 1966); en Asturias, en Artedo (A. Färber y W. Jaritz, 1964); en León, en Barrios de Luna (F. Lotze, 1961). Debido a esta fauna y a la litoestratigrafía de estas capas, Lotze las equipara y correlaciona con posibles pequeñas diferencias en el tiempo, a las capas de Jalón en la Cadenas Celtibéricas y la Sierra de la Demanda, y con capas análogas en Sierra

Morena. A estas capas suceden en toda la Península niveles carbonatados. En los dominios que aquí se consideran, Prefosa y Miogeosinclinal, a los niveles carbonatados suceden siempre capas del Cámbrico medio; en el Miogeosinclinal, a las calizas dolomíticas grises suceden margas y esquistos verdes con fauna de la base del Cámbrico medio (F. Lotze y K. Szuy, 1961); en la Prefosa, a las calizas dolomíticas grises suceden calizas rojas nodulosas «Griotte Cámbrica», que en algunos puntos (Carangas), (K. Szuy, 1967 e I. Zamarreño y M. Julivert, 1967) han dado fauna de la base del Cámbrico medio en su muro. El hecho de que en el resto de la Península, entre el techo de los niveles dolomíticos y la base del Cámbrico medio se interpongan de manera general, alrededor de unos 300 m. de sedimentos, hacen pensar que en el N.-W de la Península (Asturias, León y Galicia) pueda existir una laguna, o cuando menos hay que admitir en todo este tiempo, parte superior del Cámbrico inferior, que el medio de sedimentación no sufrió subsidencia sensible tal como se pone de manifiesto en el diagrama de la velocidad de subsidencia (fig. 2). También podría significar una ausencia de sedimentación por falta de aportes terrígenos, pero esto no se puede aceptar fácilmente para la Prefosa, donde a las calizas grises siguen calizas nodulosas rojizas que han de considerarse de un medio poco profundo. En este caso hay que suponer que el Miogeosinclinal continúa ligeramente su subsidencia sin recibir aporte hasta la iniciación del Cámbrico medio, y en la prefosa se produce un ligero umbral situado fundamentalmente en la zona de pliegues y mantos (Nomenclatura de M. Julivert, 1967). Esto está de acuerdo con el hecho de que en esta zona, y a partir de este momento, se instaura un arco volcánico (L. C. García de Figuerola (1962) y J. R. Parga, 1967). Este volcanismo da materiales de sedimentación constituidos por tobas volcánicas, que en su alteración producen pizarras arcillosas verdes, grauvacas y óxidos de hierro, estos últimos causantes de las capas rojas que aparecen en la parte inferior de Cámbrico medio.

A partir de este momento se instaura, pues, en la zona de pliegues y mantos un volcanismo básico constituyendo un arco volcánico, y esta zona responde a una zona umbral durante el resto del Cámbrico y posiblemente de todo el Ordovícico. Las series estratigráficas a uno y otro lado del Núcleo Precámbrico, que permanecen análogas en su litología, se diferencian de manera muy notable en sus espesores. Así, mientras al W. la Serie de los Cabos alcanza desde 6.000 m. en la costa (A. Faber y W. Jaritz, 1964), hasta 9.000 en el corte del Sil, al E. es siempre menor de 1.000 m.,

y mientras el resto del Ordovícico (Pizarras de Luarca, s. l.), en el Miogeosinclinal llega a alcanzar de 2.000 a 3.000 m., en la Prefosa no sobrepasa los 300 m., como ocurre en Cabo Peñas



(F. Radig, 1962) y en general hay laguna de todo este tramo.

En Cabo de Peñas existen manifestaciones efusivas básicas, más ácidas que en el estadio volcánico Cámbrico, descritas por L. C. García de Figuerola (1961), y que F. Radig (1962) sitúa en el Caradoc-Ashgill.

Se ponen, pues, de manifiesto grandes diferencias entre las velocidades de subsidencia a partir del Cámbrico medio en cada uno de los dominios considerados, tal como se expresa en el diagrama de la figura 2.

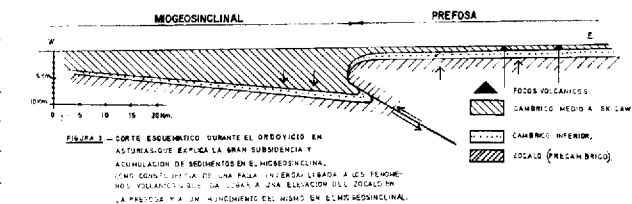
Estos grandes espesores del Miogeosinclinal se sitúan inmediatamente al W. del Núcleo Precámbrico, reduciéndose paulatinamente hacia occidente, volviendo en Galicia a tener espesores semejantes a los de la Prefosa, es decir, 1.000 m. para la Serie de los Cabos, y entre 50 y 150 m. para las Pizarras de Luarca s. l. (R. Walter, 1966).

Todo esto hace suponer la creación de una gran fosa inmediatamente al W. del Núcleo Precámbrico, que se rellena constantemente al mismo tiempo que se forma. Teniendo en cuenta que coexiste al mismo tiempo un arco volcánico hacia

las extrémides, se ha de considerar esta fosa como similar a las que normalmente se sitúan hacia el océano en todos los arcos volcánicos, y que se constituye a expensas de una gran falla inversa que afectaría a toda la corteza y parte del manto, tal como sugiere J. H. F. Umbgrove (1945).

Un corte esquemático de estos dominios durante el Ordovícico sería, pues, análogo al de la figura 3.

Así, pues, la gran subsidencia en el Miogeosinclinal, y el volcanismo contemporáneo, han sido producidos, según nuestro modo de ver, por una gran falla inversa intracortical. Esta falla fue removilizada con los movimientos hercínicos y su reflejo en la cobertera paleozoica dio lugar al accidente que actualmente se sitúa como línea de separación entre ambos dominios siguiendo el límite S.-W y W. del Núcleo Precámbrico, desde el Terciario de la meseta hasta Navelgas (N.-W. de Pola de Allande) y desde aquí se dirige a Cadavedo, en la costa, separando dos series cámbricas. En el corte del río Sil, este accidente se sitúa dentro del Precámbrico unos cien metros antes del contacto con el Cámbrico, lo que hace suponer que en este punto representa un nivel profundo del primitivo accidente; esto permite ver el contacto Precámbrico-Cámbrico intacto. En la región de Pola de Allande se sitúa entre las calizas de Vegadeo y el Precámbrico, faltando aquí todo el Cámbrico inferior y representando un nivel menos profundo del accidente, y entre Navelgas y Cadavedo se sitúa entre dos Cámbricos representando un nivel más alto. Esta sucesión de niveles, más altos hacia el Norte, está de acuerdo con el hecho general de que en este sector, y a grandes rasgos, los ejes de las estructuras buzan hacia el Norte.



La reactivación de este accidente durante las fases hercínicas es la causa responsable de que se produzca un nivel de despegue análogamente a lo que ocurre en las escamas de la prefosa, en la base de las calizas de Vegadeo, emplazándose éstas en la superficie que representa el accidente de manera casi permanente desde las cercanías de Pola de Allande hacia el Norte, hasta Cadavedo, ya en la costa. Hacia el Sur, este despegue se resuelve en anticlinal y en la región del río Sil se encuentra la serie ligeramente invertida, sin plic-

gues secundarios, constituyendo el flanco norte del gran sinclinal que se inicia hacia el Sur.

Este arco volcánico y la fosa que se sitúa paralelamente a él son, pues, los primeros condicionamientos paleogeográficos claros que han dado lugar posteriormente, tras nuevas características paleogeográficas y tectogenéticas, a la configuración del Arco o Rodilla Astúrica.

Es interesante señalar que la actividad de estos fenómenos, volcanismo y subsidencia de la fosa, han sido contemporáneos a las fases Toledánica e Ibérica señaladas por F. Lotze, en otros puntos de la Península Ibérica.

CONCLUSIONES

1.^a En el N.-W. de la Península Ibérica se pueden diferenciar durante el Paleozoico inferior dos dominios asimilables provisionalmente a los conceptos de Prefosa y Miogeosinclinal.

2.^a En el N.-W. de la Península parece haber existido una posible laguna estratigráfica del Cámbrico inferior más alto, entre los niveles de calizas y dolomías grises y los de calizas rojas nodulosas y/o pizarras verdes con fauna.

3.^a Al iniciarse el Cámbrico medio se constituye un umbral en el borde interno de la Prefosa, en el cual se instala un arco volcánico cuya actividad principal persiste durante todo el Cámbrico medio y superior y el Ordovícico inferior, con un volcanismo básico que después de un período de reposo durante el Ordovícico medio, manifiesta sus últimos estadios magmáticos en el Caradoc-Ashgill con efusiones básicas más ácidas que en el estadio anterior.

4.^a Simultáneamente a la actividad de este arco volcánico se produce una gran subsidencia en el borde externo del Miogeosinclinal, dando lugar a una fosa que se colmata constantemente por el gran volumen de aporte detrítico que recibe. Esta fosa es equiparable a las que generalmente se sitúan en la parte convexa de los arcos volcánicos actualmente activos.

5.^a Esta fosa se rellena con la serie ininterrumpida de materiales que se depositan entre el comienzo del Cámbrico medio y el final del Ordovícico, los cuales llegan a alcanzar potencias de casi 12.000 m., mientras en la prefosa se sedimenta una serie con potencias que no alcanzan los 1.000 metros, y generalmente con laguna del Ordovícico medio y superior, debido a los movimientos epirogénicos que elevan toda esta región.

6.^a Este arco volcánico ha sido el primer condicionamiento paleogeográfico que ha dado lugar a la configuración del Arco Astúrico.

7.^a—Estos fenómenos de volcanismo y subsidencia miogeosinclinal son contemporáneos a las fases Toledánica e Ibérica.

BIBLIOGRAFÍA

- Carte geologique du Nord-Ouest de la Peninsule Iberique.* (1968). Publicada por el Grupo de Geólogos del N. W., bajo la dirección de I. Parga-Pondal. En prensa.
- FÄRBER, A. y JARITZ, W. (1964). *Die Geologie des Westasturischen Küstengebietes zwischen San Esteban de Pravia und Ribadco* (N. W. Spanien). «Geol. Jb.», 81, 679-783.
- GARCÍA DE FIGUEROLA, L. C. (1961). *Las rocas del Cámbrico: I. De los afloramientos del Cabo de Peñas.* «Not. y Comun. del Inst. Geológico y Min. de España», número 63, pp. 141-162.
- (1962). *Interpretación de algunos datos petrológicos del Cámbrico asturiano.* «Revista de la Facultad de Ciencias de Oviedo», t. III, núm. 1, pp. 75-93.
- JULIVERT, M. (1967). *La ventana de Río Monasterio y la terminación meridional del Manto del Ponga.* «Trabajos de Geología número 1, Fas. Ciencias Universidad de Oviedo».
- LOTZE, F. (1945). *Emige Probleme der Iberische Meseta.* «Geotekt. Forsch», 6, 1-12.
- y SDZUY, K. (1961). *Das Kambrium Spaniens. I. Stratigraphie.* «Abh. Mat. Natur. Klass», 6, 285-438.
- MATTE, Ph. (1968). *La Structure de la Virgation Hercynienne de Galice* (N. W. de l'Espagne). «These, Université Montpellier», En prensa.
- PARGA, J. R. (1967). *Sobre la distribución de las manifestaciones efusivas en el Cámbrico de Asturias y León.* «2.^a Reunión sobre geología del N.-W. de la Península Ibérica». En prensa.
- PARGA-PONDAL, I.; MATTE, Ph., y CAPDEVILA, R. (1964). *Introducción a la geologie de l'Ollo de Sapo. Formation porfiroide antesilurienne du Nord-Ouest de l'Espagne.* «Notas y Com. del Inst. Geol. y Min. de España», número 76, 119-154.
- RADIG, D. (1962). *Ordovizium, Silurium und die Frage prävariscischer Faltungen in Nordspanien.* «Geol. Rundsch», 52, 346-357.
- SDZUY, K. (1967). *Trilobites del Cámbrico del Oriente de Asturias.* «Trabajos de Geología núm. 1, Fas. Ciencias Universidad de Oviedo».
- UMBROGROVE, J. H. F. (1945). *Diferent types of island arcs in the Pacific.* «Geog. Journ.», 106 (5-6), 198-209.
- WALTER, R. (1966). *Resultados de investigaciones geológicas en el Noroeste de la provincia de Lugo* (N.-O. España). «Not. y Comun. del Inst. Geológico y Min. de España», número 89, pp. 7-16.
- ZAMARREÑO, I. y JULIVERT, M. (1967). *Estratigrafía del Cámbrico del oriente de Asturias y estudio petrográfico de las facies carbonatadas.* «Trab. de Geol. núm. 1. Fas. Ciencias Universidad de Oviedo», 135-163.

Recibido el 6-II-68.

Nota previa sobre el descubrimiento de un yacimiento de fósiles cuaternarios en la ría de Ea (Vizcaya)

por J. A. ESPEJO y T. DE TORRES

ABSTRACT

This is just a note for giving knowledge of an interesting discovery of modern fossils on the right side of the mouth of the Ea river, north of the village of the same name. This village is located on the northern coast of Spain in the east part of the Vizcaya county.

The discovery consists of well preserved and abundant remains of Equus belonging to the lower Villafrankense (Pliocene).

RÉSUMÉ

Cette notification a pour motif la découverte d'un gisement de fossiles modernes à la rive droite de la rivière Ea, au nord du village du même nom.

Ce village est situé sur la côte du Nord de l'Espagne, dans la partie orientale de la province de Vizcaya. Il s'agit de restes abondants et bien conservés de Equus se rapportant au «Villafranquien» inférieur (Pliocène).

El descubrimiento del yacimiento objeto de esta nota fue motivado por la realización del levantamiento del mapa geológico de la mitad oriental de la provincia de Vizcaya, a escala 1:50.000, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España.

DESCRIPCIÓN DEL YACIMIENTO

Los restos se encuentran formando un conglomerado compacto, pero no duro, con cemento arcilloso en la margen derecha de la ría de Ea.

Debido a que en pleamar queda cubierto por las aguas, y en condiciones de temporal bate con fuerza en esta zona, el estado del yacimiento es bastante precario y su conservación imposible, por lo que en un futuro no lejano quedará totalmente arruinado, por lo tanto, nos parece evidente la necesidad de unas visitas a corto plazo, dado su interés.

El aspecto general de conservación de los restos es bueno. Se encuentran sin roturas importantes y no presentan señales de erosión ni de

arrastre; es notable la existencia de cráneos completos, no obstante, sólo se pueden extraer en condiciones de integridad piezas dentarias con fragmentos mandibulares, algunos huesos largos excepcionalmente sólidos, como los metapodos, y huesos articulares. Esto es debido a que los restos se encuentran intensamente meteorizados por el agua marina, así como por la lluvia, llegando en algunos puntos a encontrarse unas capas de algas de agua dulce, que aceleran este proceso de descomposición.

De encontrarse este yacimiento en un lugar aislado de las influencias de la marea, se podría proceder a un secado previo con acetona, proceso laborioso, que debido a su larga duración es incompatible con los tiempos de bajamar. De aquí que para la extracción de los restos sea necesario romper gran cantidad de piezas colindantes.

ESTRATIGRAFÍA DEL YACIMIENTO

A primera vista llama la atención esta aglomeración de restos en una zona marina sin que exista

un «recipiente» geológico que los contenga, ya que actualmente consiste en una grieta que se abre a la ría en la que están «pegados» a una altura de tres metros sobre el suelo, formando un conglomerado de dos metros de potencia sobre la pared derecha, y quedando sólo trazas en la izquierda. Aclara considerablemente la visión, el hecho de que en las zonas del yacimiento, frontera con la roca envolvente, caliza urgoniana, aparece caliza estalactítica y en la pared derecha restos de un lapiaz subterráneo inverso muy erosionado. Suponemos por tanto que el yacimiento inicial fue una sima que se abría siguiendo una diaclasa, más o menos alejada, de un acantilado que estos animales por causas que luego se citarán cayeron a su fondo, lo que explica la compacidad del yacimiento, y que posteriormente, debido al avance de la erosión costera, ha sido «capturada» por la ría, siendo la dirección principal de abrasión la propia diaclasa, que permitió la formación de la sima, lo que es causa de la existencia de la grieta.

DIAGNOSIS

Todos los restos encontrados pertenecen a un sólo género animal, el *Equus*, y casi todos corresponden a animales adultos pero jóvenes, ya

que las piezas terminales de muchas series dentales se encuentran en germen.

Aún antes de una clasificación de la especie en cuestión, podemos afirmar, con las naturales reservas, que se trata de un Cuaternario antiguo; la abundancia de animales en el mismo hace pensar en una biocenosis de pradera, en la que predominase el caballo además en hordas, que habitan esta región de clima atlántico.

El género *Equus* aparece en el Villafranquiense inferior, Plioceno, y llega hasta nuestros días tras una serie de mutaciones, pero solamente alcanza preponderancia en la distribución de especies durante el Cuaternario antiguo, para luego decrecer en importancia. De la abundancia de restos en el yacimiento puede deducirse que estos restos datan de un Cuaternario antiguo, aunque todo intento de buscar un matiz más exacto deberá hacerse a partir de una biometría comparativa, muy exacta, de los restos.

* * *

En fecha próxima se dará a publicación un completo estudio de los fósiles recogidos hasta ahora en este importante afloramiento.

Recibido 10-IV-69.

Investigaciones auríferas en la provincia de Cáceres

por J. PEREZ REGODON (*)

INTRODUCCIÓN

Desde tiempo inmemorial se viene hablando de los criaderos auríferos de Extremadura. Egozcue y Mallada en su libro «Descripción Geológica y Minera de la provincia de Cáceres» (1876), hace cita del artículo sobre minerales auríferos de Extremadura, de D. Amalio Maestre, publicado en la página 259 del tomo I de la Revista Minera (1850), y señala los grandes pozos atribuidos a la época de los romanos, practicados en los términos de Membrio, San Vicente y Valencia de Alcántara. Los mismos autores dicen que en el año 1594 se hicieron varias investigaciones al efecto de orden del Gobierno. En varios años del siglo pasado se concedieron cédulas de minas de oro, y por los años 1828 al 30, refiere Don José Viú haber visto un ejemplar procedente de Cebollino del tamaño de dos puños, descubrimiento que motivó varias labores en la dehesa de la Clavería, del citado término, donde por referencias de antiguos trabajadores se aseguraba haber encontrado una veta de tierra en la que se veía el oro como granos de trigo. Posteriormente se encontraron también en las inmediaciones de dicho sitio pepitas de gran tamaño y una veta de cuarzo aurífero en la dehesa del Castillo, camino de las aceñas de Mendieta.

Los mismo autores señalan, «otros filones de cuarzo aurífero se han encontrado cortando las pizarras de varios puntos de la Sierra de Gata y de las Hurdes, pero a nuestro juicio no pueden ser objeto de formales explotaciones. Hace poco tiempo se vieron también otras gruesas pepitas de oro en la Sierra de Cañaveral, pero han sido infructuosas las diligencias para buscar en el mismo sitio otras nuevas. Por los datos que hemos tomado en el país podemos asegurar que no merecen los aluviones auríferos de Extremadura la exposición de capitales para su beneficio. Varias sociedades han visto defraudadas sus esperanzas, y entre ellas recientemente una extranjera que,

después de instalar aparatos de lavado en la ribera del Eljas, al N. de Zarza la Mayor, tuvo que desistir de su empresa.

La cuestión se reduce a lo que viene siendo desde años.

Unos 50 vecinos del pueblo de Montehermoso buscan por los regatos y riberas en los sitios bien conocidos por ellos, arenas removidas recientemente por las lluvias. A fuerza de repetidos lavados sacan pequeñas cantidades de oro, por las que les pagan mezquinamente un trabajo más fatigoso y seductor que de utilidades positivas.

Los puntos donde con frecuencia se afanan pacientemente tras el codiciado metal, son las riberas del Eljas y de Gata, los ríos Tralgas y el Arrago, ciertas secciones del Alagón y del Jerte y los regatos de las Hurdes.

Indudablemente el oro de los aluviones de estos ríos procede de filones y costras de cuarzo intercalados en las pizarras, a los cuales sólo la fuerza de la naturaleza, a través de los siglos, puede arrancar en la gran escala necesaria para tan pequeños productos, granillos de oro que lenta y pobremente acompañados, descienden a los regatos envueltos en una inmensidad de detritus».

Por compartir íntegramente la opinión de tan ilustres y distinguidos geólogos sobre los filones de cuarzos auríferos y el origen de los placeres auríferos en los aluviones de algunos ríos de la provincia, tanto por la información directa que teníamos sobre este asunto, como por el resultado de la investigación que hemos realizado en término de Calzadilla y otros puntos de la provincia de Cáceres, el autor ha considerado conveniente transcribir lo que antecede con el fin de avalar sus propias opiniones sobre el particular, que serán expuestas en las conclusiones de este estudio.

En realidad, el lavado tradicional de las arenas de los ríos y arroyos citados por determinados vecinos de Montehermoso con bateas de gran tamaño, que ellos mismos se fabrican, se reducía a las depositadas en el propio cauce del río en las

(*) Ingeniero de la División de Minería del IGME.

épocas de estiaje, cuando consecuentemente éste reducía su caudal y les era permitido penetrar en su interior para lavar las arenas arrastradas y removidas por las corrientes invernales.

De todas formas esto no se podía considerar como una industria continua ni generalizada, sino como un trabajo de artesanía por los especializados en el manejo de la batea durante los días de asueto en los que la compensación a su esfuerzo era completamente fortuita.

En el número 7 de Notas y Comunicaciones (1936), el Ingeniero de Minas, E. Rubio, en su Nota acerca de los aluviones auríferos de los ríos Alagón y Jerte, de la provincia de Cáceres, transcribe lo que textualmente decía L. P. Cosío (1924), «En la provincia de Cáceres, en los cauces de los ríos Alagón, Jerte, Arrago y Eljas, se encuentra el oro en todas ellas, pero para su explotación beneficiosa sólo deben atacarse los aluviones antiguos», y sigue, «El que esto escribe reconoció hace pocos años los aluviones antiguos de la provincia de Cáceres sobre el río Alagón, encontrando, después de quince días de continuos lavados a la batea una ley media de 1,05 gramos en tonelada (2,5 gramos por metro cúbico), pero descontando de la masa de aluviones más de las dos terceras parte del volumen por inproductivo».

En el año 1936, y como consecuencia de los escritos presentados por los alcaldes de los Ayuntamientos de Montehermoso, Jerte, Cabezuela del Valle y otros varios, solicitando les fuera concedida por el Estado una subvención para el lavado de las arenas auríferas de los ríos Alagón y Jerte, al objeto de remediar en lo posible el paro obrero, el Ingeniero Vocal del IGME, E. Rubio Sandoval, informó favorablemente a dichas aspiraciones después de conocer los resultados de un desmuestre, que como avance a una investigación efectuada en los aluviones de una zona determinada de las márgenes de los ríos Alagón y Jerte, en una longitud de 2.450 metros a lo largo del curso del río Alagón, contados aguas arriba a partir de su confluencia con el río Jerte, y 1.400 metros a lo largo del curso del río Jerte, contados aguas abajo a partir de Galisteo.

Las muestras tomadas las separa en cuatro grupos.

1.º Muestras de arenas de los bordes y aluviones recientes de los ríos que no dan vestigios de oro de 18 muestras.

2.º Parte superior del banco de aluviones antiguos en un espesor de 1,50 metros, con una ley media de 0,1012 gramos de oro por tonelada de 7 muestras.

3.º Parte inferior del banco de aluviones antiguos en un espesor de 1,00 metros con una ley

media de 1,0099 gramos por metro cúbico de 11 muestras.

Según el mismo autor, en los residuos de lavado, acompaña al oro la ilmenita, sobre todo en el río Jerte, donde el mineral es tan abundante que puede alcanzar la cifra de 20 Kg. por tonelada, siendo objeto circunstancial de su beneficio por los naturales del país mediante el lavado de las arenas con sluices rudimentarios.

Con los datos aportados por esta explotación hace un estudio económico sobre la posible explotación de estos aluviones en el supuesto de que una investigación adecuada confirmara estos resultados previos, para llegar a una conclusión positiva y satisfactoria.

Presdinciendo de la alteración del valor de los factores que intervienen en el precio de coste, entonces (mano de obra, jornal 10 pts., hoy con cargas sociales 276,21 pts. y del precio del oro entonces (8,90 pts. gramo, hoy 101 pts.), en los que salta a la vista una proporción desfavorable, las circunstancias locales han cambiado también con el mismo signo. Se han construido presas de embalse que regulan el caudal de estos ríos y puesto en regadío los valles de los mismos, a lo que se dedican los caudales disponibles con la consiguiente revalorización de las tierras que habían de ser objeto de explotación.

ANTECEDENTES

Como consecuencia del escrito del Sr. Utrera Muñoz, se formaliza la reserva provisional a favor del Estado de la siguiente zona:

Se tomará como punto de partida el centro de un zahurdón cilíndrico de unos 5 m. de diámetro, en el cercado de D.ª Magdalena Pablo Campos, que está con respecto a la esquina SO. de la casa de la antigua mina, al Sur 291,70 m. y al Este 182,00 m.

Desde el referido punto de partida se medirán 500 m. al Este y se colocará la primera estaca. Desde ésta, 500 m. al Sur, la segunda desde ésta 1.200 m. al Oeste, la tercera; desde ésta 1.500 m., al Norte, la cuarta; desde ésta 1.200 m. al Este la quinta; y desde la quinta estaca a la primera, se medirán 1.000 m. al Sur, para cerrar el perímetro de la reserva, con una superficie de 1,80 Hectáreas, todas ellas ubicadas en el término municipal de Calzadilla de Coria, de la provincia de Cáceres.

Fue encomendada la ejecución de las labores de investigación al Instituto Geológico y Minero por un período de dos años a partir del 17 de noviembre de 1965, prorrogables en el caso de que los resultados de la investigación así lo aconsejaran.

Se dispuso de los créditos necesarios el 22 de

noviembre de 1967, fecha en que dieron comienzo los trabajos.

SITUACIÓN

La mina «Chivote», sobre la cual recayó la reserva provisional a favor del Estado, antes aludida, ha sido objeto de permisos de investigación recientes repetidas veces, habiendo sido el último con el nombre de «La Santanderina», núm. 8.296, otorgado con fecha 16 de mayo de 1957 para la investigación de estaño y oro, y caducado en el año 1960, sin haberse realizado labores modernas.

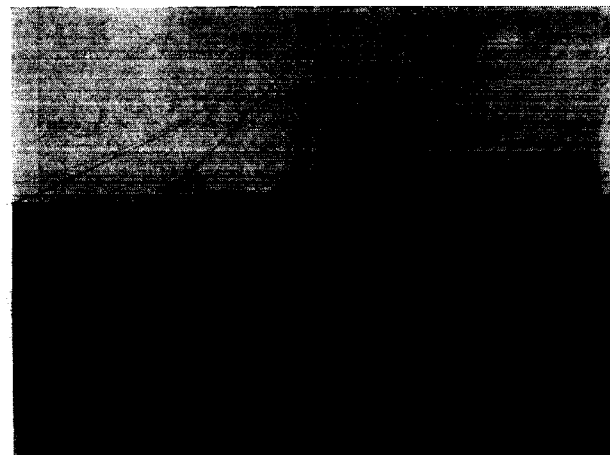


Foto 1.—Vista de las antiguas labores en la mina del «Chivote».

Se ubica en el paraje del «Redondillo», del término municipal de Calzadilla, sobre la margen derecha del arroyo de Patana, afluente del río Arrago, tributario del río Alagón.

La mina en cuestión se señala en el terreno por antiguas labores (fot. núm. 1), que se atribuyen a la época romana, por haberse localizado en sus proximidades la cimentación de una casita en la que se encontraron trozos de cerámica, útiles de aquella época y un trozo de pizarra arcillosa gris con una inscripción en la que puede leerse

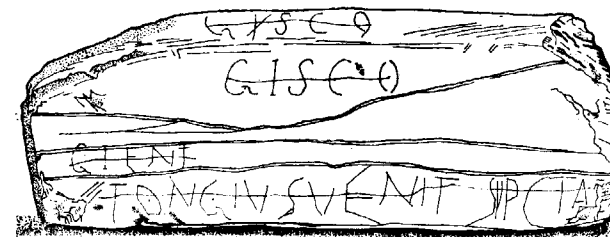


Fig. 1.

«Gisco giene tongius venit supcta», la cual se conserva en el Museo Arqueológico de Cáceres, y de la que los expertos han traducido: A Gisco de Gieno Tongio llegó. Sospecha o bien espera (fig. 1).

También pudimos apreciar un pozo rectangular, sección de 1,00 × 1,50 m. y 3 m. de profundidad, que se debió de iniciar en esta época por estar excavadas en sus paredes frontales más próximas, pequeños entrantes que servían de apoyo a los pies en el acceso al mismo, según tenían costumbre y hemos visto en pozos romanos practicados en algunas minas de la provincia de Huelva.

Por la tradición entre los vecinos de Calzadilla, el nombre de mina del «Chivote» procede de haberse encontrado en la mina un chivo de oro o figura que lo recordara.

GEOLOGÍA COMARCAL

Gran parte de la comarca está representada por pizarras cámbricas, entre las que afloran algunos batolitos graníticos de mucha más limitada extensión, como el que forma la sierra de Santa Olalla, al NE. de Cilleros, el situado al N. de Pozuelo de Zarcón, y el situado entre Pozuelo de Zarcón y Montehermoso. Todos bastante alejados de la zona de estudio.

La formación cámbrica sirve de substrato a los depósitos de Neógeno, el cual se desarrolla en esta zona ocupando parte de los términos de Cilleros, Moraleja, Huelaga, Casa de Gómez y Coria, para penetrar por el Sur en término de Calzadilla (Plano I).

El cámbrico está representado por las pizarras arcillosas y sílico arcillosas con rumbo de NO a SE, y con ligero buzamiento al NE, siguiendo la directriz orogénica del plegamiento herciniano.

Concentrándonos a la zona de nuestro estudio, estas pizarras llevan dirección N 40° O, y buzamiento al NE de 70° a 80°, cortadas por diaclasas normales a esta inclinación, fracturas que en definitiva son los planos que sirven de base al modelado de la superficie del terreno en el proceso erosivo por la acción de los agentes exteriores (fotografía número 2).

Entre estas pizarras se manifiestan con gran profusión filones de cuarzo, en general con igual rumbo, fenómeno muy generalizado en estas formaciones, aunque sin marcada continuidad en sus afloramientos, los cuales emergen muchas veces sólo en rodales aislados y con digitaciones indefinidas.

Entre estos cuarzos existen variedades blancas lechosas y compactas desprovistas de toda impu-

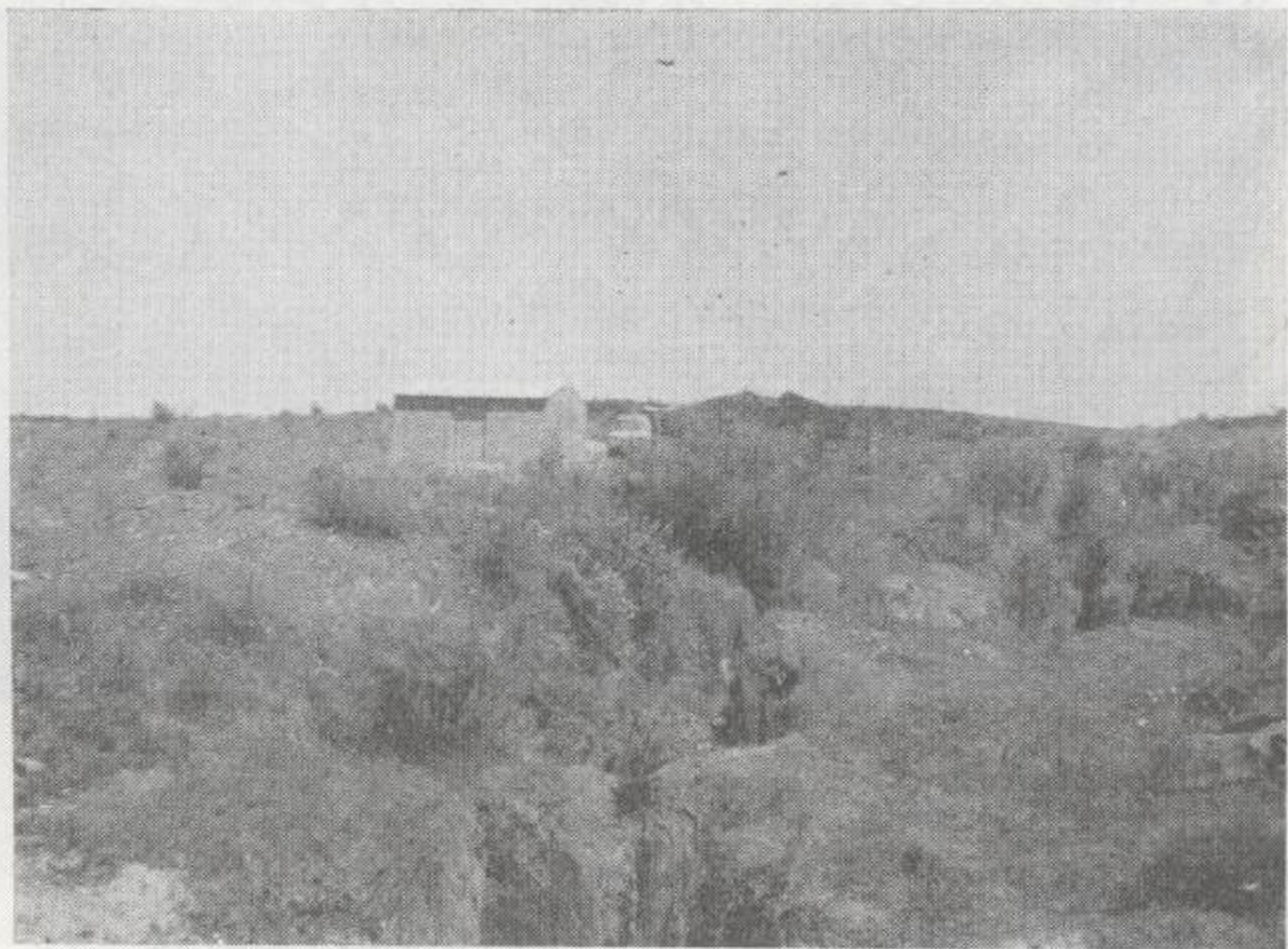
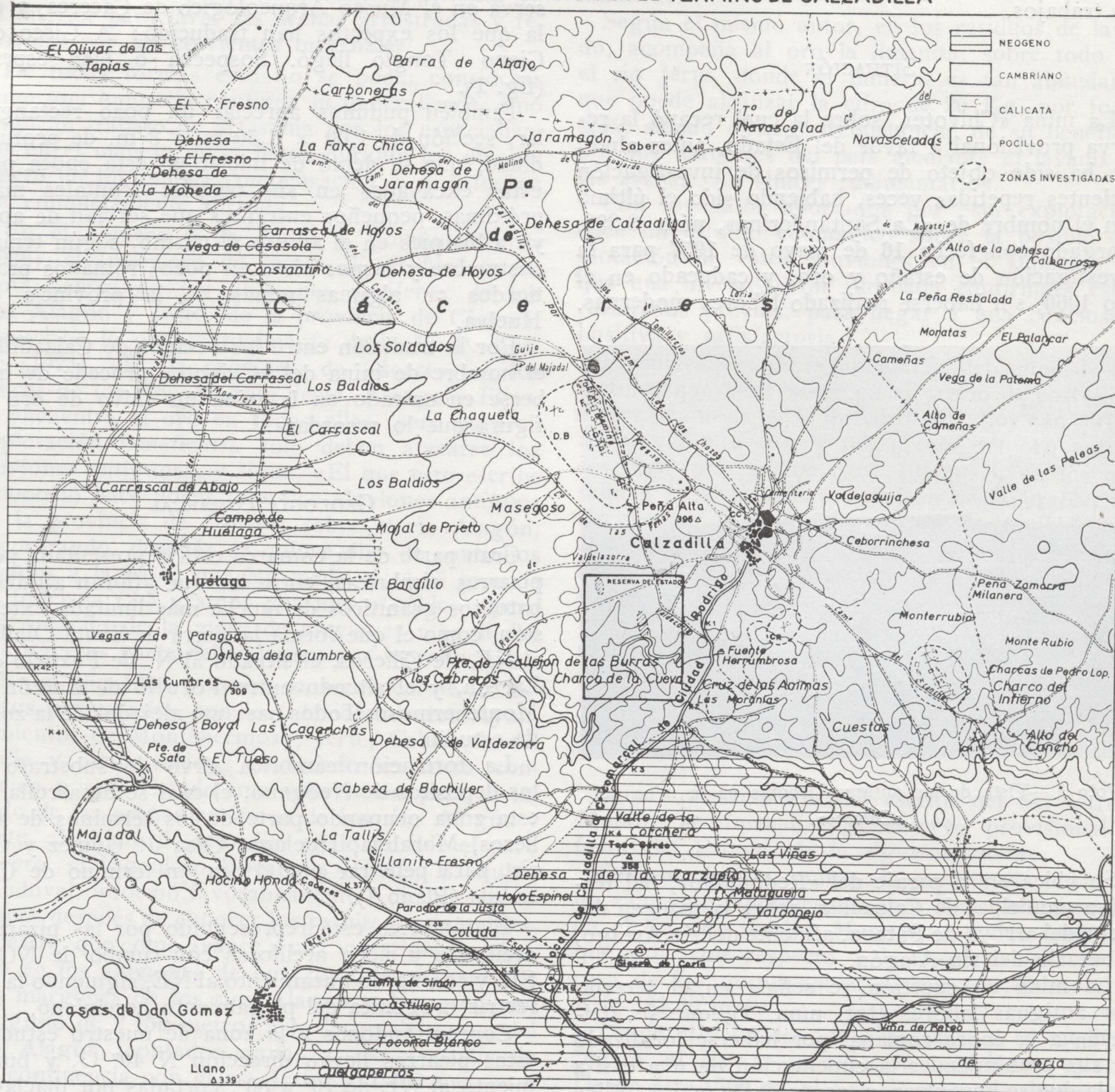


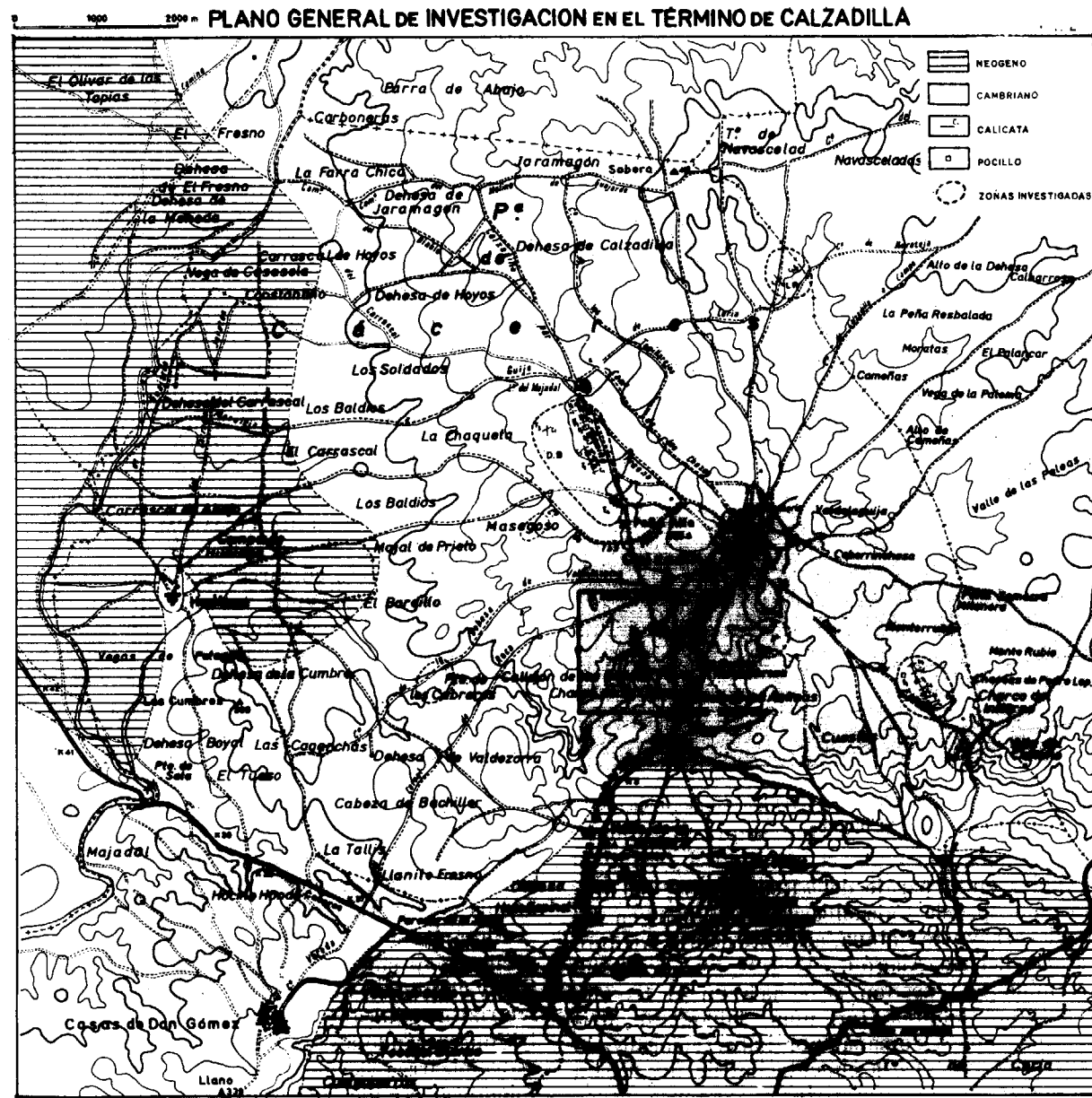
Foto 1.—Vista de las antiguas labores en la mina del «Chivote».

0 1000 2000 m

PLANO GENERAL DE INVESTIGACION EN EL TÉRMINO DE CALZADILLA



Plano I.



Plano I.

reza o metalización, y accidentalmente con pequeñas geodas que engloban agrupaciones cristalinas. Otros son de brillo vítreo de color rosáceo e impurificadas con mica sericítica, accidentalmente con piritas de hierro y con menos frecuencia piritas arsenicales; este último tipo de cuarzos son los más propios y que de hecho acusan la presencia del oro, aunque sea en pequeñas cantidades.

Excepcionalmente se encuentra algún filón, como el que por llamar nuestra atención por su potencia y oxidación, fue también objeto de in-

vestigación en el paraje de «Fuente de los Fré-gigos», del término de Calzadilla, con potencia de 1,50 metros e impregnación de óxido de hierro, circunstancias por la que es conocido con el nombre de filón de hierro.

Aparte de la discontinuidad en la corrida de los filones de cuarzo, su potencia en general no pasa de 30 centímetros, ni tienen caja definida en longitud y profundidad, ya que aunque concordan con la dirección de las pizarras en general han rellenado en su ascenso grietas que no coin-

ciden exactamente con los lechos de sedimentación, a los que cortan aumentando o disminuyendo su sección o interrumpiéndose localmente en profundidad con digitaciones entre las pizarras que aprisionan.

Los cuarzos, en su disolución hidrotermal, al ascender por las grietas de la formación pizarrosa se extienden por las fracturas de las diaclasas pseudohorizontales, en las que crea una costra silícea.

rece que en las zonas donde este proceso ha sido menos acusado vemos cuarzo y sericita alternando con un débil fajeado, creo se podría tratar de un semiesquistoso. Esta roca presenta distribuido en forma irregular material carbonoso.

ESTUDIO PETROGRÁFICO DE UNA MUESTRA DE CUARZO DEL FILÓN PRINCIPAL INVESTIGADO DE CALZADILLA

Reconocimiento de visu: Roca blanquecina, con partes negruzcas de ligera textura esquistosa, compacta y de fractura irregular. Presencia de mispíquel diseminado en zonas de la muestra.

Estudios microscópicos:

Composición mineral: Parte blanca, cuarzo y accesoriamente algo de opacos; parte negra, cuarzo, sericita como componentes principales y opacos como accesorios.

Textura: La parte blanca forma un mosaico recristalizado. La parte negra, una textura esquistosa.

Observaciones: Los cristales de cuarzo se presentan bien desarrollados, algunos tienen un tamaño de grano de hasta 3,5 mm. Estos cristales de cuarzo, en el borde se disponen en forma que el eje C es perpendicular a la pared del filón, esto indica cierta deposición sobre la pared, efectuado en un ambiente fluido, por lo que parece tratarse de un filón hidrotermal.

La parte negra presenta una textura esquistosa, donde las laminillas de sericita se orientan paralelamente entre sí.

Se observan opacos en cantidad menor del 2 por 100, por lo que, desde el punto de vista industrial carecen de valor, para su identificación sería necesario un estudio por luz reflejada.

Clasificación: *Filón hidrotermal de cuarzo con fragmentos de esquistoso sericítico.*

GÉNESIS DE ESTOS YACIMIENTOS

Bajo el punto de vista geoquímico, el oro es predominantemente calcófilo. No se combina con el azufre, pero sí con el telurio, y aparece también en los yacimientos metálicos sulfurados. Al mismo tiempo tiene un notable carácter siderófilo, ya que el hierro de los meteoritos contiene por término medio, 5 g. de oro por Tm.

La red cristalina de la piritas, y especialmente la de las menas arsenicales, es muy parecida a la del hierro metal, razón por la que piritas, y en particular el mispíquel, son habitualmente los principales portadores de oro entre los minerales.

En cuanto al orden de deposición en el pro-

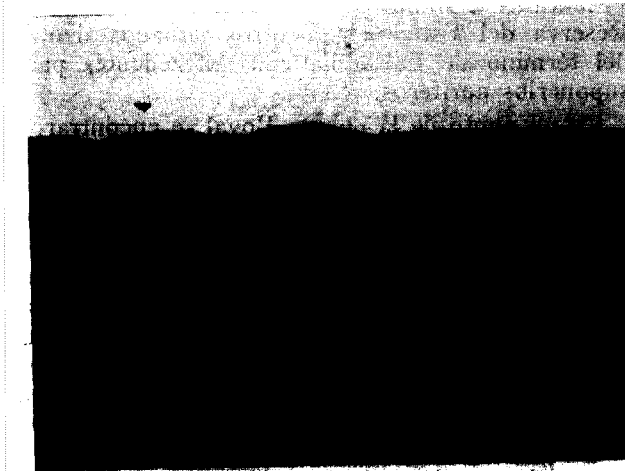


Foto 2.—Vista panorámica del paisaje en la mina del «Chivote», en la que se aprecia las alineaciones de afloramiento de las pizarras cambrianas, rumbo N. 40° O.

ESTUDIO PETROGRÁFICO DE UNA MUESTRA DEL DENOMINADO FILÓN DE HIERRO DEL PARAJE DE LA FUENTE DE LOS PRÉGIGOS EN TÉRMINO DE CALZADILLA

Observación macrascópica: Roca presentando superficie impregnada de óxidos de hierro, pero su verdadero color es gris con algunas impregnaciones rojizas. Los filones de cuarzo que forman el conjunto de la corrida son blancos, bastantes rectos, y el más estrecho de los que se pueden observar tiene una anchura de 2 mm.

Estudio microscópico: Los filones están formados por cuarzo de cristales bien desarrollados y bordes rectos. Hemos observado cómo en la zona del borde del filón, el cuarzo dispone sus cristales de forma que el eje C es perpendicular a la pared del filón, esto nos indica la deposición de ese cuarzo sobre la pared, y este proceso se habría efectuado en un ambiente fluido, por lo que lógicamente se trataría de un filón hidrotermal.

La roca de caja tiene como característica la fuerte impregnación de óxidos de hierro y la casi total silicificación de la roca primitiva, por lo que es difícil saber de qué tipo de roca se trataba, pa-

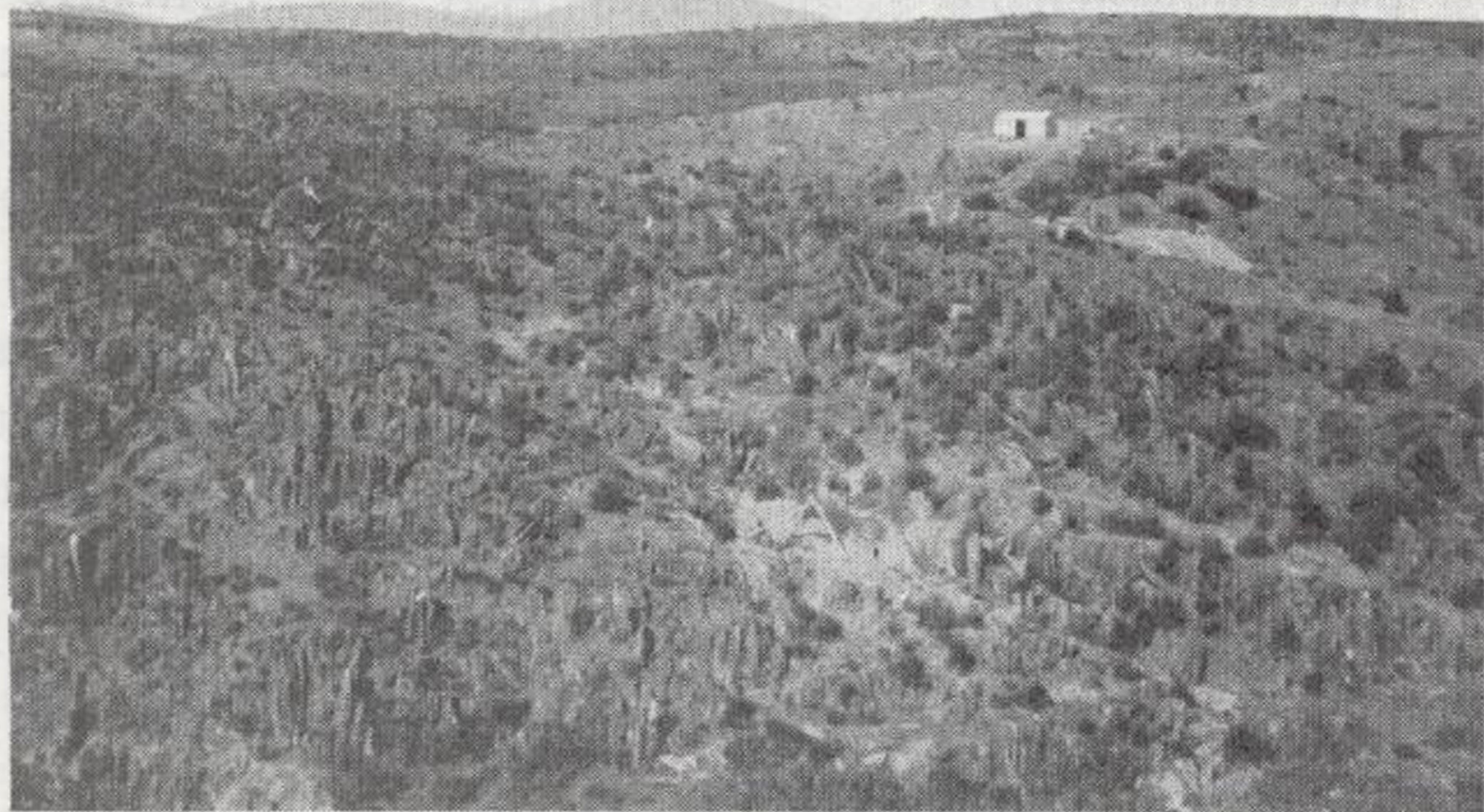


Foto 2.—Vista panorámica del paisaje en la mina del «Chivote», en la que se aprecia las alineaciones de afloramiento de las pizarras cambrianas, rumbo N. 40° O.

ceso de consolidación magmático-intrusivo, el oro inicia su consolidación en forma de oro nativo en el período pneumatolítico, acompañando frecuentemente a la casiterita en los filones donde se explota este óxido, y sigue en el período hidrotermal asociado a la piritita del hierro y arsenical o en forma de telururos y de forma normal aleado a la plata en mayor o menor proporción. En nuestro caso, una muestra de preconcentrado del cuarzo molido del filón ha acusado en el análisis químico la presencia de los siguientes elementos: As, S, Fe, Cu, Pb, Ni, Co, Zn, Sn, Ti, Si y Al, en las proporciones que se indican referidas al peso del preconcentrado.

ZONAS DE LA PROVINCIA DE CÁCERES EN LAS QUE HEAMOS PRACTICADO INVESTIGACIONES AURÍFERAS

Al mismo tiempo de llevar a efecto las investigaciones de oro en la reserva del Estado y otros puntos del término de Calzadilla, en el período de tiempo comprendido entre el mes de diciembre de 1967 y el mes de mayo de 1968, se han practicado pequeñas obras de investigación con la toma de muestras y análisis por oro de las mismas en la zona de confluencia de los términos de Robledillo de Gata, Descargamaria, Hernán Pérez, Cadalso y Santibáñez el Alto del norte de la provincia y del término de Cañaveral de la parte central.

INVESTIGACIONES REALIZADAS EN TÉRMINO DE CALZADILLA. ZONA DENTRO DE LA RESERVA, MINA DE «CHIVOTE»

Señalada en el terreno por las antiguas labores mineras a que hemos hecho alusión, las cuales consisten en calicatas que se unen casi de manera continua con profundidades variables, con rumbo NNO, siguiendo la corrida de un filón de cuarzo en una longitud de 78 metros. Por uno y otro extremo de estas labores no se aprecia el más leve indicio de afloramiento de la corrida del filón, y en el espacio comprendido dentro de las mismas, sólo en forma de guía entre calicatas sucesivas, que no siguen exactamente la dirección de las pizarras.

Los hechos que anteceden nos proporcionaron en sí datos poco alentadores para formar un juicio previo favorable de los resultados de la investigación que se nos había encomendado realizar.

A la vista de lo expuesto, se hacía preciso limpiar las calicatas antiguas para reconocer el filón, realizar calicatas y pocillos sobre la alineación de la corrida para apreciar su posible continuidad y perforar un pozo de investigación a mayor profun-

dididad, obras que aportarán datos de orientación sobre una posible cubicación y la correspondiente toma de muestras para la determinación de su contenido en oro.

Pero aún estas obras las considerábamos insuficientes, habida cuenta de la escasa potencia de estos filones para aportar una cubicación que pudiera servir de base a una instalación para el tratamiento «in situ» de estos cuarzos, por ello ampliamos la zona de investigación por pocillos y calicatas a filones de cuarzo localizados en la Reserva del Estado, y a otros situados dentro del término de Calzadilla con antecedentes para suponerlos auríferos.

En un punto de la dehesa Boyal se encontraron últimamente una pepita de cuatro gramos y en otro, otra pepita incrustada en cuarzo, lo cual nos sirvió para localizar e investigar los filones próximos.

En el paraje de la «Fuente de los Prégigos» existe un filón de cuarzo con pizarra silicificada de un km. de corrida y 1,50 de potencia con impregnaciones de óxido de hierro, por lo que le conocen con el nombre de «Filón de hierro», que fue también objeto de investigación en varios puntos de su corrida.

Además, se investigaron filones en distintos parajes de la dehesa Boyal (Camino de la laguna del Majadal, de Masegoso y Majadal de las Vacas), Las Pedreras, Camino de la Cruz de Cáceres, Camino de Rubiño, Charco del Infierno.

Todos estos filones son discontinuos en sus afloramientos y excepcionalmente su potencia pasa de los 0,30 m.

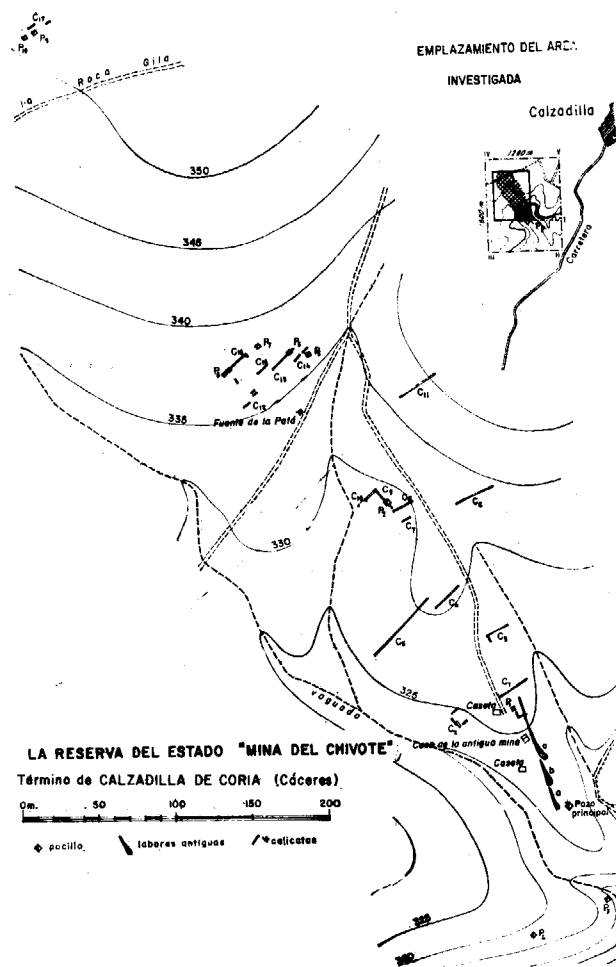
Labores de investigación en la reserva del Estado.

En el plano II (página 7) están situadas las labores antiguas de la mina del «Chivote», el pozo de investigación principal, las calicatas que se realizaron para localizar la corrida de los filones y los pocillos de investigación efectuados sobre los filones cuando afloraban o después de localizadas por las calicatas. Igualmente están situadas las dos casetas que se hicieron para albergue del personal y almacén del material utilizado en la investigación, por ser el punto donde se realizaron mayor concentración de labores. En el Plano I se sitúan todos los parajes del término de Calzadilla, a donde extendimos la investigación.

Filón principal. Resultados de la investigación

Al tiempo de ir perforando el pozo principal con sección de 2 x 3 metros, provisto de entibación

con el binocular en los concentrados procedentes de la molienda de los mismos. El oro se encuentra, pues, en forma metálica, aleado con plata en proporciones pequeñas de este metal, circunstancias que hubieran favorecido su beneficio en el supuesto de un mejor rendimiento.



Plano II.

y departamento con escalas para el acceso, foto número 3, ubicado en las proximidades del filón, con miras a investigarlo en profundidad, se procedió a la limpieza de las antiguas labores con ayuda del correspondiente equipo de desagüe. Mediante este trabajo de limpieza pudimos comprobar que las partes más profundas correspondían a los puntos a, b y c (Plano II), con profundidades entre 10 y 11 m., donde el filón, aunque con algunas variaciones de potencia podría sacarse una media no mayor de 0,10 metros.

Los cuarzos de este filón de origen hidrotermal, según se deduce del estudio microscópico realizado, desprovistos a simple vista de metalización o con piritita de hierros y arsenical en zonas, pueden tener esporádicamente alguna pepita de oro visible y con mayor o menor ley pajuelas o laminillas de contornos muy irregulares, apreciables



Foto 3.—Vista del pozo principal en ejecución en la mina del «Chivote», con sección de 2 x 3 m. y entibación con departamento de escalas. Profundidad alcanzada, 19 m.

Resultados del análisis

Una vez efectuada la limpieza de las labores antiguas se tomaron tres muestras con peso de 20 kilogramos en cada una de las zonas del filón, señaladas con las letras a, b y c, que analizadas por su contenido en oro dieron:

Muestra a ₁	contenido en oro	40 g/Tm.
» a ₂	»	70 »
» a ₃	»	46 »
Ley media en oro		52 g/Tm.
Muestra b ₁	contenido en oro	6,2 g/Tm.
» b ₂	»	5,8 »
» b ₃	»	6,0 »
Ley media en oro		6,0 g/Tm.

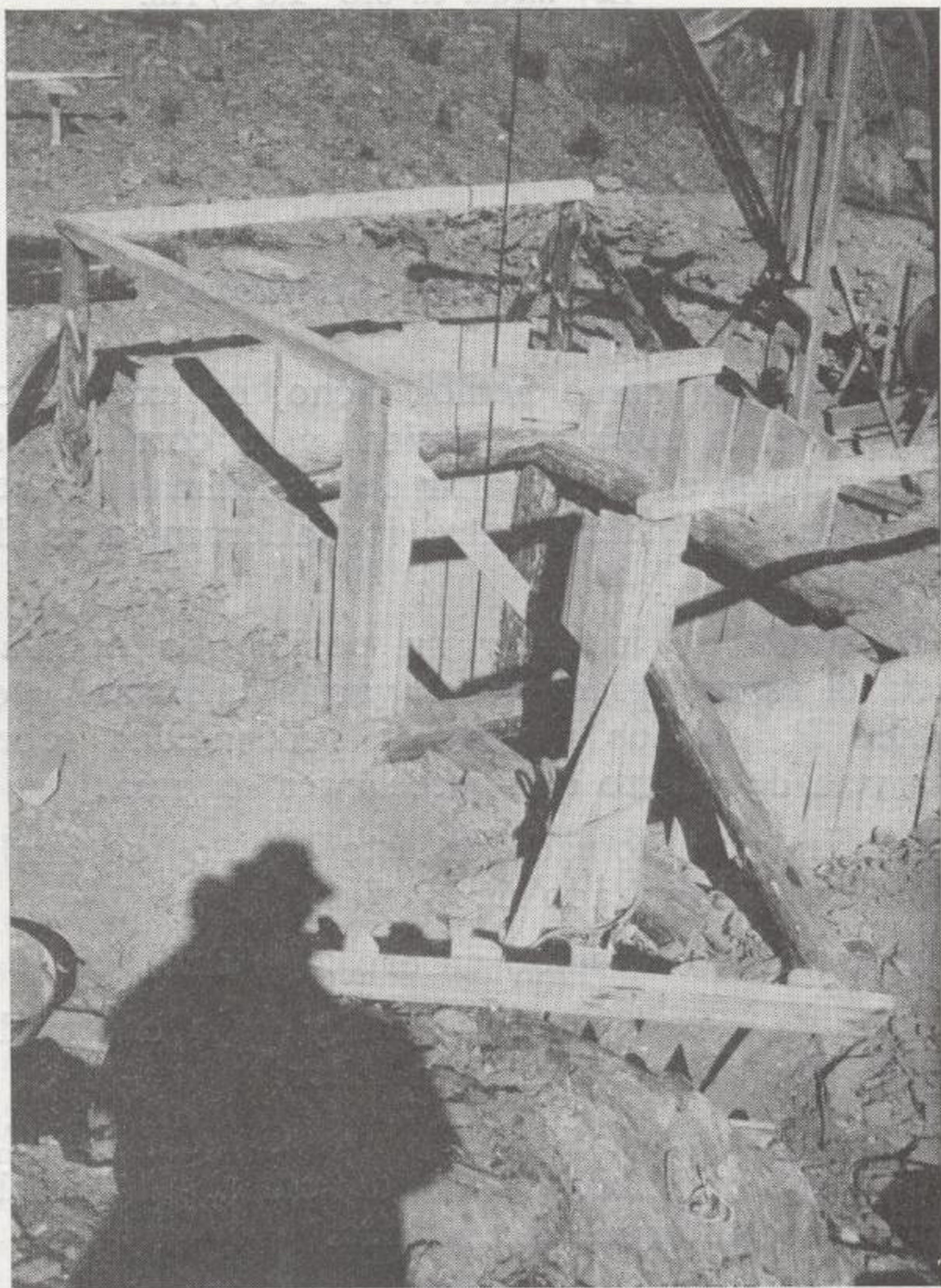


Foto 3.—Vista del pozo principal en ejecución en la mina del «Chivote», con sección de 2×3 m. y entibación con departamento de escalas. Profundidad alcanzada, 19 m.

Muestra	c ₁	contenido en oro	Indicios
»	c ₂	»	3,8 g/Tm.
»	c ₃	»	2,0 »
»	c ₄	»	1,6 »
Ley media en oro			1,8 g/Tm.

Ley media de las medias en oro 20,00 g/Tm.

Características de este filón

Su potencia, como hemos dicho, no excede los 0,10 m. en la zona reconocida, y su corrida desaparece hacia el sur a partir de las últimas labores sin el menor indicio entre los afloramientos de pizarras.

Tratando de localizar su posible continuidad hacia el Norte, practicamos varias calicatas, y el pocillo P₁ de dos metros de profundidad sobre una veta de cuarzo que parecía ser su guía.

Una muestra tomada de este pocillo fue analizada con el resultado de:

Muestra P₁ contenido en oro 2 g/Tm.

Dada la escasísima potencia y bajo contenido en oro fue abandonada esta labor.

Las calicatas C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆, C₇, C₁₀ y C₁₁, ralizadas con el fin de cortar la posible corrida no cortaron filón alguno.

La calicata C₈ y C₉ cortaron un filón con potencia de unos 0,30 m., que fue investigado mediante el pocillo P₂ de 8 m. de profundidad con el resultado siguiente:

Muestras tomadas en el pocillo P₂

A la profundidad de 1,50 m. contenido en oro 2 g/Tm

»	3,00	»	1,4 »
»	5,00	»	0,8 »
»	5,50	»	1,0 »
»	8,00	»	1,0 »

Ley media en oro 1,2 g/Tm.

Resultado de análisis de todo uno 0,8 g/Tm.

En la vaguada que vierte al arroyo de Patana, punto P₃, aparecía un afloramiento local de cuarzo entre las pizarras que motivó la ejecución de un pocillo de 6 m. de profundidad, en el que se toma-

ron muestras del filón de 0,20 m. de potencia a las profundidades siguientes:

Muestras tomadas en el pocillo P₃

A la profundidad de 2 m. contenido en oro 1,5 g/Tm.

»	6	»	1,0 »
---	---	---	-------

Media en oro 1,25 g/Tm.

Con igual orientación de indicios que en el punto anterior se localizó el Punto P₄, que fue objeto de investigación por medio de otro pocillo de otros 6 m. de profundidad, que cortó un filón de 0,30 m. de potencia, del que se tomaron muestras con peso conjunto de 10 kg., de la que se separaron 5,720 kg. De este peso se sacó un concentrado de 71,5 kg., que analizado dio un resultado referido a la muestra de entrada de:

Muestra P₄, contenido en oro 2,8 g/Tm.

Al norte de la Fuente de la Patá se hicieron varias calicatas, destacando como más importantes las C₁₂, C₁₃, C₁₄, C₁₅ y C₁₆. Estas calicatas nos sirvieron de base para abrir los pocillos P₅, P₆, P₇ y P₈. Las muestras tomadas de los filoncillos cortados con las mismas dieron resultados de análisis con un contenido en oro inferior a 1 g/Tm.

Además se hicieron otras calicatas, y los pocillos P₉ y P₁₀, que cortaron un filón con rumbo de NE a SO, sensiblemente normal a los anteriores, con potencia de 0,30 metros, de los que se tomaron muestras, que analizadas dieron el resultado siguiente:

Muestra P₉ contenido en oro No se aprecia

» P₁₀ » 1,6 g/Tm.

Pozo maestro o pozo principal

Con el fin de investigar a mayores profundidades, el que pudiéramos llamar filón «principal», objeto de los trabajos antiguos, se inició la perforación de un pozo con sección de 2 x 3 m. revestido de entibación y con departamento de escalas para el acceso.

Este pozo ubicado a 5 m. del filón alcanzó la profundidad de 19 m. Con el mismo se cortó otro filón, pero con potencia de 6 centímetros solamente.

Este filón, con metalizaciones visibles de pirritas de hierro y arsenical en determinadas zonas fue también objeto de estudio mediante el análisis de su contenido en oro a distintas profundidades.

Los resultados de estos análisis fueron los siguientes:

Profundidades	g/Tm.
5,50 m.	42,0
9,50 m.	6,0
12,00 m.	6,3
12,50 m.	6,5
13,00 m.	6,0
13,50 m.	0,8
14,00 m.	1,0
14,50 m.	0,6
19,00 m.	23,6
Resultado medio	10,3

Al objeto de determinar los componentes minerales que contenía el filón tomamos muestra de la que después demolida se concentraron por gravedad los componentes pesados, de los que se hizo un análisis que dio el siguiente resultado en % referidos al peso del concentrado:

As	24,6 %
S	29,66 %
Fe	35,71 %
Cu	0,03 %
Pb	No se aprecia
Ni	0,10 %
Co	0,03 %
Zn	Indicios
Sn	0,58 %
TiO ₂	1,76 %
SiO ₂	6,33 %
Al ₂ O ₃	0,12 %

Filón de la fuente de «Los Prégigos»

En término de Calzadilla y en el paraje conocido por este nombre, existe un filón de cuarzo mezclado con pizarra silicificada, que en conjunto tiene una potencia comprendida entre 1,50 y 2,00 metros, y una corrida de más de un Km. con dirección de NO a SE.

Este filón, por tener en sus afloramientos ligeras impregnaciones de óxido de hierro es conocido en la localidad con el nombre de «Filón de hierro».

Ante su larga corrida y destacada potencia, datos que en principio podrían servir de base para una estimable cubicación, tomamos una primera muestra que acusó la presencia del oro, resultado que estimuló nuestro deseo de investigarlo por intermedio de calicatas y pocillos ubicados a lo largo de su corrida.

Tomadas las correspondientes muestras de estas labores y analizadas por su contenido en oro se encontraron los resultados siguientes: C = Calicatas, F = pocillos.

Muestra	g/Tm.
FH núm. C ₁	1,2
FH núm. C ₂	Indicios
FH núm. C ₃	1,0
FH núm. P ₄	2,5
FH núm. C ₅	0,4
FH núm. P ₆	2,0
FH núm. C ₇	Indicios
FH núm. C ₈	3,6
FH núm. P ₉	0,6
FH núm. C ₁₀	1,6
Ley media	1,29

Investigaciones en la Dehesa Boyal

Nos informaron en Calzadilla que hace un par de años un vecino de esta localidad se había encontrado una pepita de oro con peso de cuatro gramos en un punto determinado de la Dehesa Boyal y otra incrustada en cuarzo en paraje no alejado. Hechas las oportunas gestiones nos pusimos en contacto con el interesado, que nos acompañó a dicho punto.

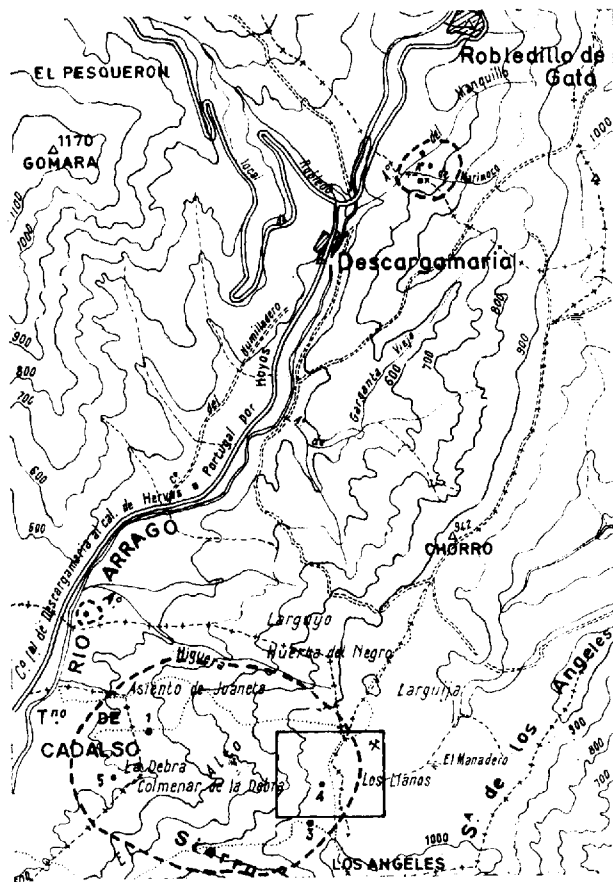
Como era un paraje donde por sus condiciones topográficas el hallazgo en cuestión no podía proceder de punto alejado, se procedió a la localización del filón de procedencia mediante calicatas.

Tanto en este filón, como en otros localizados en la zona, se hicieron investigaciones por medio de pocillos, de los que se tomaron muestras que analizadas dieron los resultados siguientes:

Muestra	g/Tm.
DB filón núm. 1 C ₁	1,6
» C ₂	0,8
» C ₃	0,8
» C ₄	0,4
» C ₅	0,8
» P ₁	Indicios
» P ₂	1,0
» P ₃	0,9
» P ₄	1,6
DB filón núm. 2 C ₁	1,8
» C ₂	0,8
» C ₃	1,0
» P ₁	No se aprecia
» P ₂	Indicios
DB filón núm. 3 C ₁	0,5
DB filón núm. 4 P ₁	Indicios

Estos filones que hemos designado con el pre-fijo DB (Dehesa Boyal) y las nomenclaturas de C₁, C₂, C₃..., para las calicatas, y P₁, P₂ y P₃..., para los pocillos, en cada uno de los cuatro filones investigados con potencias entre 0,20 y 0,30 metros afloran en trayectos discontinuos entre las tierras de labor.

INVESTIGACIONES EN EL NORTE DE LA PROVINCIA.



Zona investigada

Plano III.

Investigaciones en otros parajes del término de Calzadilla, Camino de la Cruz de Cáceres

En este paraje, situado en las inmediaciones del NO de Calzadilla se aprecia un potente filón de cuarzo que cruza el camino con rumbo de NO a SE.

Este filón fue también objeto de investigación por intermedio de dos pocillos, del que se tomaron

las correspondientes muestras, que analizadas dieron el resultado siguiente:

Muestra CC-P ₁	contenido en oro	...	0,8 g/Tm.
» CC-P ₂	»	...	1,2 »

Paraje de Las Pedreras

Al norte de Calzadilla, en el paraje de Las Pedreras, próximo al límite con Guijo de Coria, existen excavaciones antiguas, en las que se hicieron calicatas, se tomaron muestras de cuarzos brechoides que dieron el siguiente resultado de análisis.

Pedreras M C ₁	contenido en oro	Indicios
» M C ₂	»	0,4 g/Tm.

Paraje camino de Rubiño

En este paraje se localizó un filón de cuarzo, que fue objeto de investigación por medio de una calicata, cuyas muestras dieron el resultado siguiente:

Rubiño núm. 1	Indicios
» núm. 2	Indicios

Paraje Charco del Infierno

En este paraje se tomaron también dos muestras de la calicata practacada sobre otro filón de cuarzo, que dieron los mismos resultados que las tomadas en el anterior paraje: Indicios.

INVESTIGACIONES DE ORO EN EL NORTE DE LA PROVINCIA DE CÁCERES

Zona en términos de Robledillo de Gata y de confluencia de los términos de Descargamaría, Cadalso, y Hernán Pérez, en las sierras del Moro y de Los Angeles (Plano III)

Tradicionalmente se viene hablando de filones auríferos en estos términos, y el río Arrago que los atraviesa, es uno de los ríos del que lavan también las arenas los buscadores de oro de Montehermoso.

A raíz de la terminación de nuestra Cruzada de Liberación se exhibieron muestras de cuarzos con pepitas de oro en el escaparate de un comercio de Cáceres, procedentes de Robledillo de Gata. En estos últimos años han existido dos permisos

de investigación de oro, que comprendía la confluencia de los términos citados en la Sierra del Moro, el primero con el nombre de «Goya», y el segundo con el de «Dora», actualmente caducados.

Con estos antecedentes, y cumpliendo órdenes de nuestro Director, nos trasladamos a esta zona para tomar un primer contacto con la misma en la misión encomendada.

En esta primera visita tuvimos la suerte de conocer a D. Constancio Delgado Delgado, quien tomó parte en el arranque de los cuarzos auríferos que se expusieron en Cáceres, y a D. Teodoro Rodríguez Mateo, quienes nos acompañaron en la localización y toma de muestras del propio filón.

Este filón que aparece en el paraje de «El Canto», del término de Robledillo de Gata, se manifiesta a lo largo del cauce del arroyo del Manquillo, afluente por la margen izquierda del río Arrago. Por los antecedentes que teníamos, habíamos cifrado grandes esperanzas en los resultados que se conseguirían de las muestras que tomáramos de este filón. Con tal fin se hizo una limpieza del referido cauce al objeto de ponerle al descubierto y tomar varias muestras del mismo.

Este filón de cuarzo, con cristales de pirita visible en algunos puntos de su corrida, con potencia de unos 40 cm., encaja en pizarras cámbricas.

En nuestra primera visita tomamos dos muestras de su afloramiento sobre las márgenes del arroyo, en la propiedad de D. Teodoro Rodríguez Mateo, del término de Robledillo de Gata, con peso de 8 kg.

Analizado el concentrado de esta muestra se obtuvo una ley de 0,6 gramos de oro por Tm., referido a la muestra de entrada.

Se tomó otra muestra de las pizarras que sirven de caja, la que analizada sólo dio indicios.

Puesto al descubierto el filón con la limpieza del cauce del aroyo se tomaron varias muestras en distintos puntos de la corrida con un peso conjunto de 13,5 kg., la cual fue objeto de concentración por gravedad.

Analizado este concentrado de minerales se obtuvo una ley de 0,28 gramos de oro por Tm., referida a la muestra de entrada.

Aguas abajo de este aroyo vierten al río Arrago otras dos corrientes, conocidas con los nombres de arroyo Blanco y arroyo Marimoco. Estas dos corrientes, como la anterior, muy encajadas, cortan otros dos filones de cuarzo, posiblemente afloramientos del mismo, de las que tomamos muestras.

Muestra tomada del filón en el arroyo Blanco, a la altura del olivar de D. Longino Barroso Sánchez, en el término de Descargamaría, con peso de 9 kg.

Resultado del análisis del concentrado conseguido por gravedad 0,8 gramos de oro por Tm., referido a la muestra de entrada.

Muestra tomada del filón en el arroyo de Marimoco a la altura del olivar de Ildelfonso Hernández Rodríguez, en término de Robledillo de Gata con peso de 6,5 kg.

Resultado de análisis del concentrado conseguido por gravedad, 0,9 gramos de oro por Tm., referido a la muestra de entrada.

Muestra tomada de un filón en el paraje de «Las Cuevas», de la margen izquierda del río Arrago, en propiedad de D.^a Juana Calbarro Roldán, en término de Descargamaría, con peso de 5,5 kg.

Concentrada la muestra, el resultado de análisis fue de indicios.

Como resumen de esta exploración, y resultados de análisis de las muestras tomadas con un máximo de 0,9 gramos de oro por Tm., consideramos no procedía insistir en la investigación con labores costosas.

No negamos la posible existencia de pepitas de oro esporádicamente repartidas en la masa cuarcifera de estos filones, pepitas que por la erosión secular en el transcurso de las edades geológicas van siendo liberadas y arrastradas por las aguas salvajes hasta su deposición en el remanso de las corrientes, pero aún dando esto por admitido, entendemos no son estos filones económicamente susceptibles de explotación.

Exploración en la Sierra de los Angeles y del Moro

Como prolongación al SO de la Sierra de Gata se encuentra dentro de la provincia de Cáceres un macizo montañoso comprendido entre el curso del río de los Angeles, tributario del Alagón, y el curso del río Tralgas, tributario del Arrago.

Este macizo montañoso, designado con los nombres de Sierras de Los Angeles y Sierra del Moro, culminan su altura en el vértice de Los Angeles con 1.067 metros. Dentro de este macizo confluyen los términos de Descargamaría, Cadalso, Hernán Pérez, Torrecilla de los Angeles y Pinosfranqueado.

El paisaje de estas sierras, de laderas muy abruptas, y con senderos de difícil acceso, perdidos entre la maleza y los pinares de la repoblación forestal, se coronan por una altiplanicie, que por la suavidad de su topografía sería de fácil andadura, sino lo impidiera el matorral de brezo y carquesa que cubre su suelo y el naciente plantonal de pinos sembrados hace unos diez años por el Patronato Forestal del Estado (fot. núm. 4.).

La superficie de estos parajes, en una amplia extensión por la comarca, pertenece a la forma-

ción cámbrica representada por pizarras que lle- van rumbo de NO a SE, con buzamiento al NE, entre las cuales se señalan filones de cuarzo in- terestratificados. En esta parte de la sierra tienen inclinación de unos 30°, en los que hemos loca- lizado los que fueron objeto de investigación con labores antiguas.

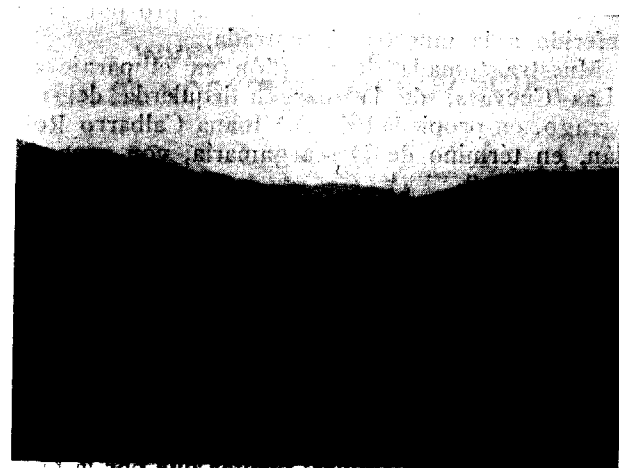


Foto 4.—Vista de las ruinas de la casilla construida en la Sierra de los Angeles durante las investigaciones anteriores.

Dentro de la sierra del Moro existen labores antiguas de reconocimiento y posible explotación por galerías en socavón hundidas y sólo recono- cibles por los montones de escombreras terrosas, parte de las cuales fueron lavadas por los conces- ionarios de los últimos permisos de investigación que han existido, con las aguas de un pequeño arroyuelo que discurre por la planicie de la sierra.

De estas labores sólo fue posible el acceso a dos de ellas: una situada en el paraje denominado «Solana del Contadero», sobre la cota de 880 m. de la ladera sur de la sierra del Moro, en término de Hernán Pérez; punto 2 del Plano III.

Esta labor, posiblemente de la época romana, consiste en un socavón perforado sobre un crestón de pizarras, con dimensiones muy reducidas, y que penetra hacia el interior de la sierra en longitud de unos 15 m. con pendiente de 30° siguiendo la inclinación de una vena de cuarzo de 5 mm. de espesor.

De esta veta se tomó una muestra, que anali- zada dio un contenido en oro de 54 gramos por Tm.

En otro socavón, en el que pudimos penetrar, se apreció un filón de cuarzo de 4 cm. de potencia, del que se tomó una muestra; punto núm. 4.

Analizada por oro esta muestra dio solamente: indicios.

De los afloramientos de un filón de cuarzo, que con rumbo de NO a SE, en término de Descarga-

maría cruza el camino del convento a Cadalso (punto número 1) tomamos una muestra, que anali- zada dio un gramo de oro por Tm.

De la escombrera terrosa de un socavón anti- guo hundido, situado en las proximidades de la Fuente de la Loba (Punto núm. 5), en término de Cadalso, tomamos de 17 kg.

De la concentración por gravedad, esta muestra se obtuvo concentrado que analizado dio con- tenido en oro de 0,8 gramos por Tm., referido a la muestra de entrada.

Resumen de la exploración aurífera por esta parte norte de la provincia

Como resumen de los resultados de análisis de los desmuestres efectuados en los filones locali- zados en término de Robledillo de Gata y parte baja del término de Descargamaría, hemos encontrado un contenido máximo de 0,9 gramos de oro por Tm. de cuarzo, ley que hemos considerado lo su- ficientemente baja para que se justificara una in- vestigación a fondo de estos filones de tan escasa potencia.

Por lo que respecta al resultado de los desmue- stres efectuados en el sector de la Sierra, tan sólo la muestra tomada en el paraje de «Solana del Con- tadero», del término de Hernán Pérez, dio un re- sultado de análisis altamente satisfactorio, 54 gra- mos de oro por Tm. Ahora bien, si tenemos en cuenta que el espesor de la vena de cuarzo es so- lamente de 5 mm., se comprende lo que bajaría esta ley refiriéndola al volumen total de roca que hay que arrancar en una sección normal de galería.

Por otra parte, para llegar a estos parajes des- de Descargamaría o de cualquier otro de los pue- blos más próximos, hay que utilizar senderos, por los que sólo se puede subir a pie con gran esfuerzo o montado en caballerías entrenadas en caminar por tan dificultosos pasos.

No hay por hoy posibilidades de utilizar medios mecánicos de arranque o cualquier tipo de maqui- naria algo pesada. Sólo en el caso de una explo- ración prometedora que justificara grandes inver- siones en la preparación de accesos, se podía rea- lizar una pista, que iniciada en la carretera a Ciudad Rodrigo, al norte de Robledillo de Gata, condujera a los parajes citados sobre terrenos sen- siblemente de igual cota, lo que permitiría el trans- porte de maquinaria para una investigación meca- nizada.

EXPLORACIONES EN TÉRMINO DE CAÑAVERAL

También en este término se ha señalado en al- gunas publicaciones antiguas la presencia de filo-

nes de cuarzo aurífero, sin que tengamos noticia de que hayan sido objeto de investigación.

Durante el presente año, el vecino de Mérida, César Bedate Ordóñez, se dirigió a la Superioridad denunciando la presencia de filones auríferos en un paraje de este término, que había sido objeto de un permiso de investigación de minerales de es- taño, hoy caducado.

A tal efecto, acompañados del interesado, nos trasladamos al paraje por él citado, y emitimos el informe, del que transcribimos los siguientes datos:

«Todo el extenso campo pizarroso de la Hoja de Cañaveral (núm. 650), pertenece a la forma- ción cámbrica de pizarras arcillosas o sílico arci- llosas del piso Georgiense, que arrumba de NO. a SE., y buzamiento al SO., próximo a la vertical.

Este conjunto pizarroso y el de cuarcitas silú- ricas que forman la alineación montañosa de las Sierras de Cañaveral, son cortados por una impor- tante falla de dirección SO a NE, la que defi- nida al sur por el curso de la ribera de Araya, atraviesa el río Tajo por el gran meandro, y sigue por el curso de su afluente el río Guadancil para pasar por el Puerto de los Castaños. Desde este punto, y siempre con igual rumbo hacia el NE, se dirige a Plasencia.

La carretera de Salamanca a Cáceres pasa por la depresión tectónica de esta falla entre Plasencia y el río Tajo.

A la altura del Km. 171 de la citada carretera, en término de Cañaveral, y marginal por el norte a la misma, se manifiestan en el valle del arroyo de la Canaleja, afluente del río Guadancil, dos filones de cuarzo, que encajados en las pizarras siguen el rumbo SO-NE de la falla.

Estos dos filones paralelos y a corta distancia entre sí, tienen: uno potencia de tres a cuatro metros, y el otro de unos 0,30 metros solamente. Son los señalados como auríferos por el Señor Bedate.

Tanto los cuarzos como las pizarras que sirven de caja a los filones están afectados por los fe- nómenos tectónicos de la falla: los cuarzos tritu- rados y las pizarras alteradas y parcialmene caoli- nizadas. No se aprecia en los cuarzos el menor indicio de metalización.

De estos dos filones y de un afloramiento si- tuado unos 200 metros al NE, sobre la vereda de ganados, se tomaron cuatro muestras en mi presencia por el propio interesado.

Las muestras números 1 y 4 fueron tomadas en dos puntos distintos del filón principal; la nú- mero 2 del afloramiento más alejado de la carre- tera y la número 3 del filón de 30 cm. de potencia, situado a 20 metros de la carretera.

De cada uno de estos puntos se tomaron cuatro

talegas con un peso conjunto de 20 kg. por muestra.

De cada una de estas muestras, después de trituradas y por cuarteos sucesivos se sacaron tres muestras, las que analizadas por vía seca en el Laboratorio de Química de este Instituto dieron los resultados que siguen:

Referencia: Muestra número 1. Cañaveral. 4 talegas.

Numero 1.	Oro, Au	...	...	0,8 g/Tm.
» 2.	»	...	...	0,6 »
» 3.	»	...	...	Indicios

Referencia: Muestra número 2. Cañaveral. 4 talegas.

Número 1.	Oro, Au	...	...	No se aprecia
» 2.	»	...	...	»
» 3.	»	...	...	»

Referencia: Muestra número 3. Cañaveral. 4 talegas.

Número 1.	Oro, Au	...	...	No se aprecia
» 2.	»	...	...	»
» 3.	»	...	...	»

Referencia: Muestra número 4. Cañaveral. 4 talegas.

Número 1.	Oro, Au	...	...	Indicios
» 2.	»	...	...	1 g/Tm.
» 3.	»	...	...	0,8 »

A la vista de estos resultados el Ingeniero que suscribe estima no procede insistir en la toma de más muestras ni realizar trabajos de investigación en esta zona.

CONCLUSIONES

Descartada en principio la posibilidad de ex- plotación por el bajo contenido en oro de la ma- yor parte de los filones investigados, sólo nos queda hacer mención de aquellos que por su con- tenido en tan preciado metal son a primera vista dignos de citarse por separado con el estudio de las posibilidades económicas de su explotación.

Estos filones son:

1.º Filón vena del punto número dos en el paraje «El Contadero», de la Sierra del Moro, en término de Hernán Pérez, con las siguientes ca- racterísticas.

Contenido en oro, 54 g/Tm. Potencia 0,005 m. Buzamiento 30°.

2.º Filón cortado en el pozo principal de in- vestigación en la mina del «Chivote», con las siguientes características.

Contenido medio de oro de las muestras toma- das. 10,3 g/Tm. Potencia 0,06 m. Inclinación ver- tical.



Foto 4.—Vista de las ruinas de la casilla construída en la Sierra de los Angeles durante las investigaciones anteriores.

3.º Filón principal de la Reserva de Calzadilla, con las siguientes características.

Contenido medio de oro de las muestras tomadas, 20 g/Tm. Potencia, 0,10 m. Inclinación, vertical.

Caso 1.º Sección de la galería de arranque, 1,80 m. de alto por 1,40 m. de anchura, siguiendo la inclinación del filón = 2,52 m².

Excavación por m. de avance, 2,52 m³.

Sección del filón cortado, 0,005 × 1,40 = 0,007 m².

Volumen arrancado de éste por m. de avance, 0,007 m³.

Contenido en oro del filón por m³ = 54 × 2,6 = 140,4 g.

Contenido en oro del filón por m. de avance, 0,007 × 140,4 = 0,9828 g.

Ley media del m³ arrancado, 0,9828 : 2,52 = 0,39 g.

Caso 2.º Sección de la galería de arranque, 1,80 × 0,70 = 1,26 m².

Excavación por m. de avance, 1,26 m³.

Sección del filón cortado, 0,06 × 1,80 = 0,108 m².

Contenido en oro del filón por m³, 10,3 × 2,6 = 26,78 g.

Contenido en oro por m. de avance, 0,108 × 26,78 = 2,892 g.

Ley media del m³ arrancado = 2,892 : 1,26 = 2,3 g.

Caso 3.º Sección de la galería de arranque, 1,80 × 0,70 = 1,26 m².

Excavación por m. de avance, 1,26 m³.

Sección del filón cortado, 0,10 × 1,80 = 0,18 m².

Contenido en oro del filón por m³, 20 × 2,6 = 52 g.

Contenido en oro por m. de avance, 0,18 × 52 = 9,36 g.

Ley media del m³ arrancado, 9,36 : 1,26 = 7,42 g.

ESTUDIO ECONÓMICO SOBRE LA POSIBLE EXPLOTACIÓN

En el caso 3.º del filón principal de la mina del «Chivote», el más favorable, tanto por su mayor potencia, 0,10 m., como por su mayor ley del todo uno arrancado, 7,42 g. de oro por cada Tm. En la explotación de un macizo de 100 m. de largo por 60 m. de profundidad, servido por un pozo maestro de 70 m. de profundidad, incluida la caldera, con sección de 2 × 3 metros, con entibación y departamento de escalas, eligiendo las características más económicas y situado a la altura del centro del macizo.

Tres traviesas de unión del pozo con las galerías de servicio, situadas a las profundidades de 20, 40 y 60 m., las cuales dividirán el macizo en

tres pisos, a explotar independientemente por cada una de aquéllas.

Las galerías traviesas y de servicio las suponemos con sección de 1,80 m. de alto por 1,30 m. de anchura. Si el pozo se perfora a 5 m. del filón, el total de metros de longitud de galería por planta sería de 105 m., y los del conjunto, 315 m.

Las galerías de la explotación de los macizos las suponemos con la anchura mínima de 0,70 m.

Según esto, el conjunto de labores de preparación y explotación representa un volumen total de arranque y explotación.

Perforación pozo 2 × 3 × 70 = 420 m³.

Traviesas y galerías de servicio 315 × 1,8 × 1,30 = 737,1 m³.

Arranque de explotación 100 × 60 × 0,7 = 300 × 1,80 × 1,30 = 4.200 - 702 = 3.498 m³.

Cálculo aproximado del importe de esta explotación:

Perforación de pozo	Precio m³	Total
420 m³ de excavación de pozo de 70 m. de profundidad con sección de 2 × 3 m. entibada y departamento de escalas con desagüe	2.400	1.008.000

Galerías de preparación y arranque:

Perforación de pozo	Precio m³	Total
737,1 m³ de galerías de traviesas y servicio	2.300	1.695.330
3.498 m³ de arranque en explotación	2.350	8.220.300
Importe total de los trabajos necesarios para poner a boca-mina el todo uno en la explotación del macizo del filón considerado.		

SUMA 10.928.630

Metros cúbicos de cuarzo del filón y roca de caja arrancados y extraídos, para los que hemos calculado una ley media de 7,42 g./Tm. de zafra.

100 × 60 × 0,70 = 4.200 m³.

Contenido de oro, 4.200 × 7,42 = 31.164 gramos = 31,164 kg.

Valor de los 31,164 kg. de oro al precio actual de 41,05 \$ la onza = 3.147.564 pesetas.

En este estudio económico, en el que solamente hemos considerado el coste de arranque de los cuarzos auríferos de un macizo de filón de 100 m. de largo por 60 m. de profundidad, resulta un valance desfavorable de 10.923.630 - 31.164 × × 101 = 10.923.630 - 3.147.564 = 7.776.066 pesetas de pérdida.

A esta cantidad hay que agregar el coste de molienda y concentración por gravedad de los minerales pesados contenidos, metalurgia para obtener el lingote de oro y plata, amortización e interés del capital invertido en la planta para el tratamiento «in situ» de estos cuarzos, etc.

Finalmente, de la exploración superficial a investigaciones realizadas a lo largo de la alineación por uno y otro extremo de los 78 m. conocidos del filón, no se ha visto ni cortado su corrida, razón por la que hay una verdadera incógnita para determinar la cubicación de los cuarzos de este filón, todo lo cual aporta una duda que sólo podría salvarse realizando labores de investigación profundas, las que en el mejor de los casos permitirían partir de una cubicación que justificara el coste de la instalación de una planta de tratamiento de los cuarzos, pero siempre tomando como base las conclusiones económicas deducidas del coste de su arranque, lo que ya en sí hace prohibitiva su explotación.

Recibido el 24-XI-68.

Mecanismos sobre la corrosión en el karst y su repercusión en la geodinámica kárstica

por A. ERASO (*)

1. PREÁMBULO

En el transcurso de estas líneas, en las que se ponen de relieve algunos aspectos de la karstología relativos a ciertos mecanismos de la corrosión en calizas y rocas afines, se abordan desde un punto de vista fisico-químico cuantos equilibrios se exponen, buscando la rigurosidad termodinámica para garantizar cuanto de ellos se extraiga.

Los referidos equilibrios se entienden siempre en su sentido dinámico, lo que quiere decir que tantos componentes del primer miembro reaccionan para dar los del segundo como viceversa, quedando así definida su condición de reversibilidad imprescindible para introducir los tratamientos termodinámicos.

Sin embargo, dejamos de lado los interesantes fenómenos de hipergénesis y sedimentogénesis, frecuentemente asociados a la corrosión que personalizan numerosos tipos de relleno característicos de las cavernas, todos ellos productos insolubles frente a los mecanismos actuantes que desarrollaremos. Asimismo, las variaciones en las solubilidades, tanto en favor (efecto salino) como en contra (efecto de ion común) de determinado proceso en cuestión, deben de tenerse siempre presente, aunque el lector no lo encuentre plasmado en nuestras líneas.

Con ello, pretendemos lograr una mayor pureza de concepto en nuestra exposición, aunque conviene dejar presente que en la naturaleza la realidad responde la mayoría de las veces a todo un conjunto de simultáneas causas actuantes cuyo aislamiento no es siempre fácil de realizar.

2. CORROSIÓN CLÁSICA

El peculiar comportamiento de la roca caliza ante la meteorización, diferenciándola de otros tipos de roca, tanto en sus morfologías de superficie como en la karstificación, privativa de ella, ha dado lugar a la elaboración de conceptos sobre su capacidad de disolución, que por su gran difusión hemos denominado como corrosión clásica.

Expondremos a continuación sus fundamentos teóricos:

La caliza, compuesta principalmente de carbonato cálcico, es una roca muy poco soluble en agua, como puede deducirse del valor del *producto de solubilidad* P_s del citado componente, el cual es a 17° C:

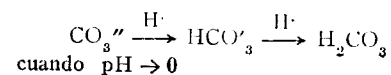
$$P_{s_{CaCO_3}} = [Ca^{++}] [CO_3^{--}] = 10^{-8.3} \text{ moles/litro.} \quad (2-1)$$

lo que equivale a decir que a dicha temperatura tan sólo unos 15 miligramos de caliza pueden ser disueltos en un litro de agua pura, por lo que podemos considerar a la caliza como una roca físicamente insoluble sin plantear ningún conflicto lógico.

En vista de ello, parece difícil atribuir a tan pequeña solubilidad la creación de esas elegantes formas de corrosión tan habituales en el karst.

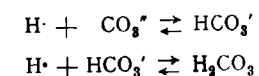
La explicación la podemos encontrar por el comportamiento fisicoquímico diferencial de los carbonatos frente al agua a diferentes valores de pH.

Al variar el pH, el contenido de iones carbonato en el seno del agua puede variar e incluso desaparecer, ocurriendo esquemáticamente lo siguiente:



(*) Presidente del Comité Nacional de Espeleología.

las ecuaciones cuantitativas que rigen los citados equilibrios son:



que por aplicación de la *ley de masas* conduce a

$$\frac{[CO_3^{--}] [H^+]}{[HCO_3^-]} = K_1 = 10^{-10.2} \text{ mol/l.} \quad (2-2)$$

$$\frac{[HCO_3^-] [H^+]}{[H_2CO_3]} = K_2 = 10^{-6.4} \text{ mol/l.} \quad (2-3)$$

llegando inmediatamente, por combinación de las ecuaciones (2-2) y (2-3), a la siguiente expresión:

$$\frac{[CO_3^{--}] [H^+]^2}{[H_2CO_3]} = K_1 K_2 = 10^{-16.6} \text{ mol/l.} \quad (2-4)$$

que no es otra cosa que la expresión de la *ley de acción de masas* para el equilibrio global:



En el caso particular de la caliza $CaCO_3$ frente al agua a un valor cualquiera de pH, la solubilidad S del carbonato cálcico se podrá medir por la actividad del ion $[Ca^{++}]$ en solución, según la ecuación

$$s = [Ca^{++}] \quad (2-5)$$

y como la cantidad total de calcio en solución es igual a la suma de las cantidades relativas de carbonato $[CO_3^{--}]$, bicarbonato $[HCO_3^-]$ y ácido carbónico $[H_2CO_3]$ originados por los anteriores equilibrios, podemos escribir:

$$s = [Ca^{++}] = [CO_3^{--}] + [HCO_3^-] + [H_2CO_3] \quad (2-6)$$

y eliminando $[CO_3^{--}]$, $[HCO_3^-]$ y $[H_2CO_3]$ de la ecuación (2-6), respectivamente, por medio de las ecuaciones (2-1), (2-2) y (2-4), queda:

$$s = [Ca^{++}] = [CO_3^{--}] \cdot \left[1 + \frac{[H^+]}{K_1} + \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2} \right]$$

o lo que es lo mismo:

$$s^2 = [Ca^{++}]^2 = [CO_3^{--}]^2 \cdot \left[1 + \frac{[H^+]}{K_1} + \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2} \right]^2$$

quedando, finalmente, según (2-1):

$$s = \sqrt{P_s} \cdot \sqrt{1 + \frac{[H^+]}{K_1} + \frac{[H^+]^2}{K_1 K_2}} \quad (2-7)$$

que dando valores numéricos a P_s , K_1 y K_2 , se convierte en:

$$s = 10^{-4.15} \sqrt{1 + \frac{[H^+]}{10^{-10.2}} + \frac{[H^+]^2}{10^{-16.6}}}$$

y recordando que la expresión cuantitativa de pH es:

$$pH = -\log [H^+] \quad (2-8)$$

encontramos para (2-7), que es la expresión cuantitativa de la función $f(s, pH) = 0$, que define la solubilidad del carbonato cálcico en función del pH, la siguiente forma:

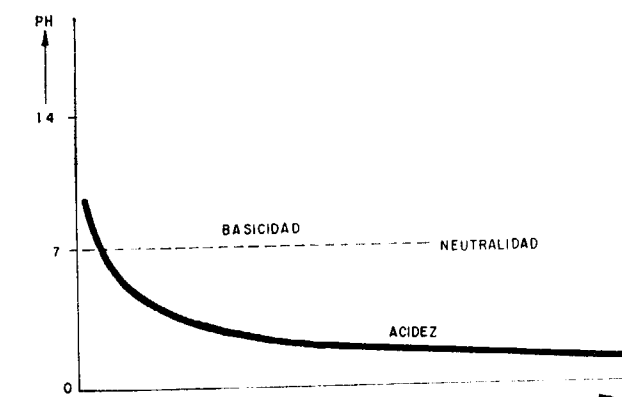


Fig. 1-1

que demuestra claramente que la solubilidad del carbonato cálcico aumenta fuertemente frente a soluciones ácidas, pudiendo llegar a valores considerables.

De una manera general es interesante destacar que todo lo antes expuesto es sólo cierto para una temperatura dada, de manera que la función $f(s, pH) = 0$ es una isoterma, pudiendo escribirse:

$$f(s, pH)_T = 0,$$

y como la disolución del carbonato cálcico es un fenómeno exotérmico, su solubilidad será inversamente proporcional a la temperatura.

La realidad responde, pues, a una familia de curvas (una para cada temperatura) que vienen ya calculadas en la figura 2-2, que representa cuantitativamente las isotermas de solubilidad del carbonato cálcico en función del pH del agua, con la que se enfrenta.

La explicación de la agresividad del agua meteorológica la encontramos en el anhídrido carbóni-

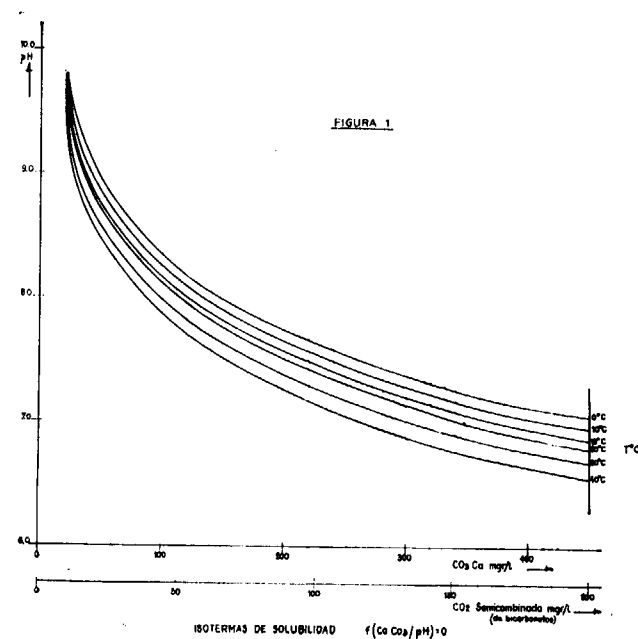
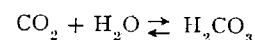
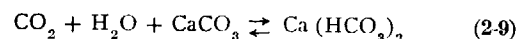


Fig. 2-2

co CO₂ existente en la atmósfera (en proporción media del 0,03 %), el cual es parcialmente disuelto por la lluvia en su caída, resultando una solución de ácido carbónico H₂CO₃ ligeramente acidulada, cuyo equilibrio viene representado por



con pH inferior a 7, función de la cantidad de CO₂ disuelta y capaz de disolver mucho mejor la caliza según la expresión:



formando bicarbonato cálcico, fenómeno que constituye para nosotros el equilibrio químico fundamental de la karstología, ya que cuando se desplaza hacia la izquierda explica los fenómenos de recristalizaciones, mientras que si lo hace hacia la derecha constituye el fenómeno de la *corrosión*, cuyo mecanismo acabamos de desarrollar.

La condición termodinámica que rige el equilibrio (2-9) es la de mínima energía libre F del sistema, cuya expresión diferencial es:

$$dF = dU - T dS, \quad (2-10)$$

siendo U la energía interna, T la temperatura y S la entropía del sistema.

En el equilibrio fundamental (2-9) hay un componente gaseoso, el anhídrido carbónico, de manera que un ligero aumento de temperatura puede ocasionar una gran liberación de entropía de resultas de la subsiguiente liberación de CO₂.

Como la separación de CO₂ del equilibrio (2-9) a la fase gaseosa acarrea la separación de CaCO₃ a la fase sólida, la conclusión más inmediata es que la solubilidad del CaCO₃ en el equilibrio (2-9) es inversamente proporcional a la temperatura.

Calculadas ya de una manera cuantitativa en función de lo antedicho, exponemos en la figura 2-3 las isotermas del equilibrio (2-9), que pueden ser utilizadas directamente para el cálculo.

De todas las consideraciones precedentes, podemos concluir que la solubilidad de los carbonatos en general, y por consiguiente de la roca caliza, ante el agua meteórica es inversamente proporcional al pH y a la temperatura de la misma.

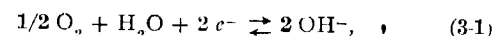
Podemos decir, pues, de una manera amplia, que todo influjo que tienda a bajar el pH o la temperatura de las soluciones acuosas actuantes sobre los carbonatos (sin implicar cambio de fase para que persistan los tratamientos termodinámicos sobre disoluciones utilizados en nuestro razonamiento), favorecerán el fenómeno de la corrosión y, en consecuencia, el de la aparición de sus correspondientes morfologías asociadas.

Este tipo de corrosión clásica puede ocurrir en cualquiera de las zonas de un karst, ya que sólo se precisa el enfrentamiento del agua con un cierto poder corrosivo y la roca caliza. No obstante, las variedades morfológicas más evidenciables de este tipo de corrosión se emplazan preferentemente tanto en la superficie como en la zona vadosa, estando constituidas, respectivamente, por la generalidad de los tipos de lapiaz y por las cavidades de gran desarrollo vertical de resultas de ampliación de fisuras por disolución.

3. CORROSIÓN POR OXIDACIÓN-REDUCCIÓN

El alto porcentaje de oxígeno O₂ existente en la atmósfera ocasiona la parcial disolución del citado componente en el agua de lluvia, dotándola de un poder de oxidación del que carecía antes.

El equilibrio iónico que rige la captación de oxígeno de la atmósfera por el agua de lluvia es:



que no es otra cosa que el semiproceso correspondiente al oxígeno en solución, y su potencial de oxidación podemos encontrarlo cuantitativamente aplicando la correspondiente ecuación de Nerst:

$$E = E_0 + \frac{0.06}{2} \log \frac{|\text{H}_2\text{O}| |\text{O}_2|^{1/2}}{|\text{OH}^-|^2} \quad (3-2)$$

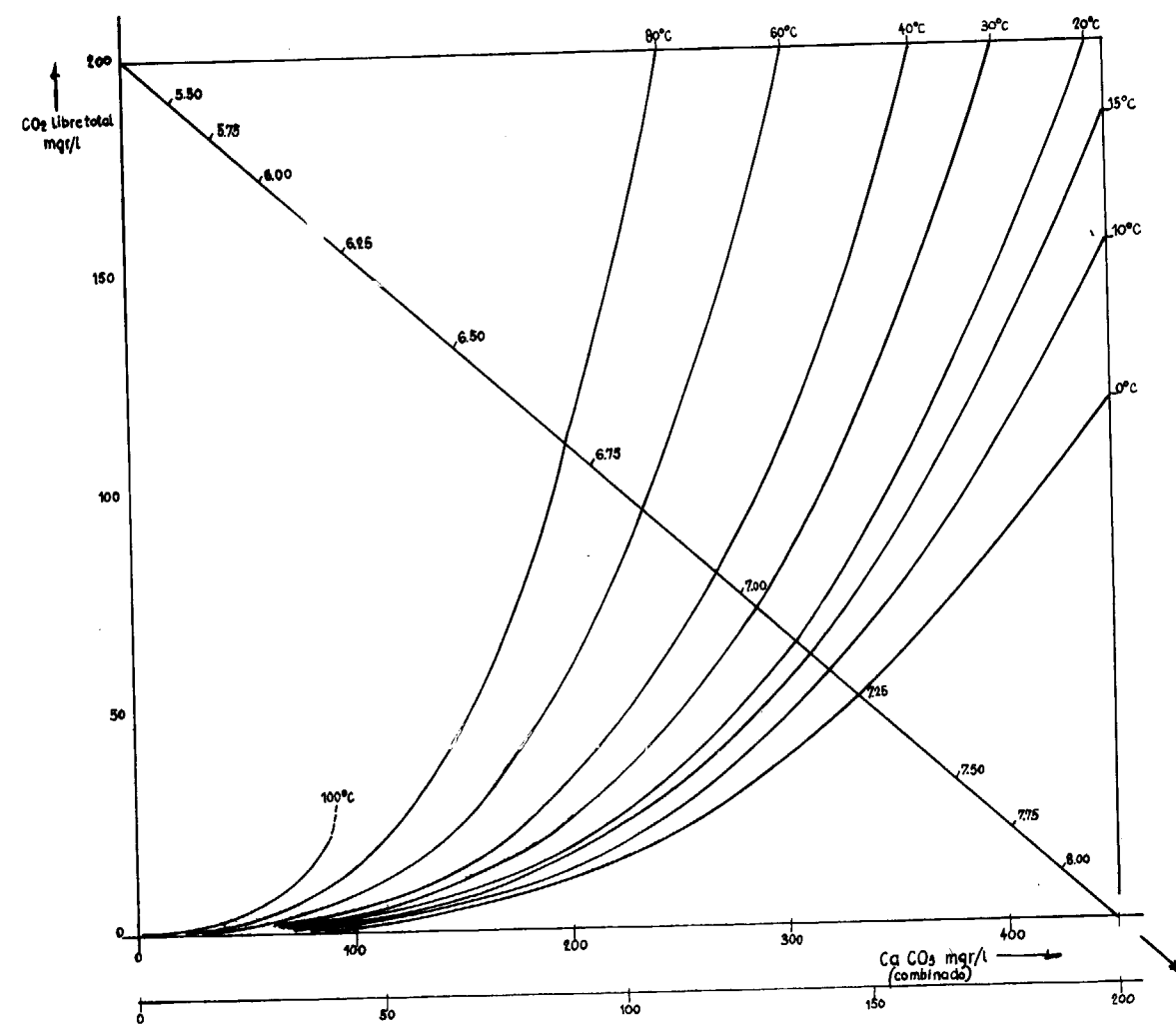
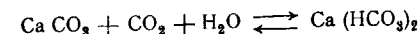


Fig. 2-3. -Isotermas del equilibrio



siendo E₀ el potencial normal y E el potencial real del referido semiproceso y viniendo ambos expresados en voltios.

Como quiera que la actividad del ion oxhidrilo |OH⁻| está directamente ligada al pH:

$$\text{pOH} + \text{pH} = 14, \quad (3.3)$$

resulta que la expresión (3-2) no es otra cosa que la función que nos liga cuantitativamente el potencial de Nerst con el pH para el caso del oxígeno disuelto en agua.

Como el tratamiento de los procesos de oxidación-reducción en el caso de iones polivalentes se hace cómodamente mediante sus respectivas funciones:

$$f(E, \text{pH}) = 0$$

vamos a simplificar la ecuación (3-2), puesto que a la presión atmosférica tenemos:

$$|\text{H}_2\text{O}| = 1$$

$$|\text{O}_2|^{1/2} = 1$$

y teniendo en cuenta la definición de pH dada en (2-8), queda

$$E = E_0 - 0.06 \text{ pH},$$

pero como el potencial normal E₀ del oxígeno disuelto en agua es 1,23 voltios, podemos finalmente escribir:

$$E = 1.23 - 0.06 \text{ pH} \quad (3-4)$$

la expresión gráfica de la función (3-4) es una recta que viene desarrollada en la figura 3-1, in-

dicándonos el grado hasta el cual son capaces de oxidar las aguas meteóricas de infiltración.

Es evidente que el referido poder oxidante del agua no se evidenciará en tanto no se la enfrente con compuestos naturales, rocas y minerales, en cuya molécula existan iones capaces de ser oxidados a un rango de valencia superior alcanzable por el potencial del oxígeno disuelto.

RELACION POTENCIAL-pH DE LA FUNCIÓN
E = 1,23 - 0,06pH
CORRESPONDIENTE AL SEMIPROCESO
1/2O₂H₂O + 2e⁻ ⇌ 2OH⁻

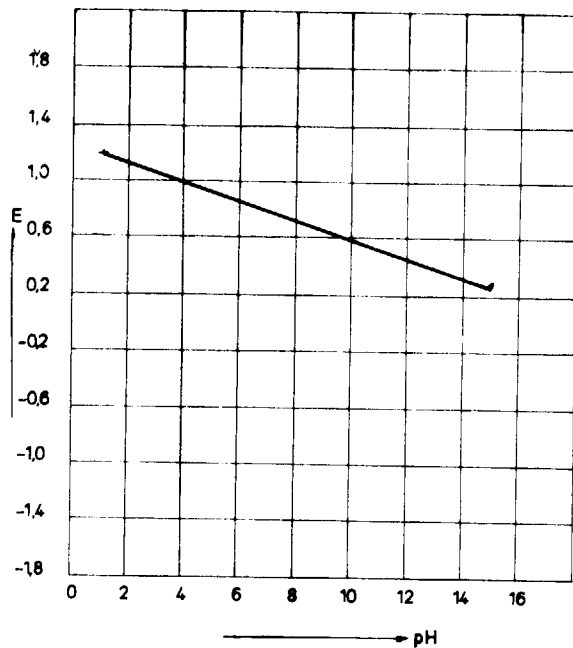


Fig. 3-1

Como este poder oxidante del agua actúa simultáneamente a su capacidad corrosiva, ya definida en el apartado anterior, vamos a enfrentarlo aquí sobre los principales carbonatos naturales, con el fin de seguir una línea de deducción.

Estos se presentan en dos series naturales que cristalizan en sendos sistemas bien diferenciados, en el trigonal la de la calcita y en el rómbico la del aragonito. Los principales son:

Serie de la calcita. Sistema trigonal

Calcita.....	CaCO ₃
Magnesita.....	MgCO ₃
Smithsonita.....	ZnCO ₃
Siderita.....	FeCO ₃
Dialoguita.....	MnCO ₃
Esferocobaltita.....	CoCO ₃
Dolomita.....	CaMg(CO ₃) ₂

Serie del aragonito. Sistema rómbico

Aragonito.....	CaCO ₃
Witherita.....	BaCO ₃
Estroncianita.....	SrCO ₃
Cerusita.....	PbCO ₃
Alstonita.....	CaBa(CO ₃) ₂
Tarnowizita.....	CaPb(CO ₃) ₂

de los que seleccionando aquellos cuyo catión es susceptible de ser oxidado a un estado de valencia superior, nos queda:

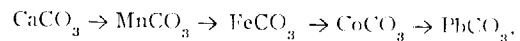
FeCO ₃	Siderita (trigonal)
MnCO ₃	Dialoguita (trigonal)
CoCO ₃	Esferocobaltita (trigonal)
PbCO ₃	Cerusita (rómbico);

prescindimos expresamente, para simplificar, de aquellos carbonatos mixtos, aunque alguno de sus cationes posea estados de valencia superiores (vgr.: Tarnowizita), por entender que las propiedades que vamos a estudiar se conservan. De la misma manera, pasamos por alto los carbonatos básicos naturales de cobre, azurita y malaquita, por estar en ellos el cobre ya en su estado de valencia máxima, no pudiendo, por consiguiente, ser oxidado. Prescindimos también de otros carbonatos exóticos, por su poca abundancia (vgr.: zaratita, stichtita, etc.).

La solubilidad relativa de estos cuatro carbonatos en cuestión nos viene definida cuantitativamente por su respectivo producto de solubilidad, que a temperatura ambiente es:

FeCO ₃	Ps = 10 ^{-12,8} mol/l	
MnCO ₃	Ps = 10 ^{-16,1} "	
CoCO ₃	Ps = 10 ^{-12,0} "	(35)
PbCO ₃	Ps = 10 ^{-12,8} "	

el cual, frente al producto de solubilidad del carbonato cálcico definido en (2-1), nos muestra un gradiente de solubilidades, que de más a menos es el siguiente:



que afecta proporcionalmente a su susceptibilidad de corroerse.

La forma esquemática general de la ecuación de potenciales de oxidación de Nerst, aplicables a cada escalón de valencia, que puede adoptar determinado ion, es:

$$E = (E_0 + \frac{0,06}{n} \log \frac{|Ox|}{|red|}) \quad (36)$$

en la que:

| red | = actividad de la forma reducida
| ox | = actividad de la forma oxidada;
n = variación de valencia o número de electrones de valencia que intervienen en el proceso.

Por esta razón, todos los potenciales de oxidación-reducción se denominan esquemáticamente red-ox y llevan implícito siempre un cambio de valencia en los equilibrios que lo rigen.

Para abreviar adjuntamos ya calculados cuantitativamente para una concentración 10⁻² molar, las funciones de E y pH para los principales estados de valencia de los cuatro cationes en cuestión (Mn, Fe, Co, Pb) de los carbonatos considerados, señalando en ellos la especie química estable para cada una de las regiones consideradas, dentro de sus correspondientes valores de ordenada y abscisa, de manera que:

- La figura 3-2 representa la relación E-pH de los sistemas red-ox del manganeso.
- La figura 3-3 representa la relación E-pH de los sistemas red-ox del hierro.
- La figura 3-4 representa la relación E-pH de los sistemas red-ox del cobalto.
- La figura 3-5 representa, a su vez, la relación E-pH de los sistemas red-ox del plomo.

RELACION POTENCIAL-pH DE LOS SISTEMAS RED-OX DEL MANGANESO

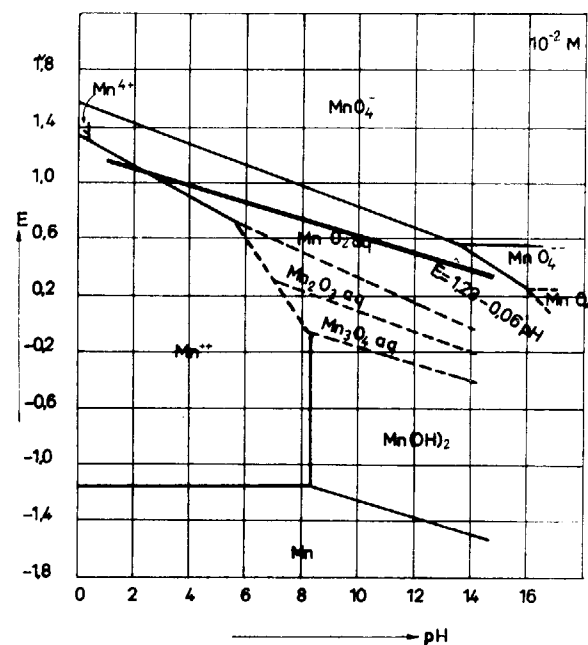


Fig. 3-2

Sobreimpuesto en cada una de ellas hemos dibujado la recta

$$E = 1,23 - 0,06 \text{ pH}$$

RELACION POTENCIAL-pH DE LOS SISTEMAS RED-OX DEL HIERRO

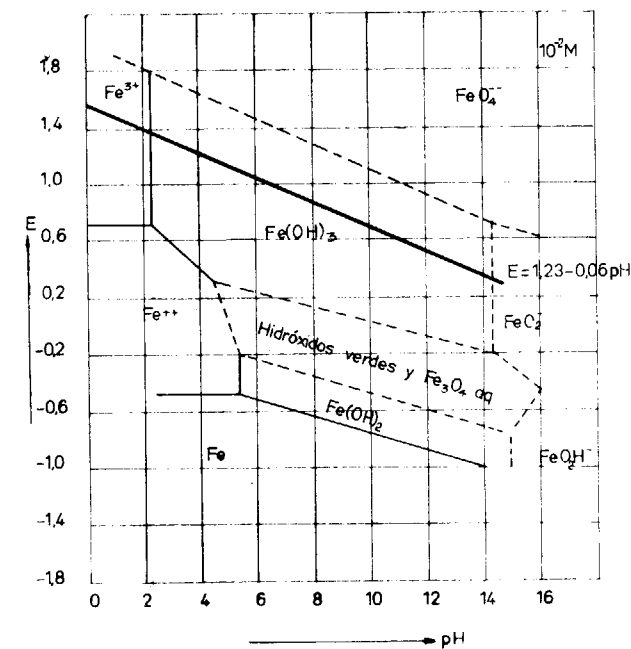


Fig. 3-3

RELACION POTENCIAL-pH DE LOS SISTEMAS RED-OX DEL COBALTO

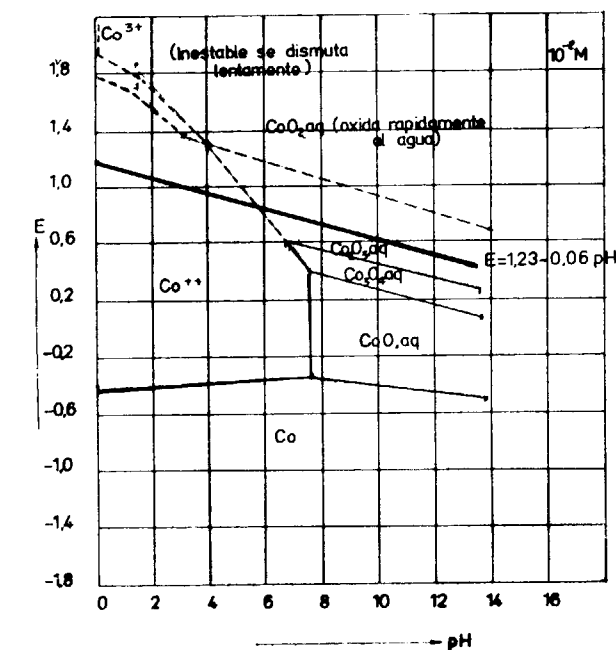


Fig. 3-4

que nos indica hasta qué punto puede oxidar el agua meteórica.

Manganeso.

1. Por debajo de pH = 2 el catión manganeso bivalente es estable frente a las soluciones acuosas aireadas.

2. Por encima de pH = 2 el bióxido de manganeso es estable en nuestras condiciones en su condición de hidratado, que corresponde a una forma tetravalente del manganeso.

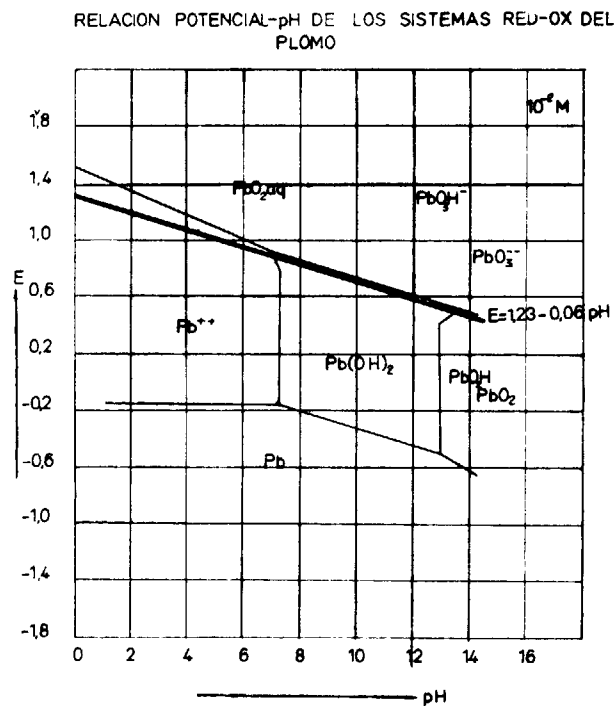


Fig. 3-5

Si consideramos ahora que el pH de las aguas kársticas se halla normalmente comprendido entre los valores 6 y 8, es evidente que las aguas referidas oxidarán al manganeso de la divalencia (+2) a valencia (+4), siendo el residuo negro de bióxido de manganeso hidratado.

Hierro

1. Por debajo de pH = 2.4 es estable el hierro trivalente en solución.

2. Por encima de pH = 2.4 es estable tam-

bién el hierro trivalente, pero en forma de hidróxido férrico insoluble.

En nuestras condiciones el hierro de la siderita será oxidado de valencia (+2) a valencia (+3) dejando un residuo pardo-rojizo de limonita.

Cobalto.

1. Por debajo de pH = 6 es estable en solución el cobalto divalente.

2. Por encima de pH = 6 es estable el cobalto trivalente en forma de sesquióxido hidratado.

En nuestras condiciones el cobalto de la esferocobaltita será oxidado de valencia (+2) a valencia (+3), depositando el correspondiente residuo insoluble de sesquióxido de cobalto hidratado.

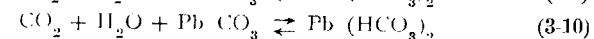
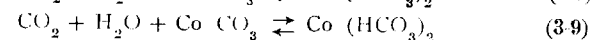
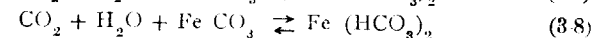
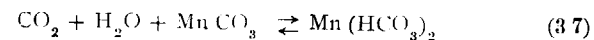
Plomo.

1. Por debajo de pH = 7.3 es estable el plomo divalente en solución al estado iónico.

2. Por encima de pH = 7.3 es estable el plomo, también divalente, pero al estado de hidróxido insoluble.

En este caso, pues, como quiera que no se alcanza el estado de valencia inmediato superior del plomo tetravalente, no ocurrirá oxidación alguna de la cerusita por las aguas kársticas.

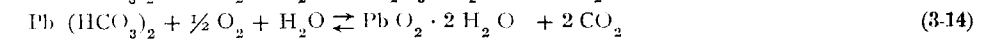
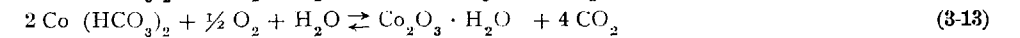
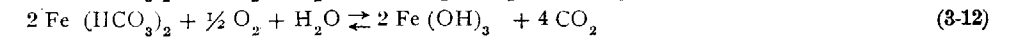
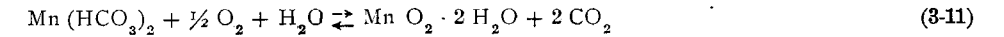
Según las consideraciones generales ya expuestas en el apartado anterior y de una manera paralela al equilibrio (2-9), los equilibrios que definirán la disolución ante el agua meteórica de los cuatro carbonatos considerados serán, respectivamente:



y que de la misma manera, cuando se desplacen hacia la derecha supondrán la corrosión del determinado carbonato, o la deposición del mismo cuando el sentido sea inverso.

Sus funciones tendrán la misma forma gráfica que la ya estudiada para el carbonato cálcico.

Haciendo actuar ahora el poder oxidante del agua meteórica, según (3-1), sobre los productos de la corrosión ocurrida en (3-7), (3-8), (3-9) y (3-10), llegamos a los siguientes equilibrios:



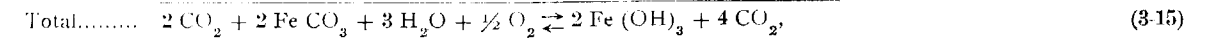
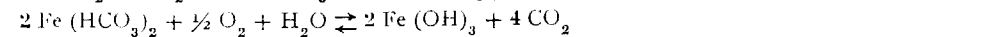
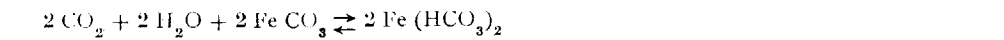
sobre los que hemos hecho actuar las ecuaciones de potenciales red-ox de Nerst, encontrando que (3-11), (3-12) y (3-13) ocurren (figs. 3-2, 3-3 y 3-4), mientras que la (3-14) no puede ser alcanzada, según se ve en la figura 3-5.

Prestando ahora atención de una manera comparativa a las parejas de equilibrios:

(3-7) y (3-11) para el manganeso;

(3-8) y (3-12) para el hierro,

y (3-9) y (3-13) para el cobalto,



que muestra claramente que se liberan doble número de moléculas de CO₂, que las que inicialmente se gastaron.

Así, pues, cuando al mecanismo de corrosión clásica se le superpone otro de oxidación, el resultado es una reacción en cadena de producción de moléculas de CO₂.

Si recordamos que según el mecanismo explicado en el apartado 2 es precisamente el CO₂ el responsable de la corrosión en las rocas carbonatadas, puede fácilmente deducirse que al ocurrir cuanto antecede nos encontraremos frente a un brutal exacerbamiento de la corrosión.

Sobre este tipo de corrosión exacerbada no conocemos morfologías determinadas, ya que el único ejemplo conocido lo constituyen las cavidades alavesas de Oratzeta, instaladas en unas calizas arrecifales sobre las que yace un estrecho filete de siderita en vías de desaparecer.

Lo paradójico de dichas cavidades, citado en su correspondiente estudio, son las exuberantes morfologías clásicas de corrosión existentes, a pesar de las condiciones climáticas totalmente adversas. Sus depósitos de limonita son de notable riqueza.

Es evidente que este tipo de corrosión puede ocurrir en todas las zonas del karst, sin más condición que las coyunturas expuestas.

No hay que olvidar que las consideraciones termodinámicas expuestas sobre el equilibrio fundamental (2-9) son valederas aquí; las funciones son, pues, isotermas y las condiciones de equilibrio las de mínima energía libre del sistema.

encontramos que al ocurrir la corrosión en (3-7), (3-8) y (3-9) gastamos una molécula de CO₂ por cada átomo de cada catión respectivo que interviene; por el contrario, al ocurrir la oxidación en (3-11), (3-12) y (3-13) liberamos dos moléculas de CO₂ por cada átomo que interviene.

Para verlo más claramente, vayamos al ejemplo del hierro (siderita) y sumemos dos veces el equilibrio (3-8) con el (3-12) (este último una sola vez), y encontraremos lo siguiente:

4. CORROSIÓN POR MEZCLA DE AGUAS

En el curso de las exploraciones efectuadas en la gran caverna suiza Hölloch (la mayor del mundo, con cerca de 100 kilómetros de galerías), que se caracteriza por una gran abundancia de formas freáticas entrelazadas en forma de enrejado con numerosos puntos de conjunción, Bögli observó en la mayoría de dichas intersecciones un cavernamiento notablemente mayor generado por determinada forma de corrosión común en dichas conjunciones.

Al tratar de explicarla por la concepción clásica de la corrosión (apartado 2) tropezaba con el problema de que los ejemplos típicos de la referida morfología estaban instalados en zonas alejadas de la de alimentación, de manera que su poder corrosivo debería estar ya gastado por el contacto con la caliza en el largo recorrido del agua.

Halló la solución al comprobar que la forma matemática que rige la ecuación química fundamental de la karstología (2-9) es diferente que la ley que regula las mezclas de líquidos (una recta), resultando la aparente paradoja de que al mezclar dos aguas kársticas en equilibrio con diferentes contenidos iónicos de carbonato cálcico, resultaba un agua con determinado poder corrosivo.

Al fenómeno lo llamó «mischungkorrosion» y resulta fácil de entender por el mismo mecanismo, que la mezcla de dos aguas corrosivas diferentes produce también otra agua de mayor poder corrosivo que cada una de las iniciales.

La explicación del fenómeno la extraeremos de la figura 4-1, que no es sino una cualquiera de las isotermas de la figura 2-3, en la que hemos conservado la misma notación que Bögli:

Supongamos que se mezclan dos aguas no agresivas, kársticas, con contenido iónico correspondiente a los puntos W_1 y W_2 , en volúmenes iguales la mezcla vendría representada por el punto T (punto medio del segmento $\overline{W_1 W_2}$) y cae dentro de la zona de agresividad, poseyendo un sobrante de CO_2 , representado por el segmento \overline{CT} .

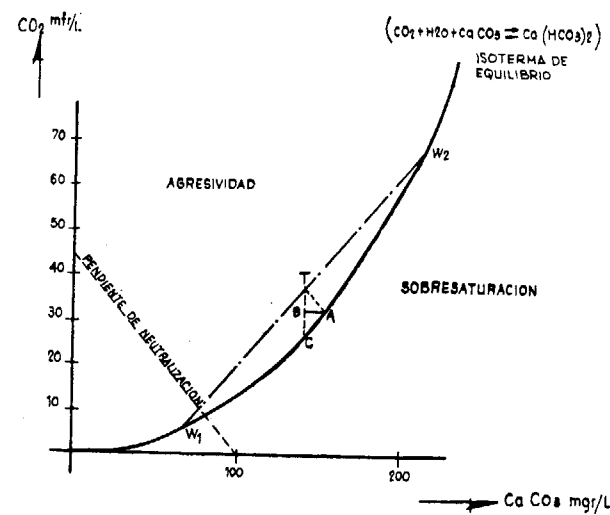


Fig. 4-1

Al actuar en la caliza circundante disolviéndola, seguirá una cierta pendiente definida por los pesos equivalentes del equilibrio fundamental (2-9) entre el CO_2 y el $CaCO_3$, que en este caso es mol a mol, es decir:

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol } CaCO_3 &= 100, \\ 1 \text{ mol } CO_2 &= 44. \end{aligned}$$

por lo que 44 mgr. de CO_2 consumen 100 mgr. de $CaCO_3$, y trazando la *pendiente de neutralización* desde el punto T tropezamos con la *isoterma de equilibrio* en el punto A.

Trazando la paralela a las abscisas desde el punto A hacia el segmento \overline{TC} , cortamos a éste en el punto B.

El segmento \overline{AB} es precisamente la cantidad suplementaria de $CaCO_3$, que se ha disuelto de resultas de la mezcla de aguas, y el segmento \overline{BT} el $\overline{CO_2}$ que se ha gastado en ello.

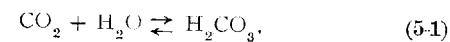
El referido tipo de corrosión es propio de la zona freática, tanto en la zona de fluctuación como en las de saturación y circulación profunda, siendo muy importante por adaptarse a la peculiar circulación hídrica en el karst.

Como también se trata de una variante del equilibrio fundamental (2-9), todas las consideraciones termodinámicas referidas a aquél conservan aquí su rigor.

5. CORROSIÓN CLIMÁTICA

Al explicar el mecanismo de la corrosión clásica en el apartado 2, hemos hecho intervenir el CO_2 existe en el aire como responsable del incremento de la potencialidad disolutiva (siempre sobre los carbonatos) del agua de lluvia, al disolverlos parcialmente en su recorrido por la atmósfera.

El equilibrio que rige dicho fenómeno es:



que es función de la temperatura y conserva las mismas propiedades termodinámicas ya expresadas para el equilibrio fundamental (2-9).

En la figura 5-1 exponemos cuantitativamente las isotermas de equilibrio para la expresión (5-1) que definen el reparto del CO_2 entre el agua y el aire, viniendo las presiones parciales P_{CO_2} en tantos por ciento.

De cuanto antecede, es evidente que el CO_2 es el responsable de la corrosión sobre las rocas carbonatadas, pero por sí solo es incapaz de producir dicho efecto, precisando del vehículo del agua en su fase líquida, ya que la mezcla de vapor de agua y anhídrido carbónico es inoperante en el fenómeno que nos ocupa.

Un fenómeno semejante ocurre cuando el agua pasa al estado sólido. En dicho momento al formarse el hielo, el CO_2 que existía en el agua se separa incorporándose a la fracción todavía no helada, enriqueciéndola, por consiguiente, en su potencialidad corrosiva de manera creciente, hasta que toda se halle en estado sólido.

Asimismo, las formaciones de agua al estado líquido a partir de fusiones de hielo o condensaciones de vapor de agua cuando ocurren en contacto con las calizas, son responsables de fenómenos de corrosión, pues aunque el agua líquida recién formada se halla exenta de CO_2 , al entrar en contacto con la atmósfera de la caverna, siempre más rica en CO_2 que el aire exterior, se carga de dicho componente en virtud del equilibrio (5-1), produciendo corrosiones sobre la roca adyacente.

Los fenómenos de cambios de estado en las ca-

vernas no obedecen a las mismas causas que las frecuentes en la atmósfera exterior, ya que la interior difiere de la epigea fundamentalmente en que posee mayor contenido en CO_2 y vapor de agua; este último se halla frecuentemente al estado de saturación, confiriendo a la atmósfera hipogea una gran inercia climática al ser mayor su entalpía.

Cuando se trata de enrejados kársticos de gran desarrollo son frecuentes la existencia de bocas de acceso a notables diferencias de altitud; esto provoca el importante fenómeno conocido con el

trada de aire del exterior en el enrejado kárstico. Es fácil de entender que en verano el fenómeno ocurrirá en las bocas altas y en invierno en las bocas bajas.

La singularidad del fenómeno causante de la entrada del aire exterior en la caverna, y que supone la humidificación del mismo, entraña como consecuencia un cambio en las características de la masa de aire, como consecuencia del cual su humedad relativa H_R y su temperatura no son las medias de los aires que se han mezclado (a igualdad de masas actuantes), sino que la primera tiende a aumentar llegando frecuentemente a saturación, por existir en los grandes enrejados kársticos reservas de agua suficientes como para mantener alta su humedad relativa, y la segunda descende, llegando frecuentemente a ser menor que la propia de la caverna, ocasionando los referidos cambios de estado.

Dicho descenso térmico es motivado por ser un fenómeno endotérmico la evaporación del agua en el seno del aire y la humidificación del mismo.

Si imaginamos una porción de agua sometida a la acción de una corriente de aire no saturado, el agua se evapora consumiendo una determinada cantidad de calor, que es función del calor latente de vaporización y de la cantidad evaporada de la misma. Dicha evaporación enfría a ambos agua y aire.

Dos casos son posibles:

a) Si el aire está a más temperatura que el agua, se alcanzará el equilibrio en el momento en que el calor recibido por éste sea igual al calor latente del vapor formado al mismo tiempo.

b) Si es el agua la que se encuentra a más temperatura, el enfriamiento será en ella más rápido, pero su temperatura no descenderá indefinidamente, porque cuando sea suficientemente baja, el vapor de agua contenido en el aire se condensará sobre ella, lo que equivale a una aportación de calor. Se alcanzará, pues, el equilibrio cuando el calor producido por condensación de la humedad del aire sea igual al calor que éste recibe por convección.

Ambos estados de equilibrio son idénticos y corresponden a la temperatura de saturación adiabática, comúnmente denominada temperatura húmeda T_w , por ser la utilizada en psicrometría (bulbo del termómetro humedecido) para medir la humedad relativa del aire.

El cálculo del descenso térmico sufrido por el aire exterior es bastante oneroso de realizar, por lo que en la figura 5-2 expresamos ya calculados todos los pasos necesarios, no precisándose para usarla más que un psicrómetro y un barómetro.

El referido nomograma 5-2 consta de cuatro gráficas acopladas, pudiendo leerse en 1 tanto el

ISOTERMAS DE EQUILIBRIO PARA EL REPARTO DEL CO_2 EN agua/aire

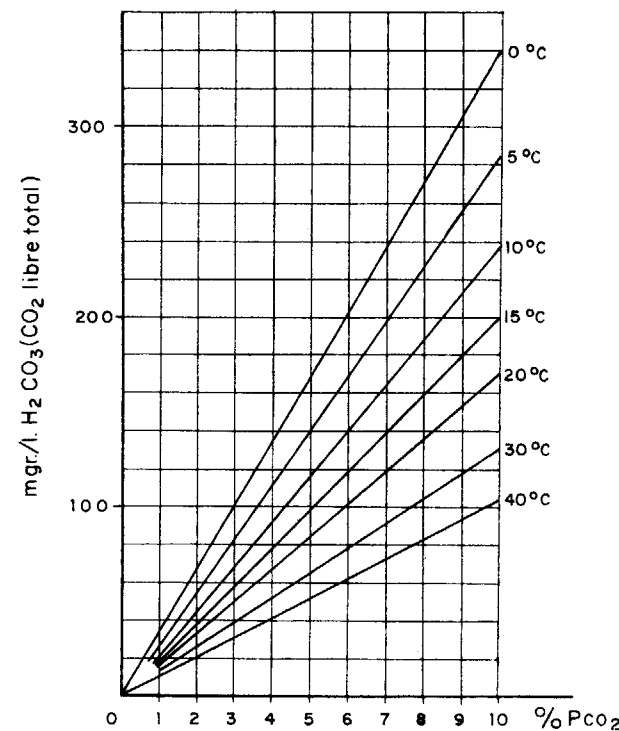


Fig. 5-1

nombre de «termocirculación», en virtud del cual se intercambian grandes masas de aire penetrando el del exterior en la caverna y saliendo el del interior afuera por el otro extremo. La fuente motriz del referido fenómeno es el diferente peso específico del aire tanto más denso cuanto más baja es su temperatura.

No entraremos en demasiados detalles, bastándonos saber para el objeto que nos ocupa que las ocasiones en las que los cambios de estado ocurren provocando corrosiones, coinciden con la en-

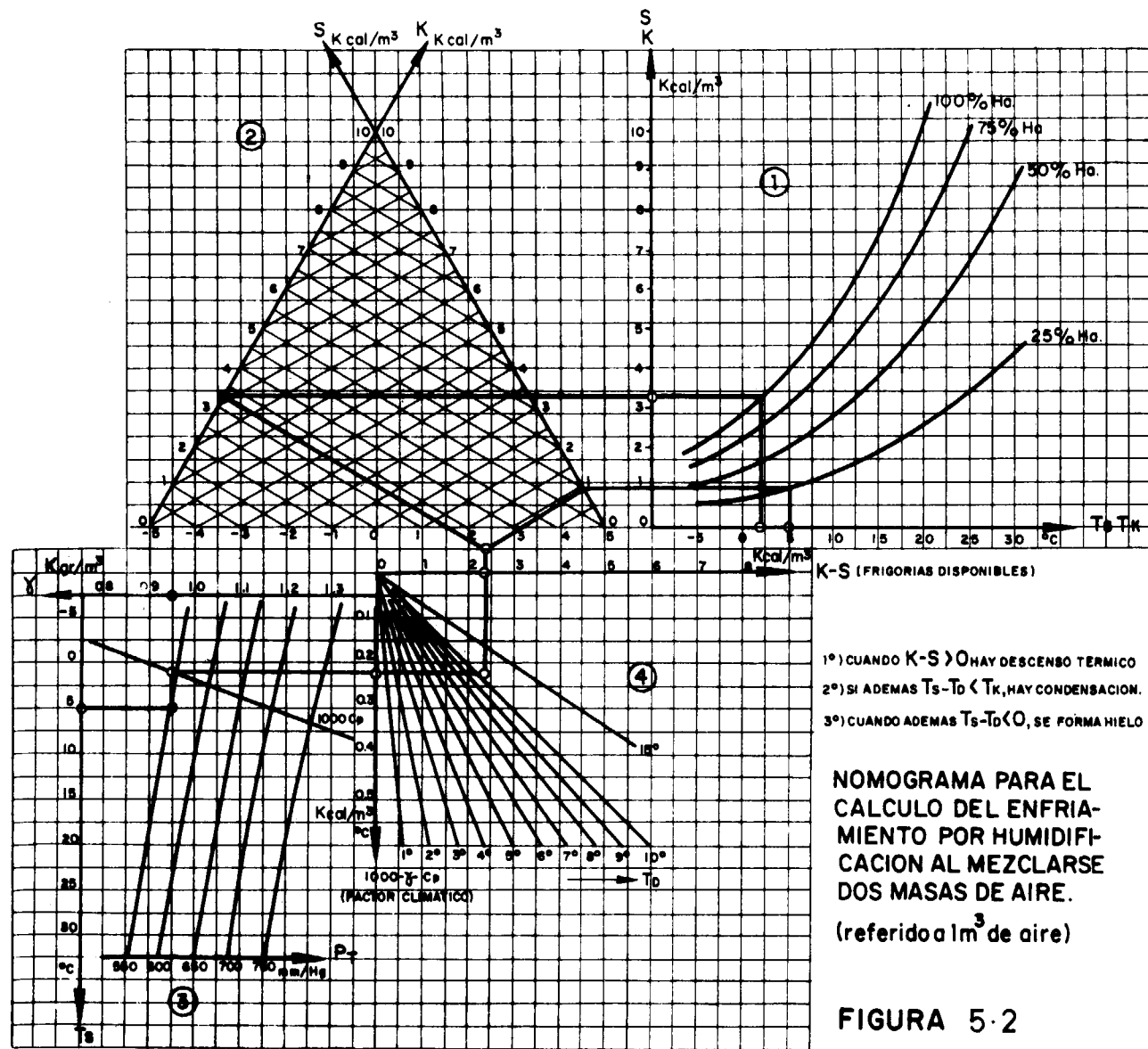


FIGURA 5-2

contenido entálpico del aire subterráneo K como el del exterior S (ambos en $Kcal/m^3$), sin más que conocer por medio del psicrómetro sus correspondientes temperaturas T_K y T_S , y humedades relativas H_R .

En 2, por medio de las propiedades de los diagramas triangulares, rebatimos la diferencia de entalpías K-S sobre el eje de ordenadas de 4.

En 3, mediante el barómetro y el psicrómetro, hallamos la presión atmosférica P_T y la temperatura exterior T_S con la que entramos en el gráfico, y en virtud de la *recta de operación* $1.000 \cdot C_p$ rebatimos sobre la abscisa de 4 el correspondiente *factor climático* del aire exterior $1.000 \cdot$

$\gamma \cdot C_p$ (siendo C_p , naturalmente, el calor específico del aire a presión constante).

Finalmente, en 4 podemos leer directamente el enfriamiento T_D sufrido por el aire exterior de resultados de haberse introducido en la caverna.

Puesto que la condición para que haya condensación es

$$T_S - T_D < T_K \quad (5.2)$$

y la de congelación:

$$T_S - T_D < 0 \quad (5.3)$$

tendremos corrosión en ambos casos por cuanto antecede.

Adjuntamos, por creerlo muy instructivo, un ejemplo que medimos en Austria en noviembre de 1961 en la cavidad de Eiskogelhöle, perteneciente al macizo de Dachstein; en ella las condiciones de los aires exterior e interior presentaban las siguientes características:

Aire exterior $H_R = 25\%$ Aire interior $T_K = 2^\circ C$
 $T_S = 5^\circ C$ $H_R = 100\%$

de manera que siguiendo el nomograma (5-2):

$$K = 3.30 \text{ Kcal/m}^3 \quad \text{y} \quad S = 1.00 \text{ Kcal/m}^3,$$

las *frigorias disponibles* K-S serán:

$$K - S = 2.3 \text{ Kcal/m}^3,$$

y el *factor climático* $1000 \cdot \gamma \cdot C_p$ será:

$$1000 \cdot \gamma \cdot C_p = 0.25 \text{ Kcal/m}^3,$$

quedando, finalmente, para el descenso térmico ocurrido T_D el valor:

$$T_D = \frac{K - S}{1.000 \cdot \gamma \cdot C_p} = \frac{2.3}{0.25} = 10.9^\circ C,$$

cumpliéndose, por consiguiente, las condiciones exigidas (5-2) y (5-3) para que el fenómeno que nos ocupa tenga lugar.

El ejemplo descrito viene expuesto en la figura 5-2, que posee la particularidad de que se forma hielo a partir de la mezcla de dos masas de aire, ambas con temperatura inicial superior a $0^\circ C$.

Las grandes masas de hielo presentes en la citada cavidad quedan para nosotros perfectamente explicadas, así como la morfología de corrosión, tan intensa en las proximidades de las bocas de la cavidad.

El mecanismo de corrosión descrito ocurre solamente en la zona vadosa de los enrejados kársticos y más concretamente en las partes superiores del mismo, y es responsable de curiosas morfologías, entre las que destacan sobremanera los lapiazes subterráneos.

Para hacernos una idea de la magnitud que puede alcanzar el fenómeno de la termocirculación, responsable de ciertos tipos de corrosión como acabamos de ver, destacaremos el ejemplo del complejo subterráneo de las simas de la Piedra de San Martín-Tête Sauvage (actual récord del mundo con un desnivel total de -1.152 metros), donde hemos medido caudales de aire superiores a $50 m^3/seg.$, en la boca del túnel artificial que E. D. F. excavó en 1960, y que responde a un

desnivel hábil de unos 800 metros con tan sólo $9^\circ C$ de diferencia entre los aires exterior e interior.

Es evidente que dicho caudal será notablemente mayor para mayores temperaturas epigeas.

6. OTROS MECANISMOS DE CORROSIÓN

A) Pirita

Cuando en las calizas o calizas margosas existen nódulos de pirita ante la acción de las aguas, ésta reacciona oxidándose y ocasionando al mismo tiempo corrosiones puntuales intensas.

RELACION POTENCIAL-pH DE LOS SISTEMAS RED-OX DEL AZUFRE

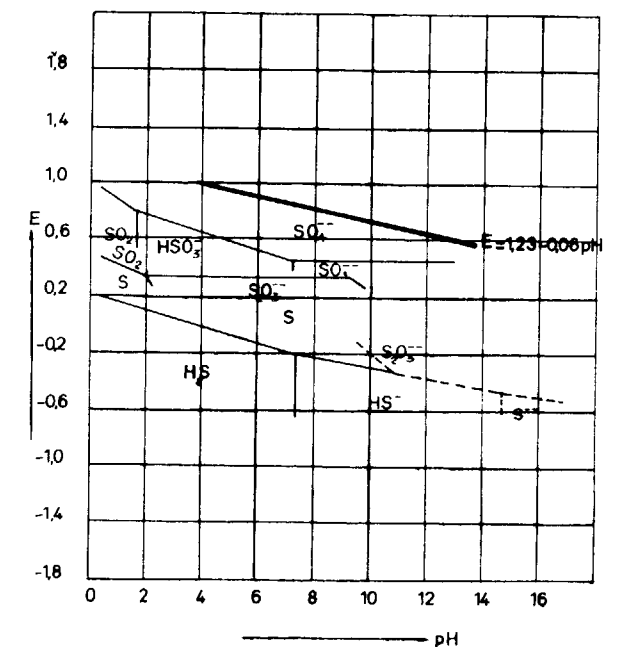


Fig. 6-1

Calculando los potenciales de oxidación-reducción para todos los iones derivados del azufre, que incluimos en la figura 6-1, en función del pH; vemos claramente que al enfrentarlos con el poder oxidante del agua meteórica, según vimos en la expresión (3-4), se alcanzan en todos los casos la región de estabilidad del ion (SO_4^{2-}) sulfato, siendo termodinámicamente posible que la reacción tenga lugar.

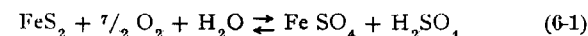
Recordando también la figura 3-3, vemos que la oxidación a hierro trivalente es perfectamente posible.

Se admite que la pirita FeS_2 se halla formada

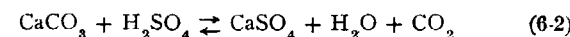
por azufre en dos formas: una como ion sulfuro S²⁻ y la otra con sus valencias compensadas S⁰, estando el hierro al estado de ion ferroso Fe²⁺.

Los equilibrios que explican el mecanismo de la oxidación de la pirita son los siguientes:

a) Oxidación del azufre S⁰ y del sulfuro S²⁻:

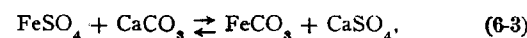


b) Corrosión de la roca caliza por el sulfúrico formado:



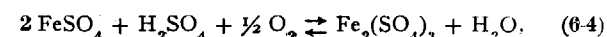
con liberación de CO₂, corrosivo a su vez.

c) Sustitución calcio-hierro a expensas del sulfato ferroso formado:

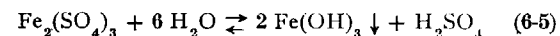


siendo también el residuo yeso, y ocurriendo gracias al carbonato ferroso formado los equilibrios (3-8) y (3-12), que justifican la exacerbación de la corrosión explicada en el apartado 3.

d) Oxidación del ion ferroso:



pero el sulfato férrico formado se hidroliza en medio acuoso:



depositando limonita y liberando sulfúrico que ataca, a su vez, a la caliza, según hemos visto en (6-2).

En la realidad los referidos equilibrios (6-1), (6-2), (6-3), (6-4) y (6-5) ocurren simultáneamente, originando:

1) *In situ*, corrosión de cuatro moléculas de caliza por cada una de pirita que interviene.

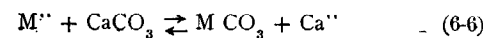
2) Depósito hipergénico de limonita.

3) Depósito de yeso de carácter sedimentogénico (pues en razón de su alto producto de solubilidad es llevado lejos).

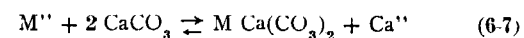
Las morfologías asociadas al citado mecanismo vienen representadas por nichos, cuyo tamaño es función del nódulo primitivo de pirita, en cuyo interior es frecuente encontrar un residuo de limonita que puede presentar la forma global y la estructura cristalina de la pirita.

B) Sustitución

Tal y como hemos visto en el equilibrio (6-3), pueden ocurrir reacciones de sustitución en la caliza, según el siguiente equilibrio general:



que a veces presenta la forma



(siendo M'' un ion divalente cualquiera), como es el caso de la formación de dolomita por aguas de alto contenido en magnesio al actuar sobre la caliza.

Los fundamentos para que las reacciones de sustitución ocurran se apoyan en la circunstancia de que su volumen equivalente V_E sea menor:

$$V_E = \frac{P_M}{d} \quad \begin{matrix} P_M = \text{Peso molecular} \\ d = \text{densidad} \end{matrix} \quad (6-8)$$

así la reacción (6-3) progresa en profundidad, por ser el volumen equivalente de la siderita menor que el de la caliza, ya que el radio iónico del ion ferroso es menor que el del calcio.

$$V_E \text{ CaCO}_3 = 36,9$$

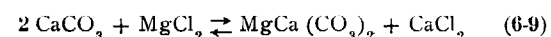
$$V_E \text{ FeCO}_3 = 30,6$$

y el cavernamiento c formado es en tantos por ciento:

$$c = 100 - \frac{30,6}{36,9} \times 100 = 100 - 83 = 17 \%$$

La dolomitización hidrotermal de la caliza puede explicarse de manera semejante.

Si partimos del equilibrio:



encontramos los siguientes volúmenes equivalentes:

$$2 V_E \text{ CaCO}_3 = 73,8$$

$$V_E \text{ CaMg}(\text{CO}_3)_2 = 63,6$$

y el cavernamiento asociado será:

$$c = 100 - \frac{63,6}{73,8} \times 100 = 100 - 86 = 14 \%$$

el fenómeno produce numerosos retículos que caracterizan una morfología particular, aunque en todos los casos dependiente de las características de flujo de la solución actuante, pudiendo llegar a ocasionar vanos de forma lenticular de dimensiones a veces considerables (100 × 100 × 10 metros), de los que son ejemplo los existentes en el macizo de Ranero en Carranza (Vizcaya), puestos de manifiesto durante las excavaciones realizadas por la empresa Dolomitas del Norte en sus canteras.

C) Orgánica

Es sorprendente la cantidad de materia orgánica existente en el suelo, tanto viviente como muerta, representada en el primer caso por raíces de vegetales, animales, plantas superiores, organismos inferiores, etc.; y en el segundo caso, por toda esa gama de materiales en descomposición que desemboca en esa sustancia de composición indefinida que se denomina humus.

La materia orgánica viva más importante del suelo la constituyen las bacterias, que juegan un enorme papel, como veremos, tanto por su variedad como por su población (varias decenas de millones por cada gramo de suelo).

Su función más importante desde nuestro punto de vista es doble, ya que, por una parte, abuecan la tierra, favoreciendo la penetración en ella, tanto del oxígeno, acarreado por consiguiente oxidaciones y combustiones que desembocan en la formación de CO₂, como del agua, capaz de arrastrar en profundidad los materiales solubles; por otra parte, dichas bacterias son esencialmente destructoras de la materia orgánica muerta, fenómeno que también libera grandes cantidades de CO₂ (nos referimos, naturalmente, a las bacterias heterotrofas, que son las más abundantes).

La materia orgánica muerta, representada por el humus, está compuesta esencialmente por una parte soluble en alcohol representada por ceras y ácidos grasos, y otra insoluble, en la que dominan los ácidos húmicos y crénicos y la humina.

La cantidad de materia orgánica muerta existente en el suelo es función tanto de la cantidad aportada por destrucción de materias vivientes, como por la destrucción de organismos propiamente dichos.

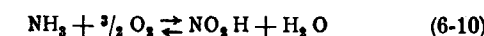
La primera es máxima en las regiones de clima templado y ecuatorial, y mínimo para climas polares y tropicales; la destrucción de los segundos es máxima en las regiones calientes y mínima en las frías.

Las combinaciones orgánicas nitrogenadas constituyen a su vez un interesante grupo.

La fuente del nitrógeno es fundamentalmente doble, ya que puede ser arrastrado desde el aire por la lluvia, en el que está como componente dominante (78,03 %), pasando al humus en forma de combinaciones nitrogenadas, o fijado en el suelo directamente por bacterias tanto aerobias (fam. Azobacter) como anaerobias (fam. Clostridium), y hongos de diversas familias (Penicillium, Sterigmatocystes y Mucor), que actúan en simbiosis con ciertas bacterias.

Los diferentes grados de oxidación de los compuestos nitrogenados y, por consiguiente, la variedad de sustancias derivadas de ellos, es enor-

me y en constante transformación, ya que determinados microorganismos actúan de catalizadores (Nitrosococcus, Nitrosomonas y Nitrobacter) sobre el equilibrio general reversible:



que supone el paso de bajos a altos estados de oxidación y viceversa en las combinaciones nitrogenadas.

El contenido en nitrógeno de un suelo llega fácilmente a valores del 1 al 2 %.

Los procesos y equilibrio ocurridos como consecuencia de la actividad de la materia orgánica en el suelo son importantísimos desde el punto de vista de la corrosión, ya que es muy elevada su potencialidad, tanto por la liberación de gran número de ácidos susceptibles de descender el pH del medio lo suficiente para provocar ataques en las rocas carbonatadas, como por la formación de grandes cantidades adicionales de anhídrido carbónico, cuya importancia ya hemos visto al describir el capítulo de la corrosión clásica.

Los ácidos orgánicos se producen tanto durante el crecimiento de las plantas, de manera que son liberados después de su muerte, como de resultados de la composición de las materias vegetales por las bacterias; su variada gama viene principalmente representada por los siguientes:

- Acido butírico.
- » fórmico.
- » acético.
- » propiónico.
- » oxálico.
- » fumárico.
- » succínico.
- » cítrico.
- » tánico.
- » láctico.
- » valerianico.

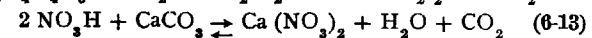
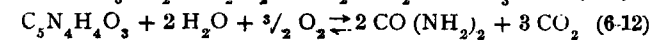
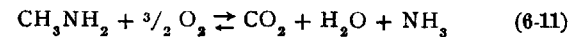
Todos ellos ácidos débiles, al ser pequeño su grado de ionización, e inestables, pues no se conservan mucho tiempo en las aguas subterráneas, pero sin embargo son capaces de atacar las rocas carbonatadas con una actividad de una a diez veces la del CO₂.

Por su parte, el CO₂ originado en el suelo por las actividades orgánicas descritas es directamente proporcional a la vida en el suelo, ya que es generado tanto por la respiración de las raíces de los vegetales como por las actividades de otros organismos, especialmente bacterias, que pueden liberar diariamente varias veces su peso en CO₂.

La importancia de los fenómenos descritos se pone de relieve al medir las concentraciones de

CO₂ en el suelo, que pueden llegar a ser incluso 300 veces mayores que las del aire, ya que en el primero los valores para la profundidad más favorable (≈ 30 cm.) oscilan entre el 1 ‰ y el 10 ‰, mientras que el valor medio en el aire es tan sólo de 0,3 ‰.

Otros fenómenos pueden acarrear adicionales liberaciones de CO₂, especialmente las reacciones susceptibles de ocurrir gracias a las materias orgánicas nitrogenadas, destacando fundamentalmente los fenómenos de la amonificación y nitrificación, representados en los equilibrios siguientes:



que son función de la naturaleza de la cobertura vegetal del suelo, de la profundidad del mismo y del clima.

Asimismo, la oxidación de combinaciones sulfuradas frecuentes en los suelos nos produciría liberación de H₂SO₄ y CO₂ mediante un mecanismo paralelo al descrito para la corrosión por presencia de piritita.

Resumiendo, la potencialidad corrosiva debida a la acción de la materia orgánica en los suelos, aunque de carácter local generalmente, su acción es mucho más importante por su intensidad, tanto por sí misma al liberar ácidos que aumentan la agresividad del medio, como por el CO₂ generado en mayores cantidades que por otras causas.

De esta manera, a pesar de que en el equilibrio fundamental (2-9) descrito al hablar de la corrosión clásica sea mayor la disolución de la caliza en frío que en caliente, de resultados de los fenómenos que acabamos de describir, la realidad responde frecuentemente con efectos contrarios, es decir, mayores intensidades en caliente que en frío cuando interviene en el fenómeno la materia orgánica, según se ha puesto de relieve en los últimos coloquios sobre el tema.

Los fenómenos descritos son la causa de varios tipos de corrosión acelerada descritos por Gams, especialmente la corrosión bioquímica y la de borde; y en menor grado la autóctona y la subaeriana, respondiendo a esta causa gran parte de las morfologías exokársticas.

7. ASPECTO HIDRODINÁMICO

Frente a uno de los problemas fundamentales del karst sobre el porqué en la génesis de las cavernas, el agua utiliza tan sólo unas pocas de las numerosas fisuras existentes en la masa caliza,

Howard desarrolla un tratamiento matemático sobre el tema, del que extrae unas conclusiones tan sumamente interesantes, que no podemos dejar de lado en nuestra exposición.

Aborda el problema en tres etapas sucesivas: en la primera el agua circula por pequeñas fisuras, siendo su acción disolvente motivada por una producción local de ácidos dentro del agua o en el contacto de ésta con la roca, o bien una oxidación de materias orgánicas, debidas o no a la intervención de bacterias, o de minerales sulfurados contenidos en la roca. Suponiendo que la velocidad de formación de ácidos está relacionada con la concentración de oxígeno o materia orgánica en determinada manera, y que la velocidad de ensanchamiento del pasaje es a su vez proporcional a la velocidad de formación de ácidos, siendo el régimen laminar, llega mediante un desarrollo que omitimos a la siguiente expresión:

$$\frac{dD}{dt} = \psi \cdot \eta \cdot \gamma \cdot (C_0 - C_s) \frac{D}{4} \cdot e^{-\frac{32 \gamma \mu L x}{\omega h_L \bar{D}^2}} \quad (7-1)$$

en la que $\frac{dD}{dt}$ es la velocidad de aumento del diámetro del pasaje; ψ , η , γ , ω y μ son constantes; C_0 corresponde a la concentración inicial del componente reactivo; C_s es la concentración por encima de la cual ya no hay oxidación ulterior;

L es la longitud del conducto; $\frac{h_L}{L}$ el gradiente hidráulico; \bar{D} el diámetro equivalente, y x la posición en el conducto.

En una etapa más avanzada, al aumentar el tamaño de los conductos y el caudal que circula por ellos, el mecanismo de disolución predominante, supone Howard, puede pasar a ser originado de preferencia por la subsaturación del agua en carbonatos. De manera análoga a la anterior, llega a encontrar que la velocidad de ensanchamiento del pasaje viene en este caso definida por

$$\frac{dD}{dt} = v \delta (C_0 - C_s) e^{-\frac{128 \delta \mu L x}{d_L \omega \bar{D}^2}} \quad (7-2)$$

o bien, haciendo intervenir el caudal Q :

$$\frac{dD}{dt} = v \delta (C_0 - C_s) e^{-\frac{4 \pi \delta \bar{D} x}{Q}} \quad (7-3)$$

en las que v y δ son constantes y los demás términos los descritos en la expresión (7-1).

Para una etapa todavía más avanzada, en la que el tamaño del conducto ya hace posible que el flujo pase a régimen turbulento, y suponiendo que la concentración C en CaCO₃ disuelto es in-

ferior a la de saturación C_s en la interfase agualiza, y que se difunde a través de la capa límite de espesor conocido Δ , en la que el flujo es laminar, entonces la velocidad de transferencia de masa por difusión a través de la capa límite es proporcional a la velocidad de ensanchamiento del conducto; se supone también un gradiente de concentraciones uniforme a través de la capa límite. La velocidad de ensanchamiento del conducto será:

$$\frac{dD}{dt} = \frac{(C - C_s) \cdot \beta \cdot \alpha}{\Delta} \quad (7-4)$$

en la que β y α son constantes de proporcionalidad y difusión respectivamente.

La ecuación (7-4) la resuelve Howard utilizando las ecuaciones de movimiento en régimen turbulento en tubos lisos, introduciendo las hipótesis de que $C - C_s$ es constante y D varía uniformemente a lo largo del conducto, encontrando finalmente:

para h_L constante,

$$D^{1/2} = D_0^{1/2} + \frac{\alpha \beta (C - C_s)}{20} \cdot \left(\frac{g h_L}{L} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{\rho}{\mu} \right)^{3/4} t \quad (7-5)$$

y para Q constante,

$$D^{23/8} = D_0^{23/8} + \frac{8}{23} \alpha \beta (C - C_s) \left(\frac{\rho}{\mu} \right)^{7/8} \cdot \left(\frac{4 Q}{\pi} \right)^{7/8} \cdot \frac{\sqrt{0'3164}}{5 \sqrt{8}} t \quad (7-6)$$

ecuaciones en las que D_0 es el diámetro del conducto en el instante inicial; g la aceleración de la gravedad; ρ y μ constantes; Q es el caudal efectivo, teniendo en cuenta las variaciones estacionales, y t el tiempo.

La interpretación física de dichas ecuaciones es francamente interesante. Veamos la (7-1): sus propiedades se definirán a tenor del valor exponencial; hay, pues, tres casos posibles:

$$1.^\circ \quad (32 \gamma \mu L x) \gg (\omega h_L \bar{D}^2),$$

entonces el término exponencial es sensiblemente nulo y no habrá, por consiguiente, ensanchamiento apreciable del conducto correspondiente, es decir, cuando las fisuras iniciales sean muy estrechas y el gradiente hidráulico muy pequeño. Si no hay reacciones de oxidación o si no hay producción de ácidos, no habrá disolución apreciable de la caliza.

$$2.^\circ \quad (32 \gamma \mu L x) \approx (\omega h_L \bar{D}^2),$$

las fisuras con mayor diámetro inicial y con mayor gradiente hidráulico serán mucho más rápi-

damente ensanchadas que las que tienen menor anchura o menor gradiente. A su vez, la velocidad de ensanchamiento decrecerá a lo largo del camino recorrido por el agua, pues x aumenta.

$$3.^\circ \quad (32 \gamma \mu L x) \ll (\omega h_L \bar{D}^2),$$

no hay disminución apreciable de la producción local de ácidos a causa del elevado gradiente hidráulico o amplio diámetro de las fisuras. Como el término exponencial vale casi la unidad, la velocidad de ensanchamiento del conducto será proporcional al diámetro del mismo.

Resumiendo, las fisuras que entren en los casos segundo y tercero gozarán de condiciones iniciales ventajosas y podrán llegar a formar conductos amplios y cavernas, quedando descartadas totalmente las comprendidas en el caso primero.

Existe, pues, una selección inicial a favor de las fisuras más abiertas o con mayor gradiente hidráulico.

De la misma manera ocurre para las ecuaciones (7-2) y (7-3), cuyas propiedades dependen también del valor del término exponencial.

Por análogos razonamientos encontramos que cuando el gradiente hidráulico y el diámetro del conducto sean pequeños, no existirá aumento apreciable del conducto, siendo necesaria la presencia de ácidos para un mayor desarrollo del mismo.

En los momentos iniciales se puede suponer que el gradiente hidráulico es constante, y bajo dicha condición la velocidad de ensanchamiento del conducto aumentará hasta que el término exponencial valga la unidad, momento en que ésta será constante.

Al aumentar el diámetro, también lo hará el caudal hasta un cierto límite, a partir del cual el caudal total a través de la red de conducto será constante, pero el gradiente hidráulico será menor en los de mayor diámetro. Por su parte, el caudal se distribuirá entre los diversos conductos en partes proporcionales, que serán inversamente a sus longitudes y directamente a sus diámetros.

Al intervenir la turbulencia, el aumento del diámetro del conducto viene ya resuelto en las ecuaciones (7-5) y (7-6), cuya interpretación es inmediata, y de la que se deduce que: mientras que no todo el caudal disponible es drenado (condición de gradiente hidráulico constante), el aumento del diámetro del conducto será directamente proporcional al tiempo, y los conductos sometidos a mayor gradiente hidráulico serán más fuertemente ensanchados, porque la velocidad de tránsito del agua a su través será mayor.

En el caso en el que se drene todo el caudal disponible, el ensanchamiento de la caverna de-

crecerá proporcionalmente a la ampliación del conducto, aunque dicho ensanchamiento será siempre de orden mayor que el correspondiente a condiciones de flujo laminar.

Cuando todo el caudal drenado se distribuya entre los conductos disponibles, los que tengan mayor gradiente hidráulico y mayor diámetro inicial drenarán más caudal, desarrollándose, por consiguiente, con mayor rapidez.

Hemos visto, por consiguiente, que los conductos más amplios en las cavernas resultan de un proceso de selección natural, cuyos factores predominantes son al tiempo directamente proporcionales a los gradientes hidráulicos a los diámetros iniciales, al grado de subsaturación o de concentración de ácidos y al caudal drenado, produciéndose una exacerbación del fenómeno cuando el movimiento del agua pasa a ser en régimen turbulento, es decir, para un número de Reynolds mayor de ≈ 2.000 .

La disolución de las calizas motivadas por las antes expuestas ideas de Howard, creemos tiene suficiente personalidad propia como para definir un particular tipo de corrosión bautizable como *corrosión reogénica*, puesto que es motivada por el flujo.

Es evidente que la condición inicial requerida por Howard para que entre en funciones su ecuación (7-1), puede ser lograda preferentemente por un mecanismo del tipo definido al hablar de la corrosión orgánica, y en menor grado por las corrosiones debidas a mecanismos de oxidación-reducción.

La condición de partida para las ecuaciones (7-2) y (7-3) es debida inicialmente a la corrosión pura, pero fundamentalmente puede subsistir gracias al mecanismo descrito en la corrosión por mezcla de aguas, único que por sí solo puede subsistir perennemente en condiciones freáticas profundas.

En este hecho radica, para nosotros, el mérito de Howard, ya que al ser su trabajo anterior al de Bögli, no podía conocer las ideas de éste, a pesar de lo cual intuyó que debía de existir algún mecanismo causante de la subsaturación del agua en régimen freático, sin la cual su desarrollo matemático sería estéril.

La condición de turbulencia se basta por sí misma para justificar el aumento de corrosión. Únicamente lamentamos que Howard no haya llegado a tratar las condiciones del flujo cuando genera localmente fuertes depresiones, ocasionando el fenómeno de la cavitación, ya que por experiencias en perforaciones petrolíferas y en ingeniería civil se sabe que cuando esto ocurre, la potencialidad abrasiva y agresiva del fluido viene notablemente exacerbada.

En resumidas cuentas, Howard ha venido a demostrar matemáticamente la diferencia hidrogeológica entre medios fisurados y medios porosos, o dicho en otras palabras, por qué cuando se enfrentan el agua y las calizas se forman las cuevas.

8. EPÍLOGO

Para completar la exposición, presentamos una colección de formas de corrosión tanto exokársticas (detalles de morfologías de lápiz) como endokársticas (detalles de morfologías vadosas y freáticas).

A) Formas exokársticas

Las formas exokársticas han sido tomadas en su totalidad en los lapiaces de Itxina, parte vizcaína del macizo del Gorbea, de preferencia en la cresta que une el pico de Lekanda con el Ojo de Atxular y los Atxas a una altitud comprendida entre los 1.000 y los 1.300 sobre el nivel del mar. El lapiaz es de tipo mixto, nival-pluvial, aunque domine ampliamente la morfología nival.

El tipo de caliza es arrecifal de edad urgo-apense.

En la fotografía 1 puede verse el cuarteamiento de la caliza por sus diaclasas, debido a un mecanismo de gelivación acompañado de corrosión.

En las fotos 2 y 3 se aprecia cómo la corrosión pone de relieve las numerosas leptoclasas que entrecruzan la caliza.

La fotografía 4 muestra los canales de corrosión en el borde de una cuchilla.

La fotografía 5 representa la corrosión sufrida en el labio de una diaclasa, de la que ha desaparecido el otro labio.

Por su parte, la fotografía 6 representa un fenómeno semejante al anterior, en el que la corrosión ha afectado esta vez a la junta entre dos planos de estratificación, de los que el superior ha desaparecido.

La fotografía 7 muestra un clásico «kamenitza», relativamente poco frecuente en Itxina, del que surge un surco emisario.

La fotografía 8 representa canales más evolucionados en cuyo fondo comienza a instalarse la vegetación.

Hasta ahora las morfologías expuestas son motivadas fundamentalmente por un mecanismo del tipo de la corrosión clásica.

Desde el momento en que comienzan a formarse suelos y coberteras vegetales, hay que hacer intervenir también los mecanismos descritos sobre la corrosión orgánica.

Por ejemplo, la fotografía 9 muestra en la superficie de la caliza, curiosas rugosidades que re-

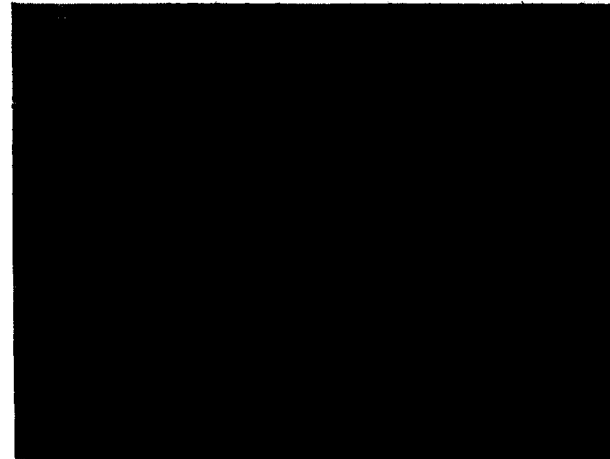


Foto 1.

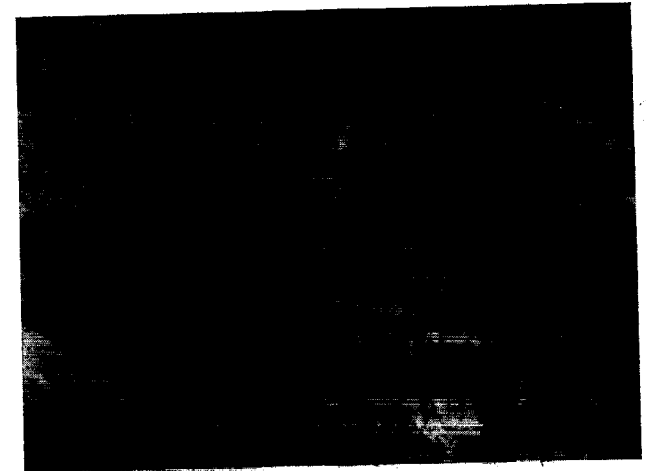


Foto 2.

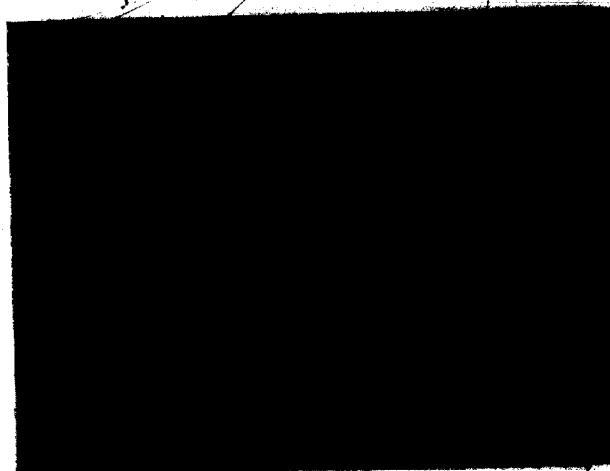


Foto 3.



Foto 4.



Foto 5.



Foto 6.



Foto 1.

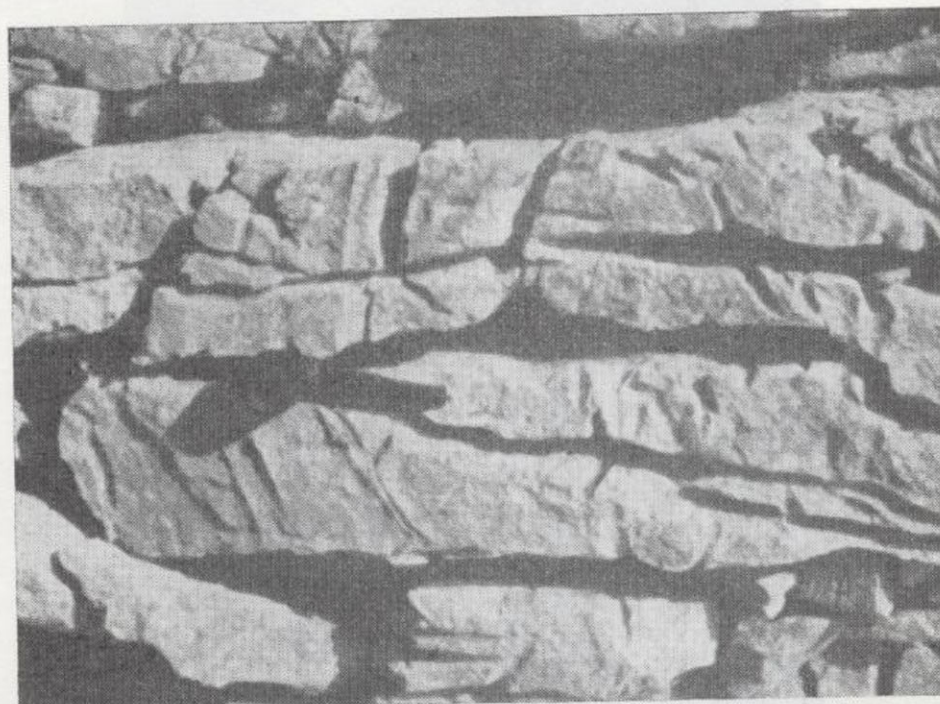


Foto 2.

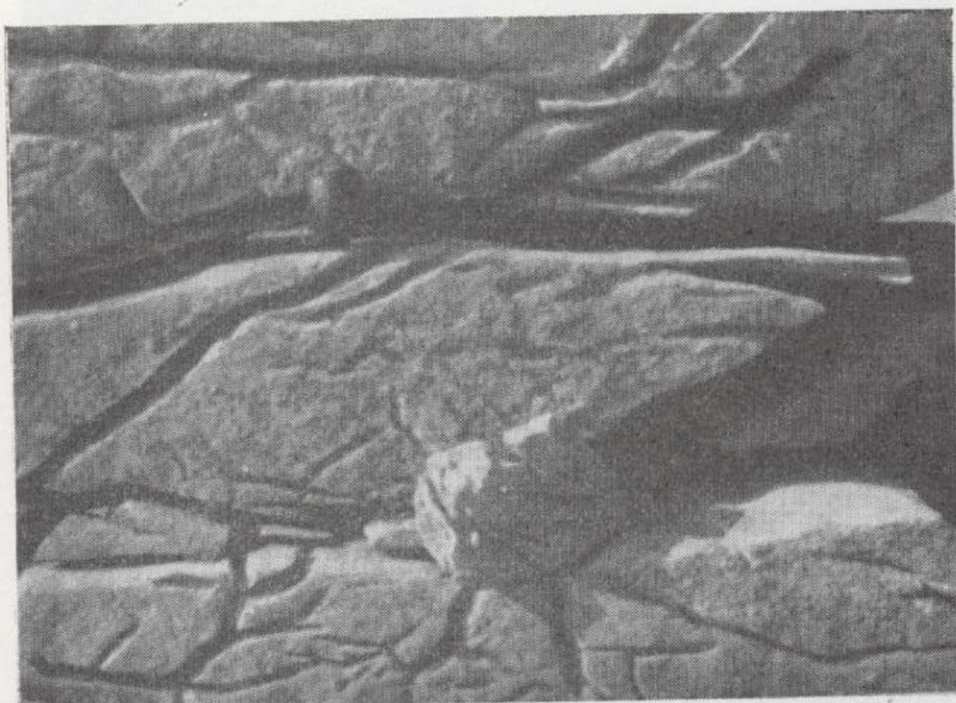


Foto 3.

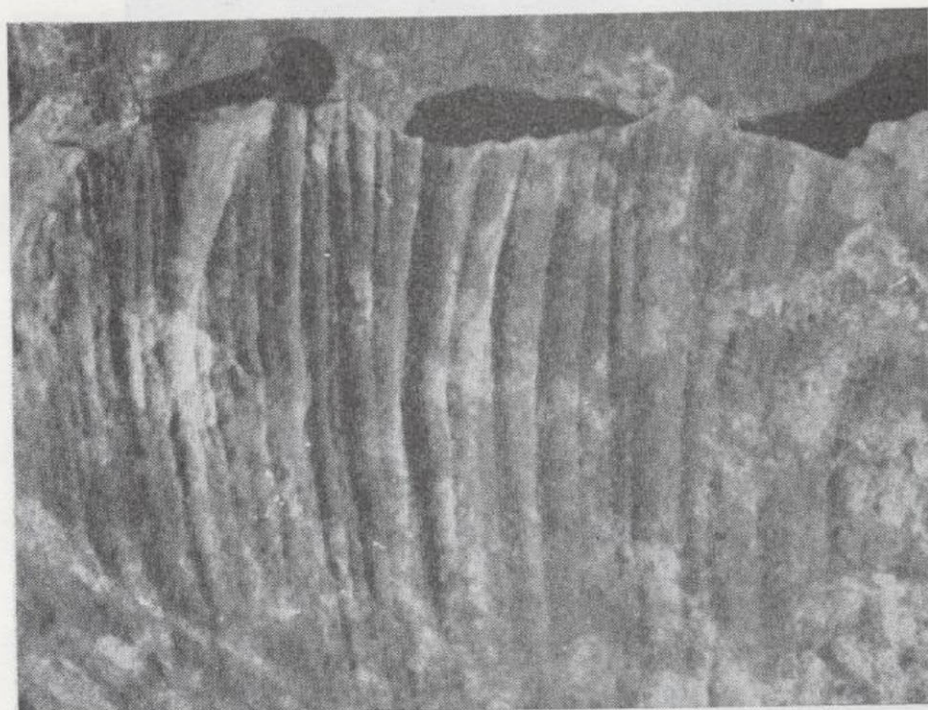


Foto 4.

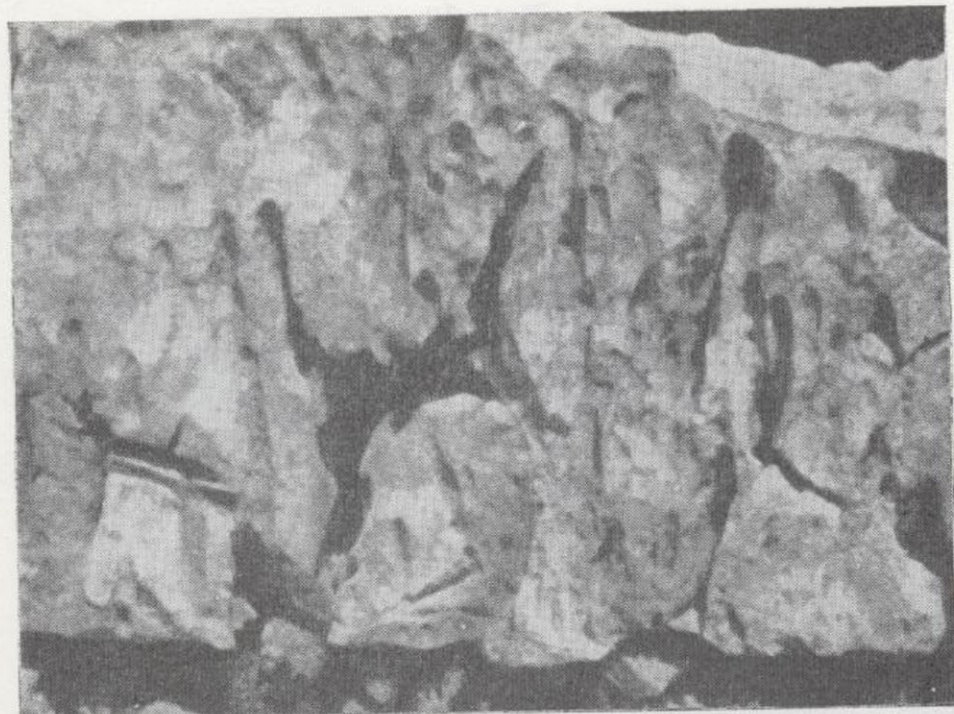


Foto 5.

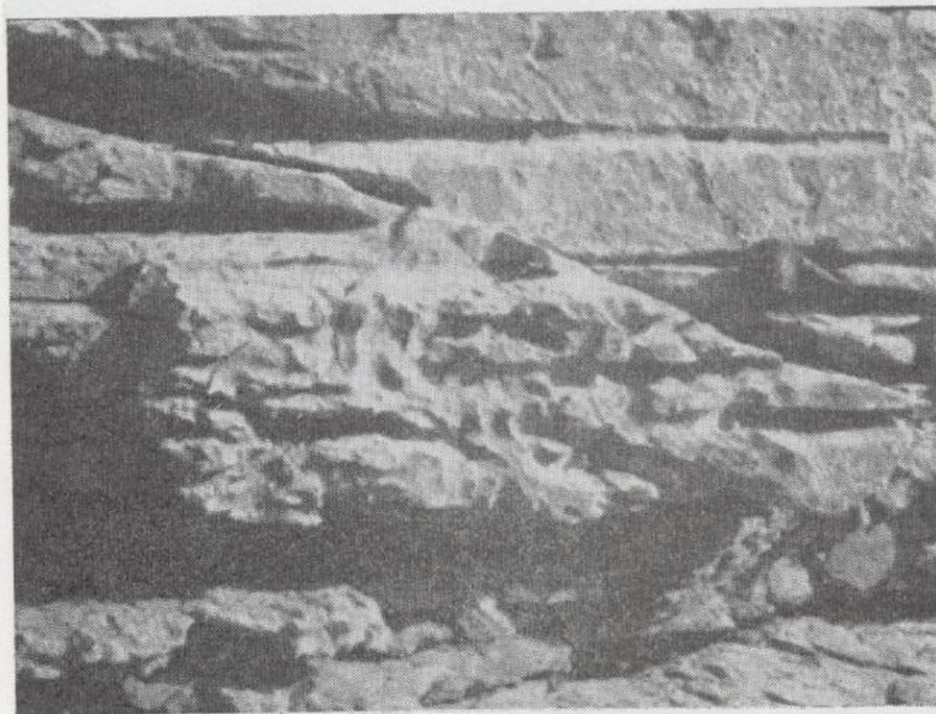


Foto 6.

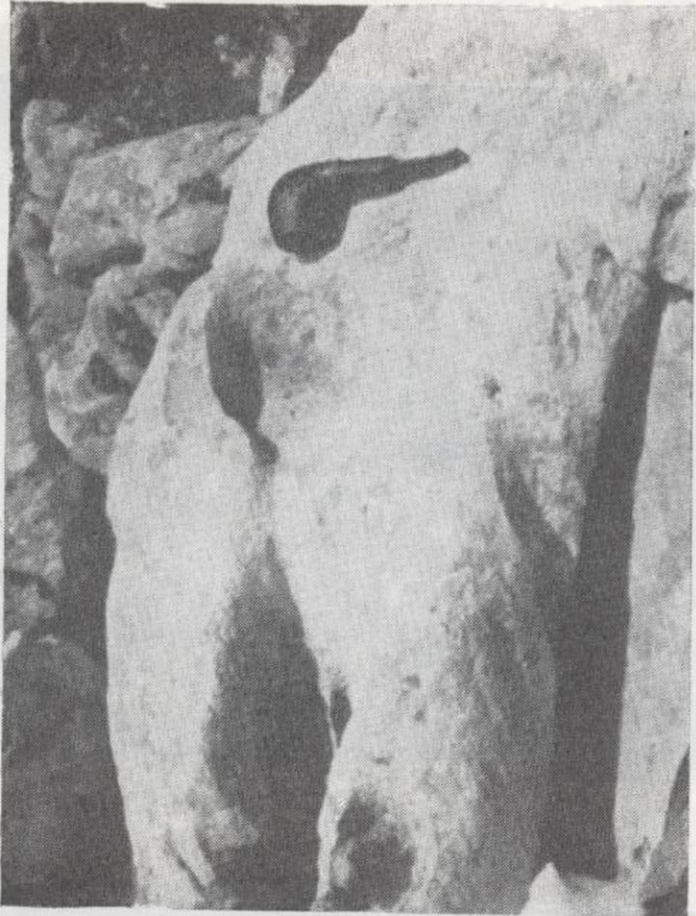


Foto 7.

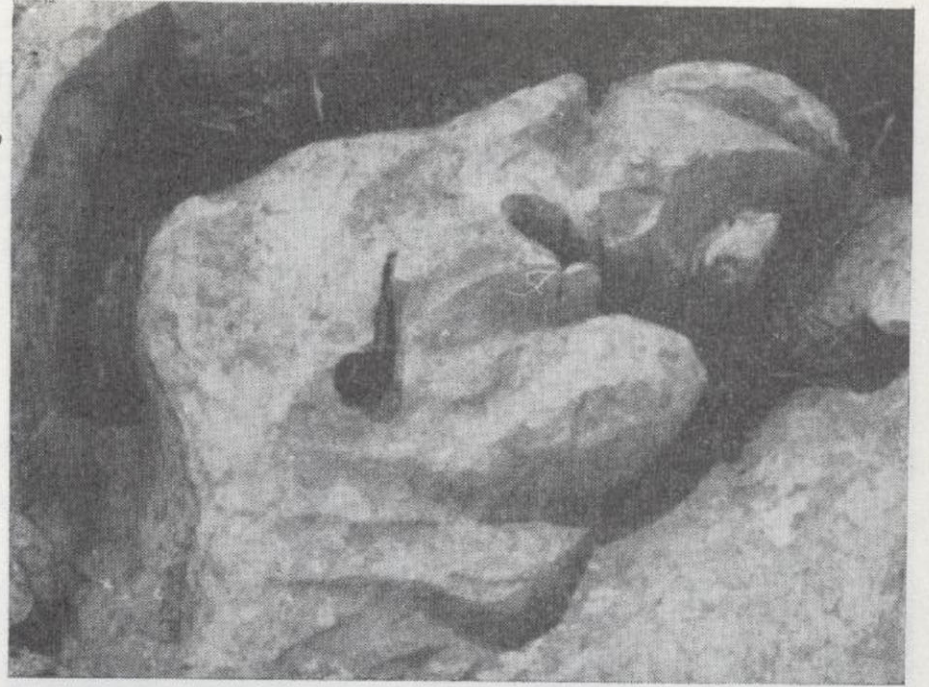


Foto 8.



Foto 9.

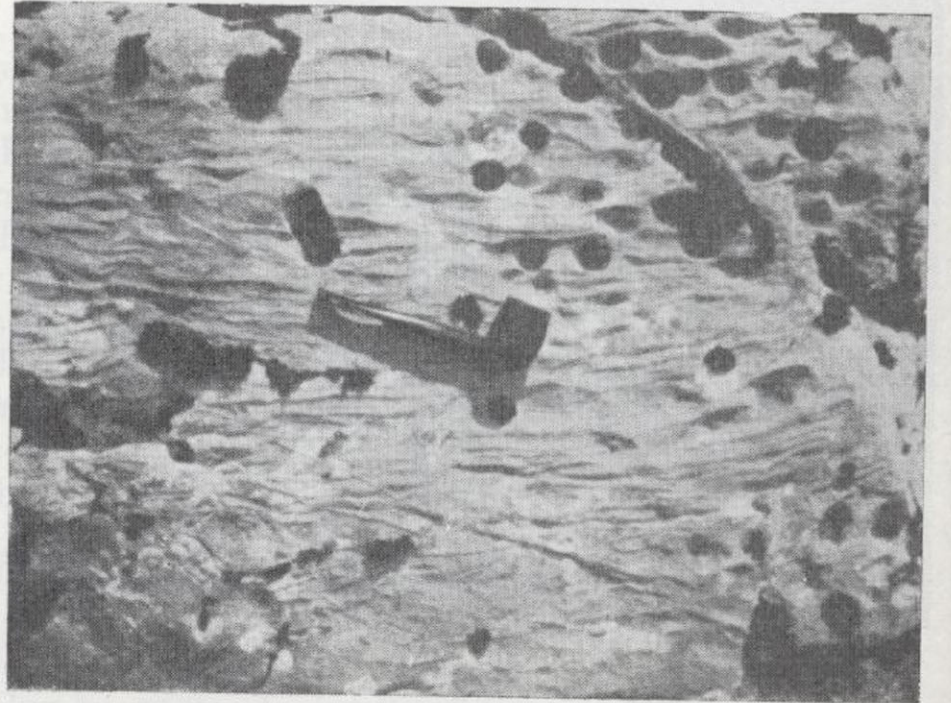


Foto 10.

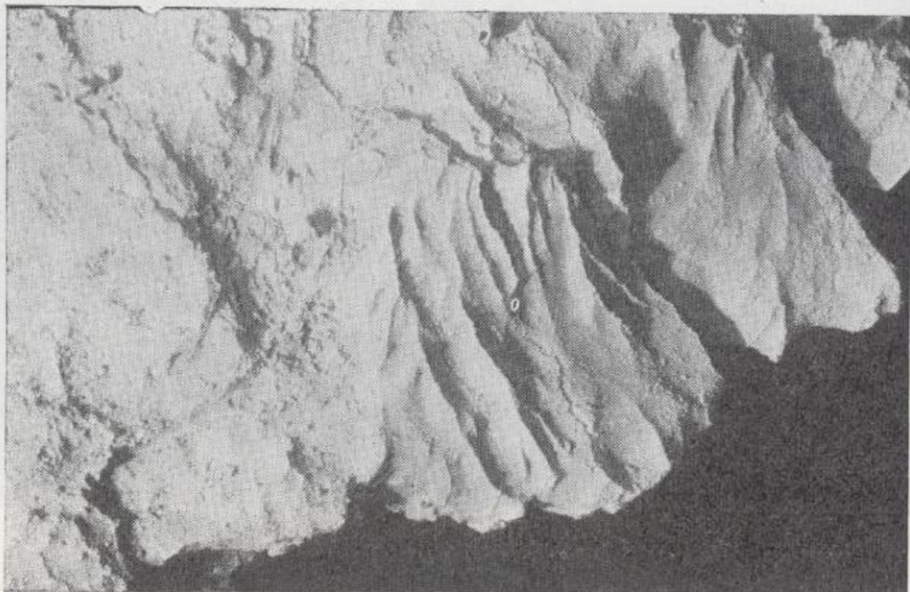


Foto 11.

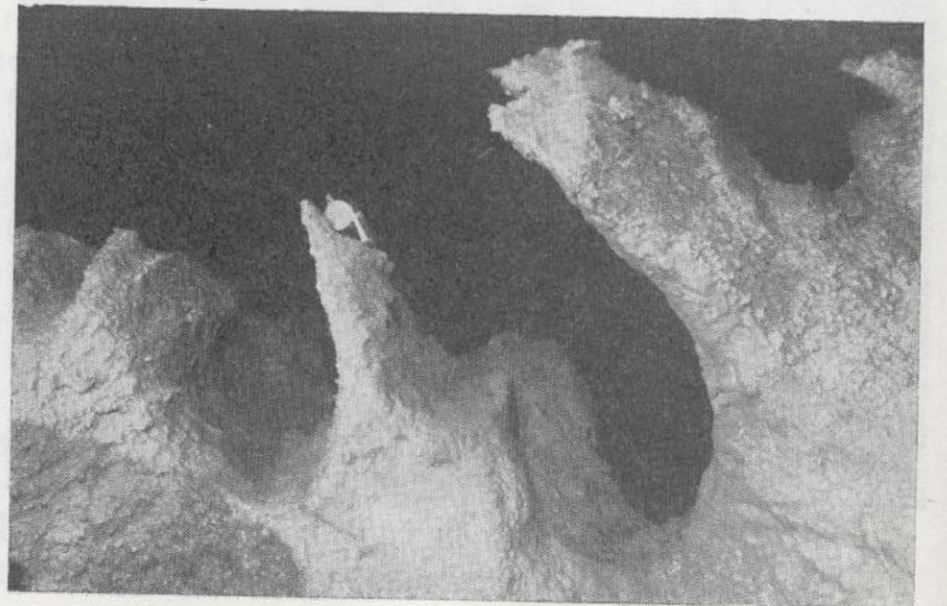


Foto 12.



Foto 13.



Foto 14.

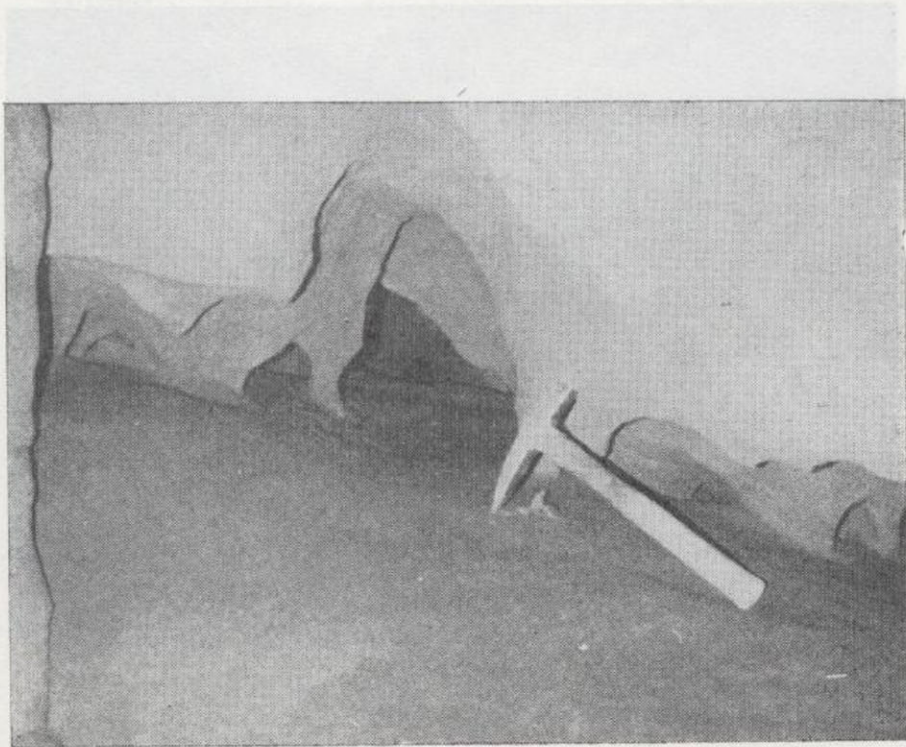


Foto 15.

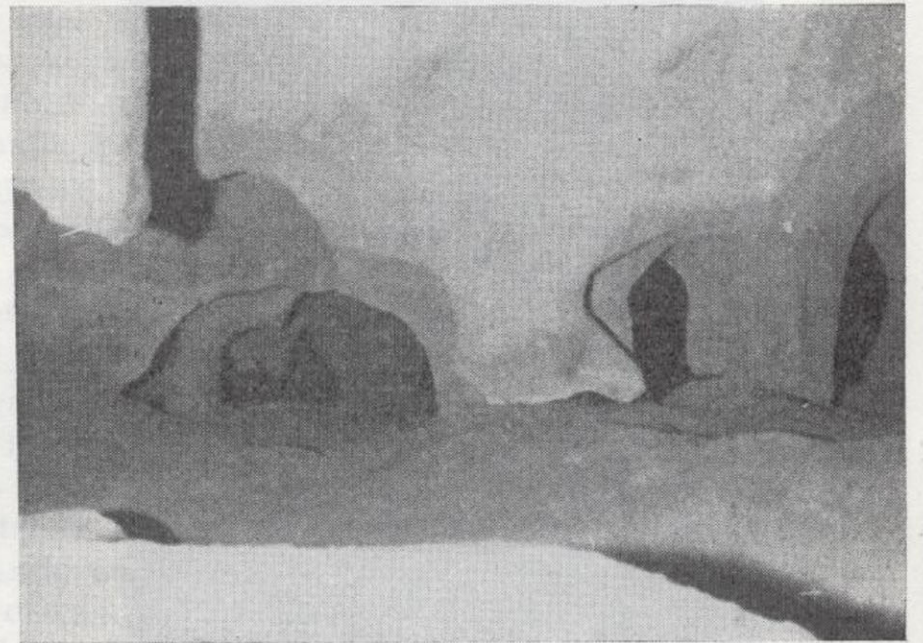


Foto 16.

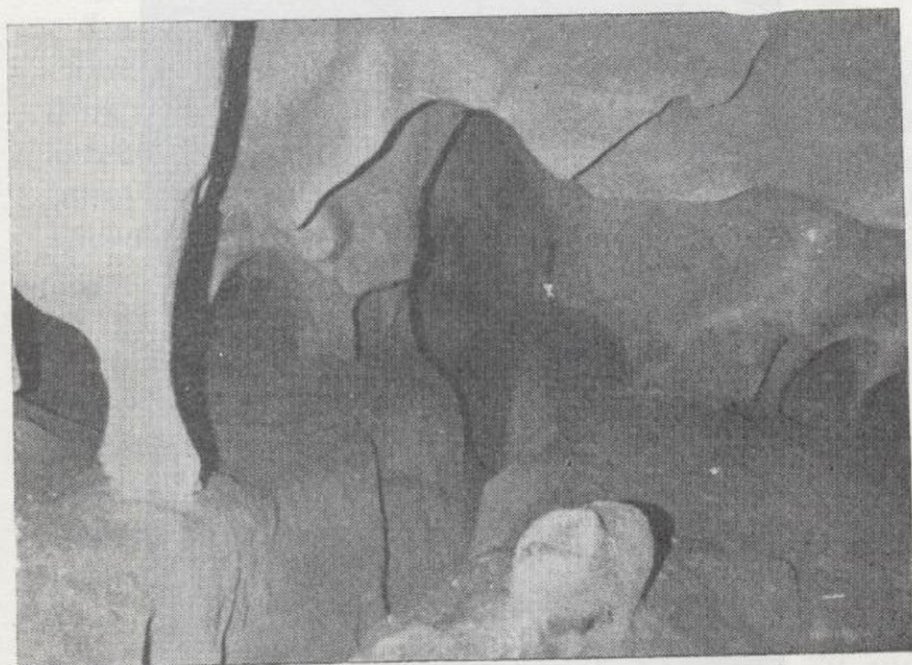


Foto 17.



Foto 18.

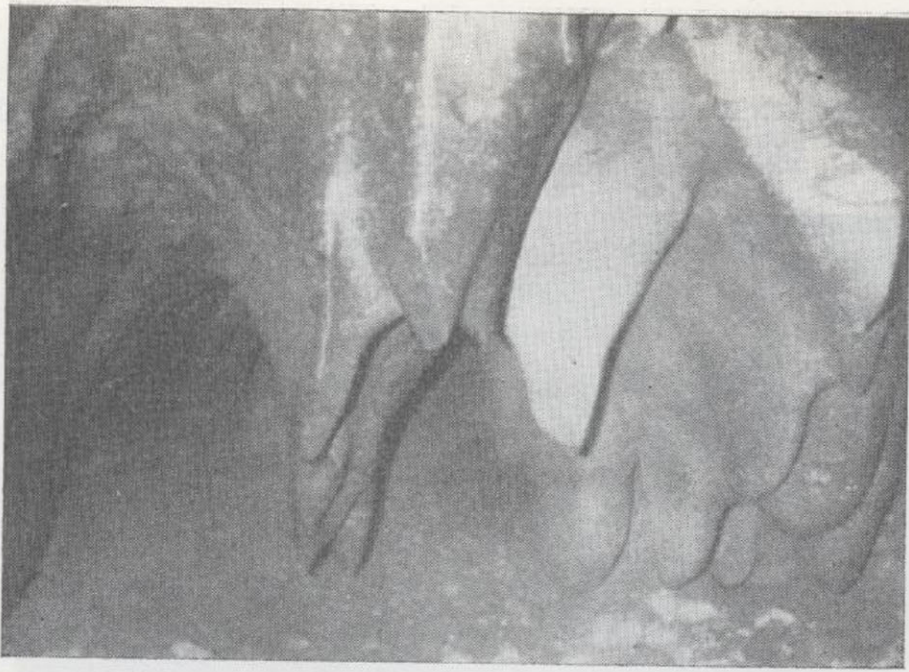


Foto 19.

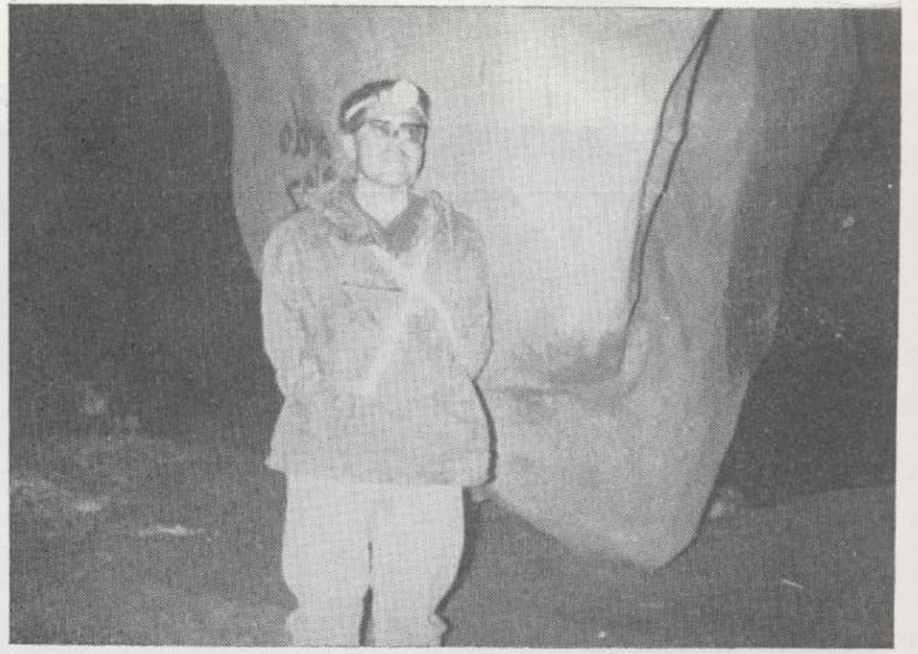


Foto 20.

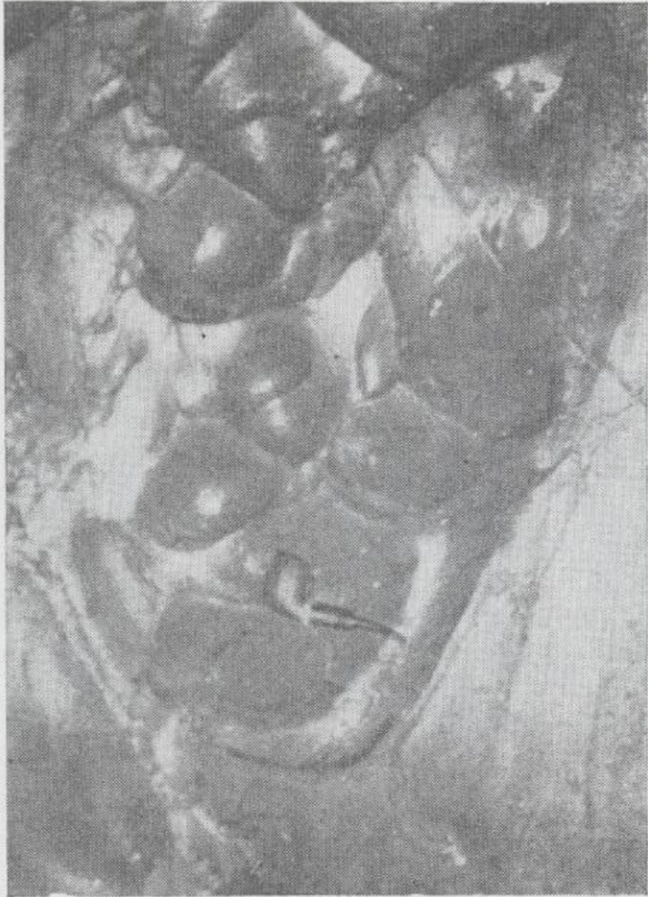


Foto 21.



Foto 22.



Foto 23.



Foto 24.

cuerdan a la piel de gallina, que parecen haber sido motivadas por una cobertera de vegetación actualmente desaparecida.

La fotografía 10 es una muestra curiosísima de nichos cilíndricos de un diámetro de unos 30 milímetros y una profundidad variable, que puede llegar a 100 mm., debidos a la vegetación y, por consiguiente, a la corrosión orgánica.

Esta muestra de caliza es algo más detrítica, del tipo de las calcarenitas.

B) Formas endokársticas

Las fotografías 11 y 12 están tomadas en el fondo de la cavidad alavesa de Oratxeta, instalada en un lentejón de calizas arrecifales cenomaneenses, sobre el que yace un estrecho estrato de siderita en vías de desaparición. No se trata de formas específicas de corrosión, como puede verse, aunque su mecanismo originario es el descrito en el apartado de corrosión por oxidación-reducción, ya que han sido originadas por los degoteos de la parte superior existentes en uno de los pozos de acceso a los picos inferiores, donde discurre un pequeño río subterráneo con sedimentos muy ricos en limonita.

Se trata, pues, de formas vadósas y más concretamente de la zona de aireación.

Las fotografías 13 y 14 se han realizado en la sima de Santa Agueda, instalada en la sierra alavesa de Badaya, compuesta por calizas margosas de edad senonense.

Los nichos que se observan son debidos a la corrosión originada por el mecanismo descrito al hablar de la oxidación de la pirita. En el fondo del nicho puede verse el residuo de limonita que queda todavía y que conserva en superficie las formas cúbicas holoédricas típicas de la pirita originaria. En su fractura es amorfo.

Son formas instaladas en la zona freática.

Las fotografías 15, 16 y 17, todas ellas de la cavidad alavesa de Mairuelegorreta, de notables dimensiones (10 km.), instalada en las calizas arrecifales urgonianas del macizo del Gorbea, muestran pequeños conductos freáticos instalados sobre las paredes de la galería Manuel Iradier, cuya evolución quedó cortada al descender el nivel piezométrico.

Son formas freáticas profundas debidas a un mecanismo del tipo de corrosión reogénica.

Por evolución de estos pequeños conductos freáticos y desaparición del estrato inferior generalmente más detrítico, las formas amigdaloides quedan colgadas en el techo, constituyendo el típico ejemplo que la literatura francesa denomina «pendents». En las fotografías 18, 19 y 20 mostramos algunos de ellos, de las cuales las dos

primeras son de la gran cavidad burgalesa de Ojo Guareña (de 36 km. de exploración todavía inacabada), instalada en un estrato de calizas turoneses; y la última, un bello ejemplar, de la ya descrita Mairuelegorreta.

Estas formas son de origen freático menos profundo y su causa de descrita en la corrosión reogénica.

Fijándonos con detalle en la fotografía 18, podemos apreciar que sobre los «pendents» se ha instalado otro tipo de forma definido como huellas de corriente («vagues d'érosion»).

Dicha morfología puede verse en todo su esplendor en las fotografías 21 y 22, también de Ojo Guareña.

Para la creación de las huellas de corriente hace falta un régimen de flujo turbulento y sirven para indicar el sentido del flujo que las originó.

Se trata de formas originadas por corrosión reogénica, aun cuando su mecanismo específico no esté suficientemente definido todavía; podemos decir, en general, que sus dimensiones aumentan en las zonas profundas de la cavidad, siendo, por el contrario, para una galería dada mayores en el techo que en el suelo.

Son formas que pueden encontrarse tanto en la zona freática como en la vadósas profunda (zona de fluctuación).

Las fotografías 23 y 24, también de la citada cavidad de Ojo Guareña, son ejemplares típicos de formas de corrosión motivadas por el mecanismo descrito al hablar de la mezcla de aguas; se instalan en la conjunción entre conductos, o cuando una fisura incide sobre un conducto, como es el caso de ambas fotografías, obtenidas en la Galería del Teléfono, en las que puede verse que presentan una cierta simetría respecto a un plano que coincide con la fisura origen,

La fotografía 25, también de Ojo Guareña, to-

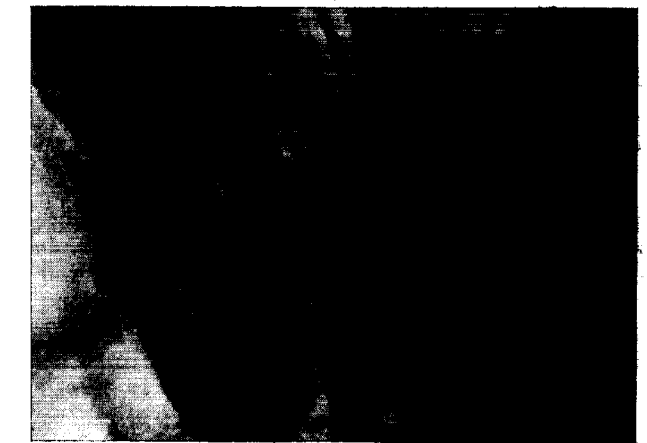


Foto 25.



Foto 25.

mada en las zonas más bajas de la Galería de los Italianos, representa un tipo morfológico que suele aparecer en la zona vadosa profunda, concretamente en la zona de fluctuación, aunque también es probable que represente una forma freática.

Recuerda por su morfología a ciertas formas de lapiaz. Es frecuente encontrarla asociada a formas de huellas de corriente, pero no simultáneamente con dicha forma, sino decapitándola o siendo a su vez decapitada por ella.

Si se confirmase que es una forma típica de la zona de fluctuación su génesis podía pensarse que fuese generada bajo el agua, pero cerca de la superficie a la que llegan aportes de agua a temperatura más baja vgr.: en invierno y, por consiguiente, más densa, de manera que produjesen una especie de drenaje catabático al desplazarse más rápidamente hacia el fondo resbalando por la pared. El carácter corrosivo de dichos aportes podíamos explicarlo por las diferentes temperaturas de las aguas que se mezclan según nuestra hipótesis, de la cual resultaría una mezcla corrosiva a pesar de que ambas estuviesen saturadas antes de mezclarse mediante un razonamiento paralelo al descrito por Bogli. Insistimos que no es más que una hipótesis exenta de toda comprobación.

Es evidente que queda un gran camino por recorrer para desentrañar la intrincada morfología kárstica, pero afortunadamente al introducir razonamientos de tipo hidrogeológico parece ser que las conclusiones a las que se llegan comienzan a tomar una cierta solidez, de la que carecen todas las otras que olvidan este matiz.

BIBLIOGRAFÍA

- ABEL, G.: *Températures et formation de glace dans les grottes de Salzburg*. I Congrès International Spéléologie, Madrid.
- BAUER, F.: *Kalkabtragungsmessungen in den Österreichischen Kalkhochalpen*. Erdkunde XVIII, Bonn.
- BÖGLI, A.: *Un exemple de complexe glacio-karstique Le Schichttreppenkarst*. «Revue Belg de Géographie A», A.88, 1964, Bruxelles.

- — *Kalklösung und Karrenbildung*. «Zeitschrift für Geomorphologie», S. 2, K, S, 4-21, Berlin.
- — *Das Hölloch im Muotatal*. Leben und Umwelt 19, Aarau.
- — *Mischungskorrosion ein Beitrag zum Verkarstungsproblem*. Erdkunde, Band XVIII, Bonn.
- CARRERAS, A.: *Las rocas sedimentarias*. Introd. al estudio del karst. Querneto, Madrid.
- CHARLOT, G.: *Teoría y métodos de Química analítica cualitativa*. 1 vol., 432 p. Aguilar, Madrid.
- ERASO, A.: *Estudio de las cavidades de Oratzeta*. Public. Excma. Dip. de Alava 1962-1963, Vitoria.
- — *Sobre la influencia de los iones de Valencia, múltiple en cavernamiento*. «Notas y Com. O. G. y M. de E.», núm 71, Madrid.
- — *Sobre la intensificación de la acción corrosiva del agua en la génesis de las cavernas en presencia de ion oxidable*. Actas del IV Congreso Internacional de Espeleología, Lubiana.
- — *Antecedentes sobre el karst de la sierra de Badaya*. Dip. Foral de Alava, 1963-1964, Vitoria.
- — *Tentative nomogram for cave climate calculations*. Problems of the speleological research. Praga.
- — *Introducción del complejo kárstico Palomeras-Dolencias (Ojo Guareña)*. «Rev Karst», Barcelona.
- — LLANOS, A., AGORRETA, J. A. y FARIÑA, J.: *Karst del SE. del Gorlea*. «Bol. Sancho el Sabio», t. III. Vitoria.
- GAMS, I.: *Types of accelerated corrosion*. Problems of the speleological research I, Praga.
- GEZE, B.: *Le speleologie scientifique*. Ed Flammarion, Paris.
- HERNANZ, A.: *Formas kársticas y factores de karstificación*. Introducción al estudio del karst. Querneto, Madrid.
- — *Aspectos químicos del proceso de karstificación*. Introducción al estudio del karst. Querneto, Madrid.
- — *Las formas exokársticas*. Introducción al estudio del karst. Querneto, Madrid.
- — *Las formas endokársticas*. Introducción al estudio del karst. Querneto, Madrid.
- HOWARD, A. D.: *Proces of Limestone Cave Development*. «International Journal of Speleology», vol. I, pp. 1-2. Weinheim.
- SCHÖLLER, H.: *Le eaux souterrains*. Masson, Paris.
- SWEETING, H.: *Some factors in the absolute denudation of limestone terrains*. Erdkunde XVIII, Bonn.
- TROMBE, F.: *Traité de Spéléologie*. 1 vol., 376 p., 112 fig., Payot, Paris.

Recibido el 18-XI-68.

Estudio del feldespato potásico de Zarzalejo (El Escorial, Madrid) por medio de la microsonda

por P. AREVALO (Madrid) (1) y M. CORLETT (Zürich) (2)

RESUMEN

En este trabajo se estudia petroquímicamente el feldespato potásico de Zarzalejo (El Escorial, Madrid). Se emplean para ello técnicas petrográficas y el análisis químico se realiza mediante la microsonda de Castaing.

Se analiza la composición de la matriz feldespática potásica respecto a su contenido en ortosa, albita, anortita y celsiana, así como los fenocristales de plagioclasas incluidos en la misma, comparando los resultados con los obtenidos con la platina universal.

Por último, se expresa gráficamente la relación entre el contenido de feldespato potásico y feldespato bórico de la matriz.

SUMMARY

This paper is devoted to the petrochemical study of the potassic feldspath from Zarzalejo (El Escorial, Madrid), by using petrographical and X-ray emission microanalysis techniques.

The contents in Ortose, Albite, Anortite and Celsiane, as that of Anortite in the plagioclase phenocrystals, are analysed, the latter being compared to those obtained with the Universal Stage.

Finally, the relation between the potassic and boric feldspath in the matrix, is represented graphically.

La dificultad del estudio químico de un cristal de feldespato reside en que estos minerales no son normalmente individuos simples, sino que, en general, contienen en su masa otros minerales, por ejemplo otros feldespatos de diferente composición que quedaron englobados en la misma durante el proceso de cristalización; por eso un análisis químico del total dará una idea del mineral como conjunto, dato de interés cuando es esto lo que se busca (*); pero para conocer la composición del feldespato potásico en sí, es decir, de la matriz feldespático-potásica, se requiere proceder a la separación de los minerales

componentes para su análisis por separado, cosa, por otro lado, sumamente difícil, dada la similitud de las constantes físicas de la mayoría de los minerales integrantes, por lo que tanto las separaciones por medio de líquidos densos, como electromagnética, etc., son muy difíciles de llevar a cabo.

La microsonda proporciona un medio valiosísimo para el fin propuesto, ya que por sucesivos recorridos del haz electrónico sobre la matriz del feldespato en estudio, permite obtener valores de infinitos puntos, que por comparación con un patrón de feldespato potásico, se obtiene la composición deseada.

Pero la ventaja de la microsonda no reside sólo en esto, sino en que simultáneamente puede analizarse el contenido en albita, anortita y celsiana, presentes en la matriz de feldespato potásico, por comparación con patrones de estos mismos minerales, así como analizar los demás minerales englobados, antes mencionados.

(1) Empresa Nacional «Adaro» y C. S. I. C.

(2) Institut für Kristallographie und Petrographie E. T. H.

(*) E. Ibarrola y J. M. Fuster (1950) han presentado un análisis químico del feldespato de Zarzalejo, considerado como conjunto.

Dado que los feldespatos no son especies puras, sino que la mayoría son miembros del sistema ternario $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$, KAlSi_3O_8 , $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$, es necesario conocer la proporción de estos tres componentes para poder situarlos en el lugar que les corresponde. Los feldespatos potásicos no tienen, sin embargo, para sus términos intermedios nombres tan precisos como los de la serie de las plagioclasas, ni su composición está ligada, como ocurre en aquéllas, a propiedades ópticas bien conocidas.

Así como los feldespatos potásicos contienen muy baja proporción de feldespato cálcico, en cambio son perfectamente miscibles con el feldespato sódico, en forma de disoluciones sólidas, soluciones que son solamente estables a altas temperaturas y que durante el proceso de enfriamiento se separa la fase sódica de la potásica, dando las formas peritíticas (3).

En este trabajo se analiza la matriz feldespático-potásica por un lado, y las plagioclasas incluidas en dicha matriz, por otro. No se han analizado las exudaciones peritíticas, que por haberse separado del feldespato original ya no pertenecen a la masa del mismo; por esta razón, los datos que se dan no son integrables para obtener la composición química del feldespato en conjunto, ya que tampoco se han analizado la sílice presente en forma de cuarzo, cuya existencia se observa en el estudio de la lámina delgada, ni las secciones de biotita, apatito, etc.

Ya que los feldespatos potásicos de una misma composición pueden adoptar diferentes estados estructurales (los pertenecientes a más altas temperaturas son monoclinicos, y triclinicos los de temperaturas más bajas), es necesario conocer no sólo la composición, sino también la geometría del cristal para su total identificación. Nosotros en este trabajo estudiamos solamente la composición química y mineralógica, ya que la cristalografía requiere técnicas diferentes a la que nos ocupa, y si bien se puede dilucidar entre la simetría monoclinica y triclinica mediante la platina de Ferodow, la falta de macla en la muestra 2 no ha hecho posible esta determinación. En la muestra 1 la presencia de la macla cruzada de la microclina da pruebas ya de la simetría triclinica.

MUESTRAS ESTUDIADAS

Se han elegido para este trabajo dos muestras de feldespato potásico bien cristalizadas, procedentes de Zarzalejo (El Escorial, Madrid).

El pueblo de Zarzalejo está situado a 58 kilómetros de Madrid, al SO. de San Lorenzo de El Escorial, dentro del macizo granítico de la sierra

de Guadarrama (4). Las muestras están tomadas en la falda del monte «La Machota grande», formado por un pórfido granítico en el que destacan bellos cristales idiomorfos de feldespato potásico, que a veces, por la erosión de la roca, aparecen totalmente individualizados.

Hechos partido de dos ejemplares bien cristalizados: uno de ellos, al que daremos en adelante el nombre de muestra número 1 (foto 1), de unos



Fig. 1.—Cristal de feldespato potásico estudiado (muestra núm. 1), presentando macla de Carlsbad. Se observa el corte hecho para el estudio. Escala 1:2.

5 cm. de largo, maclado macroscópicamente según la ley de Carlsbad; el segundo, muestra número 2, de unos 3 cm. de largo, se presenta sin aparente maclado.

Sobre estos dos cristales se han practicado cortes perpendiculares al eje cristalográfico *c*; en el caso de la muestra 1, perpendicularmente al plano de composición. Los cortes se han hecho con una rueda fina de diamantes. Se practicaron dos cortes paralelos; con uno de ellos se hizo la lámina delgada para el estudio óptico. Con el otro se confeccionaron las preparaciones para la

microsonda, de la forma que se explica más adelante. Las preparaciones de lámina delgada antes de cubrirse se tiñeron con cobaltinitrito sódico.

ESTUDIO PETROGRÁFICO

Muestra núm. 1.

Matriz de feldespato potásico que se presenta maclada según las leyes de la albita y del periclino, dando la clásica textura cruzada de la microclina. El tñido con cobaltinitrito sódico muestra que en la masa del feldespato potásico hay un incipiente desmezcla del feldespato sódico que puede observarse con grandes aumentos, pero que no forma secciones aisladas, sino que forma parte de la masa del feldespato, si bien tiende a seguir direcciones de debilidad del cristal (macla a crucero).

Secciones de peritita, producidas por la exudación del feldespato sódico presente en el feldespato potásico.

Secciones de biotita de buen tamaño, que se hacen ya bien visibles en la muestra macroscópica (foto 1); es una biotita parda que en algunas secciones muestra elevado grado de cloritización y exudación de minerales de hierro opacos.

Plagioclasas en estado bastante elevado de alteración (sericitización al parecer); algunas secciones más frescas y macladas han permitido determinar el contenido de anortita.

Hay algo de cuarzo, así como alguna sección de apatito.

Muestra núm. 2.

Se diferencia de la muestra núm. 1 en que la masa feldespático-potásica no se presenta maclada. Las plagioclasas están menos alteradas y la exudación peritítica es mayor que en la 1. La biotita, menos abundante y menos cloritizada. Contiene igualmente pequeñas cantidades de cuarzo y apatito. Hay alguna pequeña sección de microclina incluida en la masa.

Estudio del contenido de anortita de las plagioclasas.

Se han estudiado con la platina de Fedorow los contenidos de anortita de los fenocristales de plagioclasa para comprobar los resultados con los obtenidos con la microsonda (1) (2) (11) (12). Los valores obtenidos son:

- Muestra núm. 1: An = 35 %.
- Muestra núm. 2: An = 33 %.



Fig. 2.—Cristal de feldespato potásico en una masa granítica. Escala 1:1,6.

ESTUDIO PUNTUAL CON LA MICROSONDA

El principal problema que se presenta en el microanálisis puntual de emisión de rayos X es el de disponer de unos buenos patrones y la calidad de éstos depende, en primer lugar, de que sean de composición química análoga a la muestra en estudio y de que tengan un elevado grado de homogeneidad para que puedan ser comparables a las muestras en estudio (8) (9).

PATRONES EMPLEADOS

	Ab	An	Cs	Sr.An	Or	
F. 1	98,7	(diferencia)	0,93	0,00	0,21	0,11
F. 3	—	99,9	—	—	—	0,1
F. 4	—	—	100	—	—	—
F. 5	1,89	—	—	0,54	0,00	9,76

(diferencia)

Procedencia:

- F. 1. Albita-Dorgastein.
- F. 3. Anortita (Eberhard).
- F. 4. Celsiana sintética (Hoffman).
- F. 5. Adularia Maderenertal.

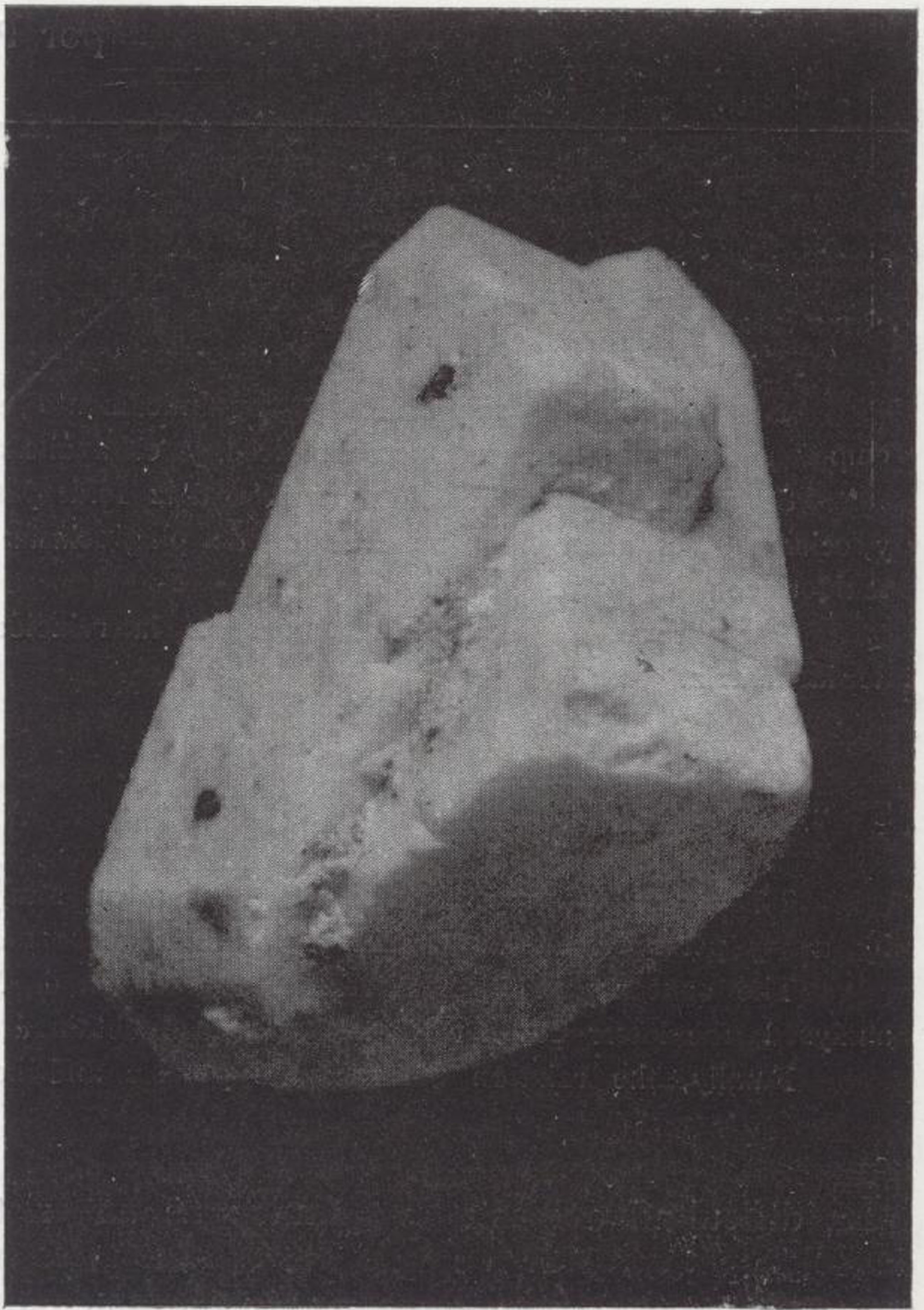


Fig. 1.—Cristal de feldespato potásico estudiado (n.uestra núm. 1), presentando macla de Carlsbad. Se observa el corte hecho para el estudio. Escala 1:2.



Fig. 2.—Cristal de feldespato potásico en una masa granítica. Escala 1:1,6.

Condiciones analíticas.

Las muestras se montaron en acrilato de metilo y se pulieron con pasta de diamante. La superficie pulida se cubrió por evaporación con una capa de berilio metal para prevenir la formación de una superficie de carga que reflejaría el haz de rayos. Se fijaron las preparaciones en soportes de bronce aplicando unos puntos de plata para



Fig. 3.—Muestra núm. 1. Sobre un fondo de típico maclado de microchina aparecen secciones de micropertita y de biotita perdiendo Fe³⁺ (verde a pardo) NX (x 40).

asegurar un buen contacto eléctrico entre la muestra y el soporte.

Todos los análisis se llevaron a cabo a 25 KV con una corriente para la muestra de aproximadamente 0,1 µa. El haz de rayos fue enfocado lo más finamente posible, variando la corriente de la lente del objetivo; a este kilovoltage la porción analizada no es más pequeña de 4 µm. de diámetro. La estabilidad electrónica fue comprobada continuamente por observación de la retrodispersión de la corriente de electrones.

Los resultados se registraron simultáneamente

por medio de gráficos y de lecturas automáticas de cómputos por segundo. Se hizo una determinación más general de las muestras, con un recorrido transversal de 480 µm/min.; determinaciones más detalladas con un recorrido transversal de 12 y 48 µm/min.

Se usaron en todos los casos análisis de alta vibración para proteger de cualquier posibles señales extrañas (por ejemplo, señales de alto orden). El espectrómetro fue ajustado como sigue:

- A (1) MC 2: SiK_α. Cristal EDT de 4". Contador Kriptón/Exatron cerrado. Ventana de Be, 0,2" de rendija.
- (2) MC 3: Al K_α. Cristal de 4" KAP. Contador Argón/Exatron cerrado. Ventana de Be, 0,4" de rendija.
- B (1) MC 2: Ca K_α. Cristal EDT de 4". Contador Kr/Exatron cerrado. Ventana de Be, 0,2" de rendija.
- (2) MC 3: K K_α. Cristal de Ge de 4". Contador Ar/Exatron cerrado. Ventana de Be, 0,4" de rendija.
- C (1) MC 2: Ba L_α. Cristal de 4" de LiF. Contador Kr/Exatron cerrado. Ventana de Be, 0,2" de rendija.
- (2) MC 3: K K_α. Cristal de 4" de Ge. Contador Ar/Exatron cerrado. Ventana de Be, 0,4" de rendija.

Los resultados de Ba se han corregido por efecto del número atómico y absorción, usando la corrección combinada dada por Smith y Ribbe (1966) (10).

RESULTADOS OBTENIDOS

Feldespato potásico.

Los valores del feldespato potásico se han obtenido por comparación de la muestra en estudio: 1.º con el patrón de adularia (F. 5), y con el de celsiana (F. 4), con lo que se calcularon simultáneamente estos dos componentes, una vez restado el fondo, y 2.º con el de adularia (F. 5) y anortita (F. 3), obteniéndose los resultados para estos dos componentes. Con los datos registrados se calcularon los valores medios, obteniéndose así la siguiente composición para las dos muestras estudiadas de feldespato potásico.

	% Muestra n.º 1	% Muestra n.º 2
Feldespatos K.....	87,2	82,5
Albita.....	10,9	14,8
Celsiana.....	1,7	2,1
Anortita.....	0,14	0,55

Muestra 2.

Se han analizado cuatro secciones.

Sección I:

- An = 38,1 %
- Or = 0,58 %
- Ab = 61,2 %

Sección II:

- An = 36,1 %
- Or = 3,3 %
- Ab = 60,4 %

Sección III:

- An = 36,1 %
- Or = 2,6 %
- Ab = 61,2 %

Sección IV:

- An = 36,1 %
- Or = 0,64 %
- Ab = 63,2 %
- An m = 36,6 %



Fig. 4.—Muestra núm. 2. Matriz de feldespato potásico sobre la que destaca una sección de andesina bien maclada. NX (x 40).

Ante la imposibilidad de poder analizar, hasta el momento, con exactitud la albita mediante la microsonda, este valor se ha obtenido por diferencia. No se han analizado Fe, Ti y Mg, que sólo entran en cantidades muy pequeñas en los feldespatos potásicos y que, por lo dicho antes, su contenido, caso de existir, restaría algo el valor del feldespato potásico, pero no alteraría los demás.

Estudio de las secciones de plagioclasas, incluidas en la matriz del feldespato potásico.

Se han empleado los patrones F. 1, albita y F. 3, anortita para anortita, y F. 5, adularia y F. 3, anortita, para ortosa.

Muestra 1.

Se ha analizado una sección:

- An = 38,5 %
- Or = 1,47 %
- Ab = 59,7 %



Fig. 5.—Muestra núm. 2. Matriz de feldespato potásico con secciones de micropertita. NX (x 40).



Fig. 3.—Muestra núm. 1. Sobre un fondo de típico maclado de microclina aparecen secciones de micropertita y de biotita perdiendo Fe^{+3} (verde a pardo) NX ($\times 40$).

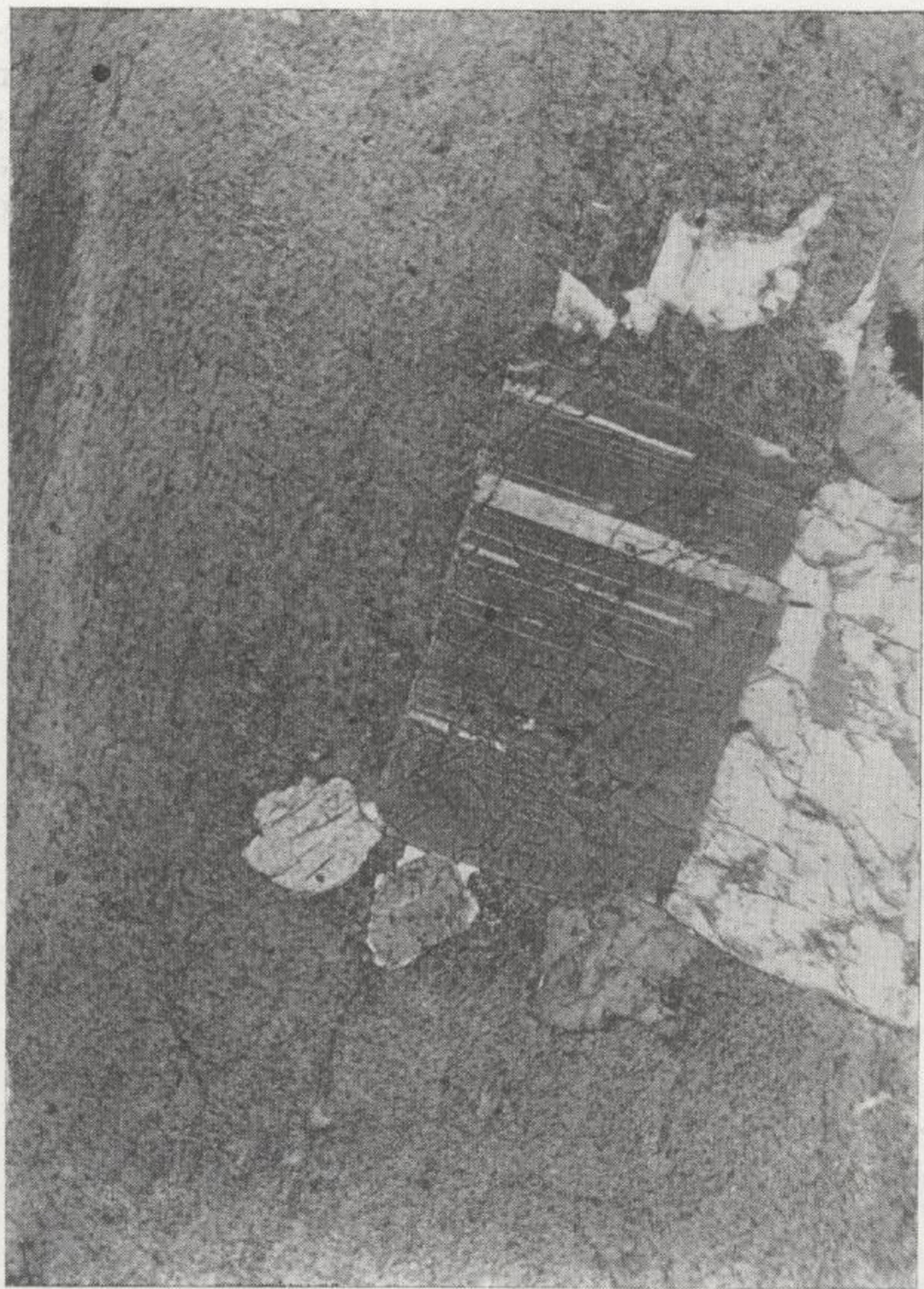


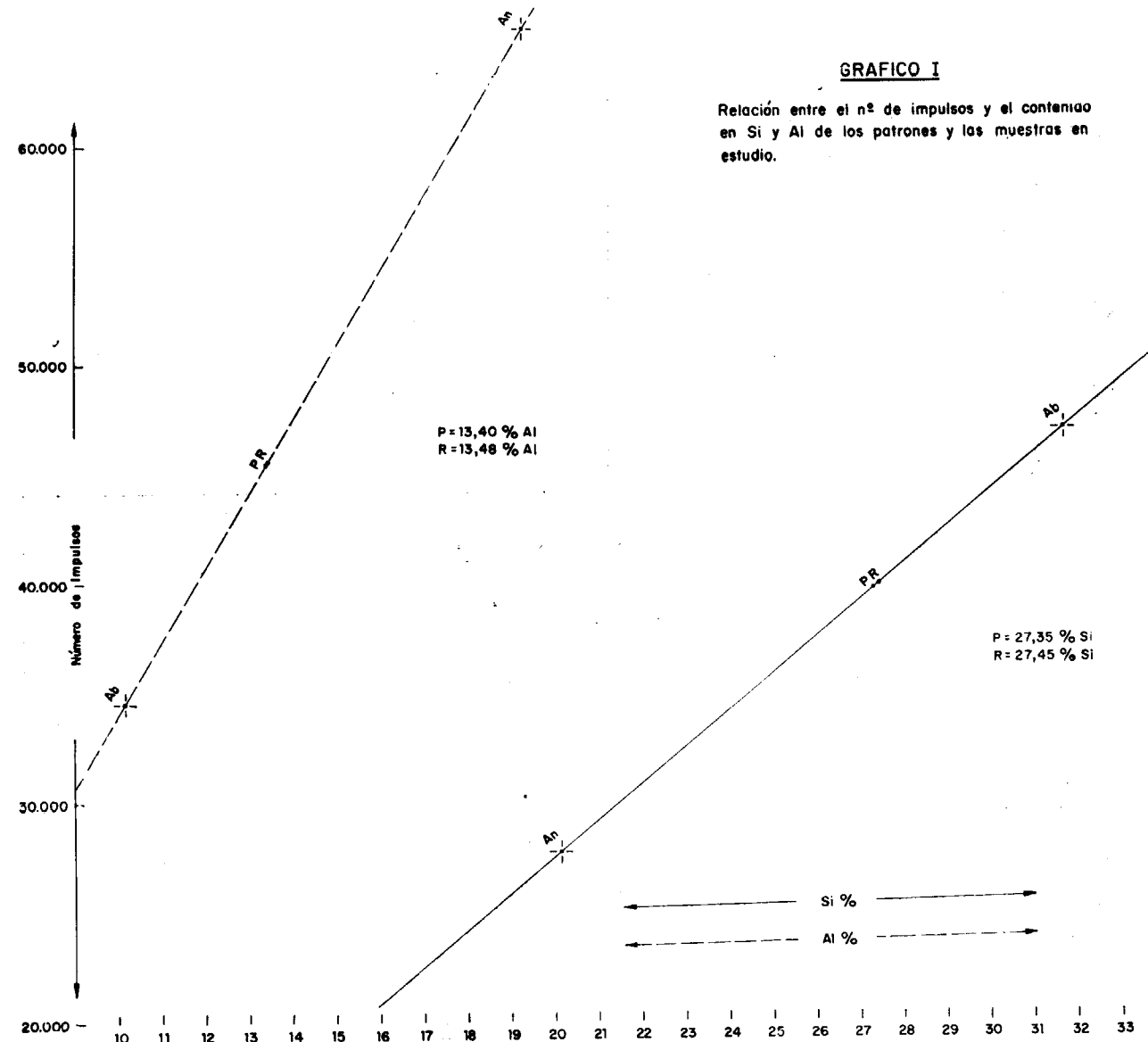
Fig. 4.—Muestra núm. 2. Matriz de feldespató potásico sobre la que destaca una sección de andesina bien maclada.
NX ($\times 40$).



Fig. 5.—Muestra núm. 2. Matriz de feldespato potásico con secciones de micropertita. NX ($\times 40$).

Tanto los resultados de la muestra 1 como los de la 2, demuestran que las plagioclasas en estudio son unas andesinas con un contenido de An de 38,5 y 36,6, lo que está en aceptable acuerdo con los datos obtenidos con la platina universal.

clases en estudio son del tipo andesina. La diferencia entre 39,6 y 36,6 contenido de albíta son debidas a que sólo se han realizado dos análisis puntuales: por el último procedimiento y a la variación gradual del contenido de An del núcleo

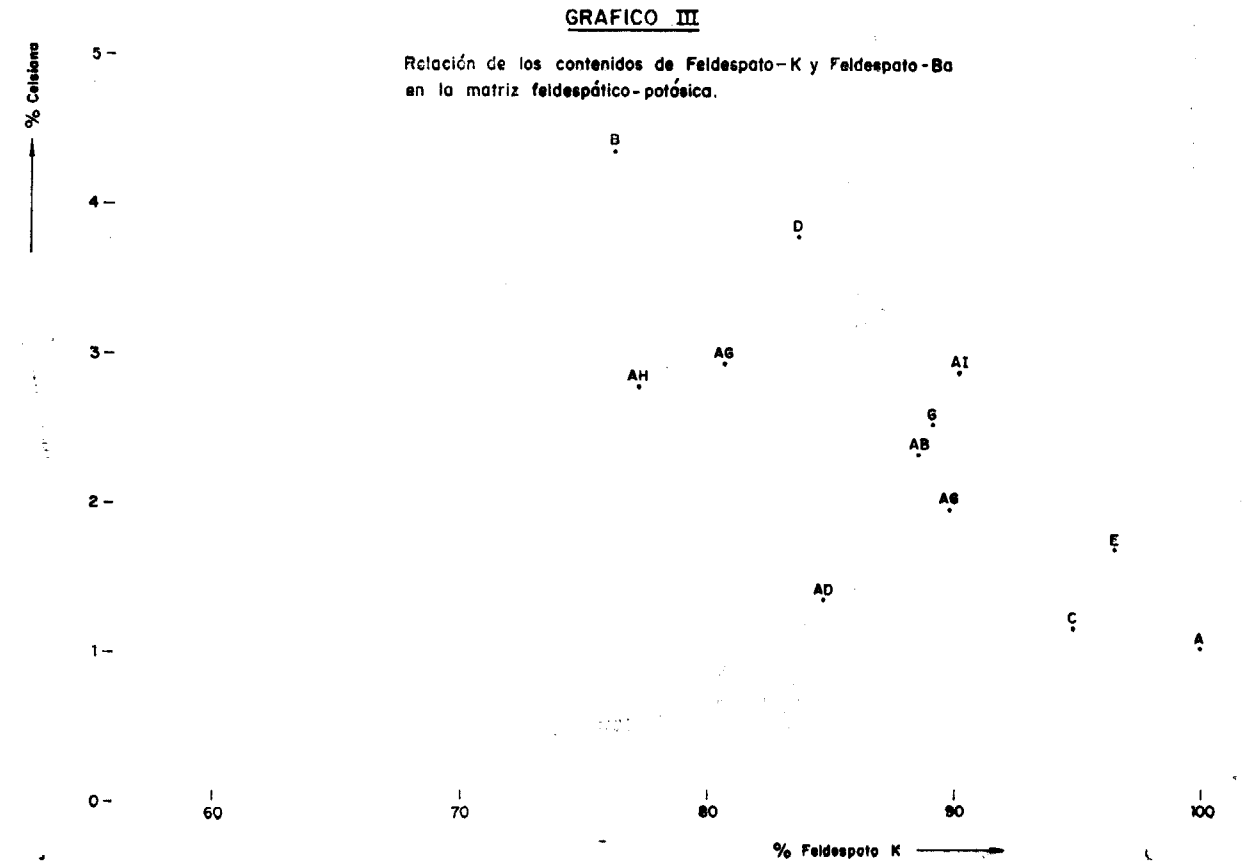
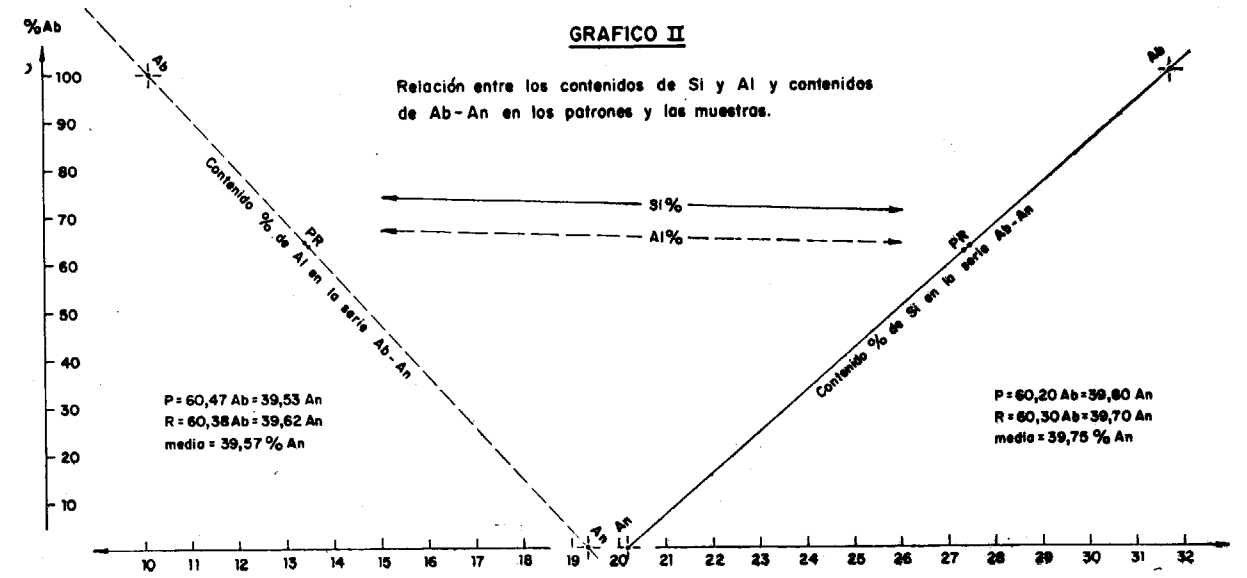


Hemos hecho una comprobación de la composición de las plagioclasas basándonos en los resultados obtenidos para Si y Al, construyendo gráficos que relacionan los valores de los impulsos con los contenidos de Si y Al, y éstos con los de albíta a que corresponden (gráf. I y II), obteniéndose para la muestra núm. 2 los resultados: 39,8 y 39,7 de Al (respecto a Si), y 39,6 y 39,5 (respecto a Al), lo que corrobora que las plagioclasas

a la periferia, en las secciones de plagioclasas. No se estudió la muestra núm. 1 por el segundo procedimiento.

CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS

La muestra núm. 1 es más rica en feldespato potásico y menos albíta y anortita que la número



ro 2, es decir, es un feldespato potásico más puro, referido, naturalmente, a la matriz feldespático potásica, no al conjunto.

La muestra núm. 1 se presenta visiblemente maclada según la ley de Carlsbad, mientras que la matriz feldespática está maclada según las leyes de la albíta y el periclino conjuntamente, dando la clásica textura cruzada de la microclina. Seguramente se trata de un producto de alta temperatura cristalizado en el sistema triclinico, que por descenso de la temperatura pasó a una textura de microclina de geometría monoclinica, conservándose la macla macroscópica a la vez que se produjo la exudación del feldespato sódico, como ya hemos dicho, lo que ha ido produciendo una graduación de la triclinicidad (Laves) (5) (6). La muestra núm. 2 no presenta la textura monoclinica en su masa, así como tampoco está visiblemente maclada macroscópicamente. Las dos muestras presentan secciones micropertíticas, más abundantes en la muestra núm. 2. También podría hablarse de incipientes texturas criptopertíticas, que se observan con grandes aumentos gracias al teñido de la lámina delgada con cobaltinitrito y que parecen seguir siempre líneas de debilidad del cristal (macla o crucero).

De las relaciones entre los contenidos en feldespato potásico y feldespato bórico se han obtenido interesantes conclusiones. Puede observarse (gráfico III) la disminución del último al aproximarse los valores del feldespato potásico a 100, seguramente al aumentar la pureza del feldespato y ser más cerrado el reajuste de la estructura del cristal, es más difícil la admisión de elementos extraños al mismo. Por tratarse de feldespatos potásicos, los valores más bajos encontrados (del orden del 76 %) no permiten obtener el máximo de la curva para observar en qué valores, si así ocurre, tiene lugar el aumento del contenido de molécula de bario al hacerlo la de potasio.

Queremos expresar nuestro agradecimiento al profesor Conrad Burri por los consejos de él recibidos durante la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BURRI, C. 1967. *Bestimmung der Auskösungsschiefe monokliner Feldspäte aus der Zwillingsoptik.* «Schweiz. Min. Petr. Mitt.», 47, 199-202.
- (2) — — PARKER, R. L. y WENK, E. 1967. *Die optische Orientierung der Plagiokläse.* Basel, Birkhäuser.
- (3) DEER, W. A., HOWIE, R. A. y ZUSSMAN, J. 1963. *Rock Forming Minerals.* Londres, Longmans, vol. 4.
- (4) FUSTER CASAS, J. M. 1956. *Hoja núm. 533. San Lorenzo de El Escorial.* Inst. Geol. y Min. de España.
- (5) GOLDSMITH, J. R. y LAVES, F. 1954. *Potassium feldspars structurally intermediate between microcline and sanidine.* «Geoch. et Cosmoch. Acta», vol. 6, pp. 100-118.
- (6) — — — — 1961. *The sodium content of microclines and the microcline — albite series.* Cursos y conferencias Inst. «Lucas Mallada». C. S. I. C. Fascículo VIII, pp. 81-96.
- (7) IBARROLA, E. y FUSTER, J. M. 1950. *Granitos de España central. Zarzalejo (Madrid).* «Est. Geol.», número 11, pp. 170-180.
- (8) RIBBE, P. H. y SMITH, J. V. 1966. *X-Ray Emission Microanalysis of Rock-Forming Minerals IV. Plagioclase Feldspars.* «Journ of Geol.», 74, 217-233.
- (9) SMITH, J. V. 1965. *X-Ray Emission Microanalysis of Rock-Forming Minerals. I. Experimental Techniques.* «Journ. of Geol.», 73, 830-864.
- (10) — — y RIBBE, P. H. 1966. *X-Ray Emission Microanalysis of Rock-Forming Minerals. III. Alkali Feldspars.* «Journ. of Geol.», 74, 197-216.
- (11) SLEMMONS, D. B. 1962. *Determination of Volcanic and Plutonic plagioclases using a Three-or Four-Axis Universal Stage.* G. S. A. Spec. Pap. 69.
- (12) TURNER, F. J. 1947. *Determination of Plagioclase with the four axis universal stage.* «Amer Mineralogist», vol. 32, pp. 389-410.

Recibido el 7-III-68.

INFORMACION

Noticias

ECONOMIA

EL PRESUPUESTO DEL CERN PARA 1969.

El Consejo Europeo para la Investigación Nuclear (CERN) ha aprobado el nuevo presupuesto para el año 1969, que ascenderá a 224,6 millones de francos suizos, para el desarrollo de sus programas básicos, y a 88,5 millones de francos para la construcción de un sistema de anillo de protones en su laboratorio de Ginebra-Meyrin. A esta suma hay que añadir 3,9 millones de francos para el diseño de un nuevo acelerador de protones de 300 GeV. Se han anunciado también los presupuestos para los dos primeros programas correspondientes a los años 1970 y 1971, que serán de 235,9 millones y 79,4 millones, y de 247,3 y 30,4 millones de francos, respectivamente. A estas sumas, la República Federal Alemana contribuirá con el 23,3 por 100, aproximadamente, Gran Bretaña con el 21,6 por 100 y Francia con el 19,9 por 100.

Se ha decidido el establecer un Laboratorio Europeo de Física de las Energías Altas, para albergar al acelerador de protones en proyecto, cuya programación y el lugar donde será construido deberán estar resueltas antes de junio de 1969. El coste de este acelerador se calcula en unos 1.330 millones de francos suizos, de los que aproximadamente el 85 por 100 se considera ya cubierto por las respuestas afirmativas de los países miembros del CERN, que desean contribuir a su construcción. Gran Bretaña se ha negado a participar en la misma.

IMPORTACIONES DE HULLA
COQUIZABLE

Ha sido fijado en 2.300.000 toneladas la cuantía máxima a importar, en 1969, con cargo al contingente arancelario libre de derechos, de hulla coquizable de la partida arancelaria 27.01-A del vigente Arancel de Aduanas. (B. O. E. 31-1).

EL PETROLEO ALEMAN

La explotación de los campos petrolíferos de Alemania Occidental ha tenido un éxito inesperado durante el último año. La extracción, de 7.982.136 toneladas, ha sido de 55.000 superior al año 1967.

El que en 1968 se haya logrado aumentar ligeramente la producción interior de petróleo, se debe secundariamente al método de extracción, es decir, a la inundación con agua, aplicada en muchos casos y que ha dado un resultado sorprendente. Por otro lado, hay en la República Federal proyectos prometedores para buscar yacimientos de petróleo desconocidos aún, como los encontrados a fines de 1967 en Darching (Baviera) y el pasado año en Olheim-Süd y Hardesse (Hannover).

LAS RESERVAS MUNDIALES
DE URANIO

Se ha llevado a cabo en el primer trimestre de 1968 una nueva revisión de las reservas mundiales de uranio comercialmente explotables, con el fin de completar las estimaciones realizadas anteriormente, que, según parece, no respondían a los valores verdaderos.

Los Estados Unidos y Canadá, por este orden, son los dos países que cuentan con mayores reservas de mineral de uranio de explotación hoy día rentable, así como con los mayores yacimientos de mineral pobre en uranio, utilizables cuando los filones ricos se agoten. El tercer país en reservas de uranio es Suecia, aunque sus yacimientos, en el estado actual del mercado del uranio, no son competitivos, ya que el precio a que resulta el uranio extraído de los mismos se encuentra entre los 22-25 \$/kg. En cuarto lugar se sitúa Sudáfrica, con unos yacimientos de uranio de riqueza baja, pero rentables al realizarse su extracción como subproducto en la obtención de oro a cuyas menas acompaña.

Los yacimientos de uranio han sido clasificados en tres

categorías, según la riqueza del metal contenido y la facilidad de su explotación, transporte y refinado, lo que a su vez determina el precio de venta del mismo. Al grupo *a* pertenecen los depósitos de mineral de uranio en los que el U_3O_8 puede extraerse a un precio inferior a los 22 \$/kg. Al grupo *b* aquéllos en los que el óxido de uranio alcanza un precio de 22-35 \$/kg., y al grupo *c* los yacimientos en que el precio de venta del U_3O_8 está comprendido entre los 35-66 \$/kg.

Reservas de los yacimientos de uranio del mundo occidental comercialmente explotables (en toneladas).

País	22 \$/kg.	22-35 \$/kg.	35-66 \$/kg.	Totales
E.E. UU.	650.000	350.000	640.000	1.640.000
Canadá	490.000	300.000	400.000	1.190.000
Suecia		400.000	350.000	750.000
Suráfrica	220.000	100.000	125.000	445.000
España	11.000	34.000	265.000	310.000
Argentina	30.000	43.000	88.000	161.000
India		4.000	85.000	89.000
Francia	65.000	15.000		80.000
Nigeria	25.000	13.000		38.000
Portugal	16.000	11.500	10.000	37.000
Italia	1.500	10.000	20.000	31.500
Marruecos	6.000	11.000	8.000	25.000
Australia	14.000	4.000	1.400	19.400
Angola		15.000		15.000
Gabón	7.500			7.500
Congo	6.000			6.000
Groenlandia		5.000		5.000
Japón		4.000		4.000
TOTALES	1.542.000	1.309.000	1.992.400	4.583.900

Es posible que entre 1980-1990 cambie la situación actual cuando comience a plena escala el funcionamiento de las centrales nucleares constituidas por reactores autorregeneradores rápidos. El impacto que tales reactores pueden producir en el mercado del uranio se basa en que éstos necesitan utilizar como parte de su combustible, que puede llegar a alcanzar hasta el 75 por 100 del mismo, plutonio, el cual es producido en el proceso que tiene lugar en las centrales nucleares actualmente en funcionamiento. Según los cálculos, para 1980 la cantidad de plutonio disponible procedente de las centrales nucleares de la primera generación podrá alcanzar un volumen del orden del medio millón de toneladas.

LA SIDERURGIA DE LA URSS

La Unión Soviética cuenta en la actualidad con 38 complejos siderúrgicos y 13 siderurgias, y obtuvo en 1967, 102 millones de toneladas de acero, cantidad que representa el 83 por 100 aproximadamente de la producción norteamericana.

La URSS duplicó su producción de 1957 a 1966, con un ritmo expansivo semejante al del decenio precedente. El ascenso del consumo «per capita», pasó de 112 kg. a 376, entre 1951 y 1965, y pone de relieve la rápida progresión del sector en el país, dedicado a cubrir preferentemente la necesidad de construcción de máquinas y de equipos. Es posible que en un futuro próximo entren en juego algunos factores que pueden influir en el ritmo de la producción soviética del acero, tales como los consecutivos a la adopción de nuevos criterios económicos y a la aparición o reaparición de sectores siderúrgicos concurrentes y de rápido crecimiento en el mismo mercado, en especial los de Polonia y Checoslovaquia.

A lo largo del último decenio, las importaciones de acero de la URSS alcanzaron su cifra máxima en 1962 (2,032 millones de toneladas), distribuyendo progresivamente desde entonces hasta 0,86 millones de toneladas en 1966. Estas importaciones constituyen en realidad para la siderurgia soviética unos simples complementos. Entre los principales países suministradores se encuentran Rumania, Polonia, Japón y Australia, que enviaron a la URSS como promedio de 200 a 300.000 toneladas de distintos productos (laminados y tubos) anualmente de 1960 a 1965. Las exportaciones, por el contrario, han aumentado regularmente: en 1960, aquéllas representaron el 7,5 por 100 del comercio mundial, 8,8 por 100 en 1964, y 14 por 100 en 1966. En este último año, 77,2 por 100 de los productos exportados se destinaron a los países del Este europeo, 10,7 por 100 a los de Europa occidental, 4,1 por 100 fueron enviados al Lejano Oriente, y 8 por 100 a distintos países africanos y sudamericanos.

NOVEDADES CIENTIFICAS Y TECNICAS

GAS INDUSTRIAL A PARTIR DEL PETROLEO

El procedimiento para la fabricación de gas de uso industrial o doméstico, basado en la utilización de petróleo, está dando al traste con la utilización para este fin de la materia prima hasta ahora más empleada, la hulla.

El Comité Parlamentario sobre Industrias Nacionalizadas del Reino Unido había informado en 1961 que la termia que se obtuviera en Coleshill (todavía sin construir en esa época) superaría el coste máximo de producción de gas recomendado para el futuro, afirmando que seguía siendo válida en 1963 a pesar de las mejoras introducidas en el funcionamiento de esta planta, que siguió siendo antieconómica.

ACERO OBTENIDO POR REDUCCION DIRECTA

Una empresa siderúrgica canadiense ha elaborado 1.200 toneladas de hierro, obteniendo acero directamente sin pasar por el proceso del horno de cok y horno alto.

La empresa canadiense, conocida con la marca de Stelco, convirtió en primer lugar el mineral suministrado por la Hamersley a hierro metálico en su horno rotatorio SL/RN en la acería Hilton, de Halmilton. El hierro metálico se despachó después a la acería Premier de la Stelco, en Edmonton, Alberta. Allí se le agregó una cantidad inicial de chatarra de hierro, procediéndose a la fusión. El hierro metálico se alimentó entonces en forma continua por el techo al horno eléctrico de fabricar acero.

En el proceso SL/RN, el mineral de hierro es reducido en un horno rotatorio horizontal mediante gas natural o carbón. Como la reducción ocurre mientras el mineral se halla en estado líquido, no hay formación de escoria ni de metal líquido. Un requisito esencial es que las partículas de mineral, carbón y dolomita sean de tamaño correcto, a fin de lograr una calidad uniforme. Otro requisito es la regulación estricta de la temperatura, que se logra mediante ajustes periódicos de los quemadores situados a lo largo del horno rotatorio.

La Hamersley está estudiando la instalación de un horno rotatorio SL/RN en la planta de mineral en ovoides que tiene en Port Dampier.

ACERO SIN COK

Unas nuevas acerías en Corea Meridional, Nueva Zelanda y Canadá, utilizarán un nuevo proceso para fabricar acero sin cok. El proceso se basa en un horno de precalentamiento y un horno de arco eléctrico, conocido con el nombre de Stelco. Es posible construir plantas que aplican este método a un costo mucho menor que el horno alto. También se cree que los costos operativos serán más reducidos en una instalación en gran escala.

El precalentador se carga primero con mineral de hierro en terrones o en ovoides. Este precalentamiento es en un horno rotatorio rodeado por quemadores. Después se agrega piedra caliza y se aumenta la temperatura hasta 1.150° C. El calor desaloja al oxígeno contenido en la carga, quedando hierro puro y roca menuda. Después de enfriada, la carga pasa a través de un separador magnético y a la sección grande del arco eléctrico en un horno. La temperatura se eleva entonces hasta el punto de la colada.

INVESTIGACION

CENTRO DE INVESTIGACIONES SISMICAS EN U. S. A.

En la bahía de San Francisco va a ser establecido próximamente un Centro nacional de investigación de fenómenos sísmicos, dependiente de la Universidad Berkeley (California). El elemento esencial de este Centro será un «simulador de terremotos» de 30 m² de superficie, 3 m. de altura y

900.800 kg. de peso. Con ayuda de este «simulador», se podrán estudiar los efectos producidos sobre estructuras de un peso de hasta 1.816.000 kg. por ondas sísmicas artificiales, provocadas mediante dispositivos vibradores controlados electrónicamente. El coste de este nuevo Centro ascenderá a 20 millones \$, que serán aportados por el Gobierno federal.

REUNIONES CIENTIFICAS

CONGRESO DE LA ASOCIACION INTERNACIONAL DE LA GEOLOGIA DEL INGENIERO

Patrocinada por la UNESCO se celebrará en París del 8 al 10 de septiembre de 1970 un Congreso Internacional de la Geología del Ingeniero. La delegación en España de dicha asociación está organizada dentro de la Comisión Nacional de Geología.

Los trabajos que se presentarán en el Congreso se agrupan en las nueve secciones siguientes: 1, Materiales de construcción naturales e industriales. 2, Fenómenos que alojen una relación con las obras. 3, Propiedades de los suelos y de las rocas. 4, Alteración y alterabilidad de los suelos y de las rocas. 5, Métodos de consolidación de los suelos y de las rocas. 6, Métodos y técnicas de prospección (sondeos, geofísica, ensayos en el sitio...). 7, Cartografía geotécnica. 8, Problemas de construcción y «casos históricos» por tipos de obras (presas, túneles, carreteras, urbanismo, almacenamientos subterráneos...). 9, Diversos.

LOS CAMPOS MAGNETICOS DEBILES DE INTERES GEOFISICO Y ESPACIAL

El Centro Nacional de Estudios Espaciales francés, con la colaboración de la Unión Radio-Científica Nacional, organiza un coloquio internacional en París, del 20 al 23 de mayo de 1969, que tendrá por tema «Los campos magnéticos débiles de interés geofísico y espacial».

Las comunicaciones se agrupan en los siguientes cinco temas fundamentales: Magnetómetros supraconductores. Las medidas magnéticas y los problemas de protección. Los problemas del ruido. La física de los magnetómetros y su evolución. Los magnetómetros en las aplicaciones geofísicas y espaciales.

MOVIMIENTOS RECIENTES DE LA CORTEZA Y SISMICIDAD ASOCIADA

Del 10 al 18 de febrero de 1970 se celebrará en la Universidad de Victoria, de Wellington, Nueva Zelanda, un simposium sobre los movimientos recientes de la corteza y sismicidad asociada.

Los temas del Coloquio serán: Movimientos de la corteza

y actividad marginal de los continentes e islas, particularmente en las áreas circumpacíficas y sudeste de Asia. Las relaciones entre movimientos corticales y terremotos, la técnica de zonas de terremotos y los problemas de predicción de los mismos.

Los trabajos se agrupan de la siguiente manera: 1, Geología: Movimientos de la Tierra durante los últimos 20.000 años. 2, Geodesia: Estudio de los movimientos recientes de la corteza. 3, Sismología: Relaciones entre movimientos recientes de la corteza y los terremotos.

REUNION DEL GRUPO ESPAÑOL DE SEDIMENTOLOGIA

Del 23 al 28 de junio de 1969 se celebrará en Pamplona la V Reunión del Grupo Español de Sedimentología. Los temas a tratar son los siguientes: a) Cuaternario Continental y Marino. b) Terciario Continental. c) Paleogeno Marino. d) Facies Flysch. e) Facies de borde de la Meseta.

Simultáneamente, con el Congreso tendrá lugar una serie de excursiones científicas cuyo programa es el siguiente: a) Minas de Sal de Remolinos (sedimentación evaporítica y tectónica salina). b) Zona de los Monegros (materiales yesíferos y calcáreos, lagunas endorreicas, sedimentación actual de sales y arenas de yesos. c) Zona de Caspe (paleocanales). d) Zona de Lácera (formaciones sedimentarias de facies marginal, arenas y limos yesíferos con alabastro). e) Zona de Calatayud (cuevas de arcilla con epsomita). f) Sierra de Armantes (arenas de grano yesífero, con cuarzos idiomorfos y otras silicificaciones). g) Gallocanta (laguna endorreica). h) Sierra Menera (paleolagunas).

SIMPOSIUM DE LOS VOLCANES Y SUS RAICES

Del 7 al 13 de septiembre de 1969, y patrocinado por la Royal Society, se celebrará en Oxford un simposium sobre los volcanes y sus raíces.

Los temas del mismo serán los siguientes: Calderas. Tectónica y verificación estructural de la génesis de los magmas. Nódulos plutónicos. Estudios isotópicos de edades aplicados a los problemas de vulcanología. Predicción de las actividades volcánicas y sísmicas, métodos para la localización de las cámaras de magma. Aspecto general geofísico de las raíces volcánicas. Pipas diamantíferas. Aspecto económico de la vulcanología.

I CURSILLO DE INICIACION A LA GEOQUIMICA Y SUS APLICACIONES A LA INVESTIGACION DE YACIMIENTOS

Organizado por la Escuela Superior de Minas de Madrid, por el Instituto Geológico y Minero de España y por la Empresa Nacional «Adaro», de Investigaciones Mineras, S. A. se desarrollará del 14 al 30 de abril del año en curso el

I Cursillo de Iniciación a la Geoquímica, y sus aplicaciones a la investigación de yacimientos, los temas a tratar serán: Principios fundamentales en geoquímica. Geoquímica de los elementos metaogénicos en los procesos fundamentales. Prospección geoquímica sobre rocas duras, en aluviones y suelos, en redes de drenajes. Prospección hidroquímica y bioquímica, Geoquímica de minerales metálicos. Geoquímica aplicada a la investigación de hidrocarburos.

III CURSILLO DE HIDROGEOLOGIA APLICADA (*)

Inauguramos hoy el III Cursillo de Hidrogeología Aplicada, organizado por el Instituto Geológico y Minero de España, con la colaboración del Instituto Politécnico Superior de Madrid, la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y la Organización para la Alimentación y la Agricultura —FAO—, agencia ejecutiva del Fondo Especial de las Naciones Unidas.

En el anuncio de la convocatoria hay ya una primera diferencia con respecto a los dos cursillos anteriores. En éste, que inauguramos, aparece el Instituto Geológico como organizador y la FAO como colaborador, mientras que en los anteriores las participaciones de ambas Instituciones eran análogas. Esta diferencia se debe a un deseo expreso del señor Mortier, Director del Proyecto conjunto de la Cuenca del Guadalquivir, que ha considerado llegado el momento de que los técnicos de la División de Aguas de nuestro Instituto emprendan, solos, la labor de desarrollar un cursillo de este tipo.

Considero esta independencia como una satisfacción para nuestros técnicos, acrecentada aún porque los expertos de las Naciones Unidas, que nos visitaron en noviembre del pasado año, para informar sobre el estado de los trabajos conjuntos del programa de la FAO para el Guadalquivir, destacaron que ha sido posible adelantar el plazo de ejecución de las obras en unos siete meses sobre la previsión, lo que supone el 20 por 100 de ahorro en tiempo, merced a la competencia y colaboración de los profesionales españoles.

Motivo es éste de doble satisfacción. De una parte, porque el auxilio de las Naciones Unidas tiene como primer objetivo la promoción humana de las áreas en que se efectúa; la puesta al día de las técnicas de cada país; la capacitación, en suma, para que cada comunidad y cada hombre sepan resolver sus problemas por sí mismos. Valioso es el resultado de este programa conjunto que sobre el Guadalquivir hemos realizado, y que procuraré resumir más adelante, pero acaso el fruto menos visible, pero más positivo, sea este encuentro de nuestras técnicas con otras actualizadas, que no sólo ha sido beneficioso para los individuos concretos que han participado en el proyecto, sino para los organismos españoles de los Ministerios de Obras Públicas, Industria y Agricultura, que hemos seguido de cerca el control y coordinación de las diversas etapas del proyecto.

(*) Conferencia inaugural pronunciada por el Director del Instituto Geológico y Minero de España.

Y satisfacción, de otra parte, para nuestro Gobierno, porque sus representantes han dejado abierta, creo, que de par en par, las puertas del F. E. N. U. para la segunda fase del mismo proyecto, y para nuevas y acaso más sugestivas ayudas, cuyas primeras posibilidades estamos analizando.

Por toda esta colaboración considero un deber agradecer, en la persona del señor Mortier, como representante ante nosotros de la FAO, la ayuda que nos han prestado y nos prestan. Creo que en el caso de los hombres de las Naciones Unidas, se han cumplido aquí las premisas de la P. P., porque no han venido a nosotros para aplicar sólo sus técnicas, sino para dar al hombre todo su valor.

Una segunda diferencia de este Cursillo, con relación a los anteriores, es el volumen de trabajos que avala sus enseñanzas, porque en el año que ha transcurrido la actividad del IGME en el dominio de las aguas subterráneas, ha experimentado un crecimiento espectacular. El 62 por 100 de la labor del IGME en 1968 se ha dedicado a la investigación y explotación de aguas subterráneas y parte de los restantes trabajos han tenido o terminarán teniendo una incidencia favorable en prospecciones de este tipo.

Vamos a hacer una exposición, aunque sea breve, de los trabajos hidrogeológicos realizados por el IGME en este último año, porque creo que ha de servir para resaltar la labor de los hombres que en ella han intervenido; para merecer la confianza de nuevas misiones; y para justificar el papel que nos corresponde, por Ley, en el dominio de las aguas subterráneas. De toda esta labor, en el nivel directivo, sólo me correspondería, dada mi reciente incorporación a este puesto, un sexto de ella; los otros cinco sextos deberían apuntarse, y con verdadera satisfacción lo hago desde aquí, en el haber tan positivo de mi antecesor, D. Félix Aranguren.

De nuestros trabajos de este año destaca por su importancia el Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Guadalquivir, cuyo informe nos fue entregado el 28 de noviembre pasado. Sus cifras significativas son las siguientes:

En un periodo de 29 meses se han cartografiado 92 Hojas del Mapa Topográfico Nacional, a escala de 1:50.000, con una superficie del orden de 50.000 km². Para un mejor conocimiento de esta cartografía se han realizado e interpretado 2.000 sondeos eléctricos, se han estudiado y clasificado 7.500 puntos acuíferos, de los que se han nivelado los 2.500 más representativos, confeccionándose un mapa a escala de 1:500.000, de la pluviometría regional y escorrentía natural.

Con todos estos datos se han dibujado los mapas piezométricos correspondientes y se han analizado 5.200 muestras, para trazar los mapas hidroquímicos y de utilización del agua.

Se han perforado 13.000 metros de sondeo, entre investigación y pre-explotación, aplicando e instruyendo en nuevas técnicas de acondicionamiento de sondeos, realizando 120 ensayos de bombeo y proporcionando, en fin, un caudal explotable de 2.500 litros por segundo.

Se han realizado estudios edafológicos, agronómicos y de economía, y se han practicado enseñanzas en Seminarios, Cursillos y estancias de personal nacional en Centros del extranjero.

Es una labor amplia, cuyos resultados desbordan además toda previsión. Una síntesis rápida de estos resultados podría ser:

El clima de la región estudiada puede considerarse como semi-árido, y la mayor parte de las llanuras y mesetas de la cuenca del Guadalquivir presentan un déficit hídrico (pluviometría media inferior a 600 mm/año, evapotranspiración potencial concentrada en verano, del orden de 900 a 1.000 mm/año), que hace que el desarrollo de la agricultura esté fuertemente ligado al regadío y, por tanto, a la mejora de todos los recursos hidráulicos.

Estos recursos se cifran en 7.300 millones de metros cúbicos al año, por término medio.

En los últimos treinta años se han emprendido importantes obras de regularización (35 presas construidas o en construcción), que permitirán en 1971 acumular 4.600 Hm³, y regular 4.200 Hm³/año. Los planes establecidos para el futuro darán la posibilidad mediante la construcción de 43 nuevas presas, de acumular un total de 7.200 Hm³ y de regular 5.000 Hm³/año, todo lo cual representa el 69 por 100 de la escorrentía natural. Queda, por tanto, un excedente de 2.000 Hm³ anuales, que se perderán en el mar.

Las aguas subterráneas, que han sido el objeto principal de este estudio, son parte integrante del conjunto de los recursos hidráulicos de la cuenca. Pues bien, las reservas naturales de agua subterránea, acumuladas en las grandes estructuras geológicas de la cuenca, han sido estimadas por el proyecto entre 10 y 20.000 Hm³, es decir, de 2 a 3 veces el volumen que puede acumularse en las presas construidas o previstas.

Los recursos hidráulicos subterráneos, en tránsito por los terrenos acuíferos, son del orden de 1.000 a 2.000 Hm³ anuales, lo que representa del 15 al 30 por 100 de los recursos totales, y del 20 al 40 por 100 de los recursos superficiales regables. Estos recursos subterráneos están subexplotados en la actualidad, pues, se estima que se hace una utilización de ellos del orden de 60 a 90 Hm³/año, lo que no llega a ser ni la décima parte de las posibilidades existentes.

Se ha efectuado un inventario de las reservas y recursos de agua sobre 30 unidades hidrogeológicas, cuyas superficies varían entre unas decenas y 2.000 Km², y se han estudiado con detalle las zonas más notables, habiéndose previsto estudios de desarrollo en determinadas cuencas experimentales.

Estos estudios son ya del segundo proyecto, para la «utilización de las aguas subterráneas en el desarrollo agrícola de la cuenca del Guadalquivir», que tendrá una duración de dos años y medio a partir de primeros del año en curso.

La acción del IGME en el Guadalquivir ha sido en 1968 el 30 por 100 de la total actividad en aguas. El 70 por 100 restante se ha distribuido en trabajos provinciales, de los

que resumidamente voy a daros cuenta, haciéndolo con mayor extensión en lo que a la *isla de Mallorca* se refiere, por su actualidad y por la *colaboración interministerial* a que está conduciendo.

La salinización progresiva de los mantos acuíferos que sirven de única fuente de suministro a las necesidades agrícolas y de consumo de la isla de Mallorca, es un hecho que viene siendo conocido desde hace años, pero que se ha acelerado últimamente por el elevado índice de crecimiento demográfico y de la población turística.

Dada la gravedad de la situación planteada, que exige disponer de nuevos suministros en fecha próxima y mientras se procedía a efectuar trabajos previos de investigación para el estudio a fondo del problema, el IGME, en función de los conocimientos que por anteriores estudios tenía de la geología de la isla, ha tratado de encontrar nuevos niveles acuíferos más profundos, independizados de los conocidos y salinizados, cuya explotación, de comprobarse, se presenta con gravedad extrema en las zonas llanas.

Iniciados nuestros trabajos en junio del pasado año la investigación se ha concentrado en la zona del Llano de Palma y en las sierras Norte y de Artal.

Se han perforado en siete meses 20 sondeos, con un total de 5.623 metros, habiendo resultado positivos, en cuanto a la confirmación de las hipótesis de partida, 18 de las perforaciones realizadas. Esos sondeos, de pequeño diámetro, son exclusivamente de investigación y deberán ser seguidos de tres perforaciones, como mínimo, de gran diámetro, para poder realizar en ellas pruebas convincentes de aforos. El primero de los sondeos de gran diámetro, el de Son Vida, ha terminado el pasado día 12.

En los dos últimos meses del pasado año se iniciaron una serie de conversaciones entre el IGME, el SGOP y el INC, organismos que se venían ocupando de este mismo problema, para coordinar de una manera eficaz los trabajos realizados por diversos Ministerios con vistas a la solución del abastecimiento de agua a la isla. Debo repetir aquí lo que el Director del Servicio Geológico de Obras Públicas decía hace un mes, en la inauguración del Tercer Curso de Hidrología Subterránea de Barcelona, en cuanto que ambos nos hemos encontrado sorprendidos por todo lo que puede conseguirse discutiendo abiertamente puntos de vista diversos para buscar en conjunto la prestación de un mejor servicio.

En el caso concreto de Mallorca, y de forma oficiosa y provisional, está funcionando un Comité de Coordinación cuyo primer fruto, obtenido en estos últimos días, ha sido la elaboración de un Informe único, en el que se recopilan todos los estudios anteriores, se plantea la gravedad del problema y se programan las actuaciones conjuntas a corto, medio y largo plazo. Una dirección colegiada del proyecto ha elaborado ese estudio, en el que se estima en 165 millones de pesetas la inversión que, a través de los tres Ministerios, será necesario realizar para hacer óptima la explotación de las aguas de Mallorca.

Con el valor relativo que puede darse a un estudio pre-

vio, podemos señalar que la gravedad del problema, que justifica la inversión indicada, se define por una demanda teórica, prevista para 1970 en 150 Hm³, frente a una precipitación media de 2,174 Hm³ anuales, una evapotranspiración de 1.550, un volumen de escorrentía e infiltración perdida de 450 y, por consiguiente, una infiltración de 174 Hm³ anuales. El escaso margen existente entre el consumo teórico, de 150 Hm³, que tenderá a subir, y la infiltración, de 174 Hm³, cuya utilización no podrá ser total, justifica sobradamente la necesidad de un estudio detallado para coordinar la utilización de todos los recursos hídricos, superficiales y subterráneos de Mallorca.

La actividad del Instituto en aguas subterráneas se ha extendido también a otros planos provinciales que abarcan: Alava, Alicante, Almería, Barcelona, Burgos, Ciudad Real, Guipúzcoa, León, Logroño, Tarragona y Zamora, estando en preparación otros programas de ámbito provincial. De estos once trabajos provinciales en curso en 1968, se puede resumir, por no cansar excesivamente vuestra atención, que han cubierto una superficie equivalente a 140 Hojas del Mapa Topográfico Nacional, a escala 1:50.000, con un total de 84.497 Km². Se han estimado y clasificado más de 2.000 puntos acuíferos, se han analizado 753 muestras de agua, para trazar los Mapas hidroquímicos y de utilización de las mismas, y se han perforado 11.912 metros en 48 sondeos, entre los de investigación y explotación.

Si a esta superficie, investigada por medio de planes provinciales, adicionamos las del estudio del Guadalquivir y de Mallorca, obtenemos un área total de 140.000 Km², en la que han trabajado nuestros equipos de Hidrogeología en 1968, lo que supone el 27,6 por 100 de la superficie nacional, y como de ésta hay casi un 25 por 100 en la que no pueden acometerse, por sus características hidrogeológicas generales, podemos concluir que hemos estudiado en 1968 y estamos estudiando del orden de un 40 por 100 de la superficie útil del país.

En cuanto a la rentabilidad de estos trabajos estamos preparando los datos suficientes para evaluarla. Puedo anticipar, porque la cifra es muy significativa, aunque haya que tomarse como previa, que en el estudio del Guadalquivir se han invertido unas 4.000 pesetas por Km², y el agua alumbrada ya, ha resultado a unas 40.000 pesetas litro/segundo, si admitimos que todos los restantes conocimientos no fueran útiles y se hubiera alumbrado ya toda el agua posible, ninguna de cuyas dos hipótesis es cierta. En la zona objeto del estudio, el valor de esta agua oscila en 3 y 30 veces los costos unitarios del alumbramiento.

Por una extrapolación sencilla, que sólo puede servir para establecer cifras del orden de inversión, se puede estimar que la extensión de nuestros trabajos a toda el área nacional equivaldría a un costo de unos 2.100 MP, con una probabilidad muy alta de proporcionar a corto plazo unos rendimientos económicos muy elevados que, si no del tipo de los del Guadalquivir, por las condiciones excepcionales de

climatología de la zona, si pueden estimarse en valores del orden de 3 a 15 veces los de la inversión.

Independientemente de los rendimientos agrícolas que están sirviendo para estos cálculos, de los que esperamos disponer en unos meses, el agua es una sustancia de primera necesidad para la vida humana y constituye una materia prima de magnitud destacada en nuestro proceso de industrialización. Es suficiente señalar que en los Estados Unidos de América el agua subterránea pasará en un período de diez años, del 20 al 60 por 100 del agua consumida.

Parece que contamos con medios técnicos para acometer esta operación de gran envergadura, que no exige elevadas inversiones y es obligada, si no queremos frenar nuestro desarrollo, para potenciar la industria, la agricultura y, en determinadas zonas, nuestra primera exportación, que es la turística.

Para prevenir razonadamente ese amplio plan, la Dirección General de Minas ha ordenado a nuestro Instituto la redacción de un *proyecto para el inventario del agua, que hemos iniciado en colaboración con el SGOP y INC, y al que llamamos ya el PIA*, que forma parte, aunque independiente por sus especiales características, del *Programa Nacional de Investigación Minera*, cuyo proyecto está ya en elaboración avanzada, en cumplimiento del artículo 6.º, apartado a) de la Ley que aprueba el Plan de Desarrollo.

Este amplio programa y el progreso experimentado por las técnicas de que se dispone para la investigación de aguas subterráneas, nos han llevado a la necesidad de *reconsiderar el planteamiento de todas nuestras investigaciones*. Estas no deben concretarse en límites políticos, sino comprender unidades hidrogeológicas definidas. Por este motivo, el IGME, colaborando así por otra parte en el Decenio Hidrológico Internacional, ha acometido la formación del Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:1.000.000, y la publicación de las Hojas hidrogeológicas que se consideran oportunas, a escala 1:50.000, todo lo cual será el documento base para llegar a conocer los recursos y reservas de agua que tiene España.

Simultáneamente con este mapa se formará otro a escala 1:1.500.000, siguiendo las normas del Mapa Hidrogeológico de Europa, para preparar las cuatro Hojas de éste en que queda dividido nuestro país. Ello ha planteado la necesidad de establecer acuerdos con entidades extranjeras, habiendo merecido la distinción de que el Jefe de nuestra División de Aguas sea designado como uno de los cuatro miembros del Comité para este Mapa Hidrogeológico de Europa, en la reunión celebrada en los primeros días de este mes en Hannover.

Todo esto es, Sres., un extracto apretado de nuestra labor, en la que se experimentan verdaderas satisfacciones por el bien enorme que supone un alumbramiento de agua, pero que está llena de dificultades técnicas, económicas y jurídicas, a las que entre todos debemos poner remedio en beneficio del bien común al que estamos obligados a servir.

La solución a alguna de esas dificultades está precisamente aquí, en este cursillo de Hidrogeología, porque se necesita personal suficientemente especializados en calidad y cantidad.

Con este nuestro, son cuatro los cursillos más o menos similares que se celebran en nuestro país anualmente:

El de Hidrogeología subterránea, de Barcelona; El de Hidrogeología, de la Facultad de Ciencias de Madrid; y El Internacional de Hidrogeología general y aplicada, que patrocinado por la UNESCO, lleva a cabo el Instituto de Hidrología.

Estos Cursillos están dedicados a post-graduados exclusivamente, mientras que en los tres del IGME han tenido entrada y forman lo más numeroso de sus promociones, alumnos del último curso de diversas carreras. Esta variedad la consideramos importante, porque el Cursillo ofrece la oportunidad, al hombre que está para terminar sus estudios, de tomar contacto con la especialidad concreta, dentro de la gama que su carrera ofrece y le sirve para decidir, de acuerdo con su propia vocación, el rumbo definitivo que puede dar a su formación.

En este sentido celebramos el Cursillo con la esperanza de que nuevas generaciones comprendan la necesidad de intensificar al máximo sus esfuerzos de formación, con objeto de servir a la comunidad de que forman parte, mediante la aportación pequeña o grande a una técnica que es cada día crecientemente complicada y nueva.

Dificultades también económicas, porque se ha tardado en comprender entre nosotros la importancia que la investigación tiene para el desarrollo y se ha creído, hasta hace poco, que la investigación geopolítica y minera, de la que la prospección de aguas forma parte, no debía estar incluida en la investigación científica y técnica. Esta falsa concepción está siendo superada y el *II Plan de Desarrollo Económico y Social ha prestado ya una atención preferente a estos problemas*.

Y dificultades jurídicas, porque nuestras actuaciones tropiezan con una legislación, que ha servido durante más de cien años para regular el aprovechamiento de las aguas, pero que ha quedado sobrepasada por los avances técnicos, que hoy se aplican a la prospección, al alumbramiento y a la ordenada utilización de nuestros recursos hídricos. Tenemos la esperanza de que también este punto de dificultad pueda ser superado en breve, pues conocemos la inquietud de nuestro Ministerio en este sentido y su decidido propósito de proponer al país la *adecuación* de este sólido, pero ya anticuado instrumento jurídico que es nuestra *Ley de Aguas*.

Todo este planteamiento no es privado de nuestra nación, sino que se presenta con características similares en el resto de los países. De ahí que el acontecimiento internacional más destacado en este año último, en el dominio de las aguas, haya sido la promulgación, el 6 de mayo de 1968, en Estrasburgo, de la *Carta Europea del Agua*.

No será posible elevar el nivel de vida de los pueblos, dice la Carta en el II de sus doce puntos, si no consideramos que es indispensable preservar el agua, controlarla, y si es posible, acrecentarla, pues los recursos de que disponemos son limitados. En el punto VII establece que dichos recursos deben ser objeto de un detallado inventario y añade, en el VIII, que la buena gestión del agua obliga a las autoridades competentes a trazar un plan detallado para su utilización.

En sus últimas definiciones señala que el agua es un patrimonio común, que debe ser reconocido por todos y que su salvaguardia implica la formación de especialistas, para que cada país pueda hacer un esfuerzo de investigación científica en este campo.

No es posible comentar aquí por su extensión el contenido de la Carta, que debiera ser estudiada por todos los que tenemos relación más o menos directa con estos temas. En ella están definidas todas nuestras inquietudes y apuntada la solución a nuestros problemas, si sabemos enfrentarnos

a ellos con espíritu abierto, y no con intereses cortos, de clase o de cuerpo, por nobles que estos intereses sean.

Deseo terminar agradeciendo a todos Vdes., muy sinceramente, su asistencia a este acto.

A los alumnos del Cursillo, en cuanto que depositan su confianza en los organizadores y en el cuadro de especialistas que van a exponerles los fundamentos de la Hidrogeología y el estado actual de sus técnicas.

A nuestros colaboradores, el IPSM, la ETSIM y la FAO, porque con su ayuda han hecho posible la celebración del Cursillo.

Y a las autoridades, que nos honran con su asistencia, porque de su interés por estos trabajos sólo puede deducirse una mayor entrega, al desarrollo creciente de nuestro país, de todos los que formamos el rancio y joven Instituto Geológico y Minero de España.

En nombre del Instituto, muchas gracias.

Estadística y Economía

COTIZACIONES

M A T E R I A S	15-12-66	4-1-68	28-1-68	2-1-69	30-1-69
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	14,50	13,50	13,50	13,50	13,50
Londres (£ por Tm.).....	104-105	112 ¹ / ₈ -112 ¹ / ₄	105 ¹ / ₂ -10 ⁵ / ₈	114 ¹ / ₄ -114 ² / ₈	113 ⁵ / ₈ -113 ³ / ₄
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	24,50	25,—	26,—	26,—	26,—
Londres (£ por Tm.).....	192,—	228-13-4	238-0-0	238-0-0	239-0-0
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramos).....	495-510	523-528	520-525	535-540	532-540
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.)..	185-210	220,—	218-223	223,—	223,—
VOLFRAMIO					
Londres (chelines por Tm.).....	310-325	410-425	420-432/6	435-447/6	425-445
PETROLEO					
Nueva York (\$ por barril).					
East Texas, crudo, en pozo....	3,10	3,20	3,20	3,20	3,20
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra) ..	154,—	150,—	163,—	162,—	165,—
COBRE					
Nueva York (centavos por libra).					
Electrolítico.....	36,38	38-38,25	42-42,25	42	44,50
Londres (£ por Tm.).....	426-426 ¹ / ₂	579-580	477 ¹ / ₂ -478	515-515 ¹ / ₂	540-541
PLOMO					
Nueva York (dólares por libra)....	11,30	14,—	13,—	13,—	13,—
Londres (£ por Tm.).....	81-81 ¹ / ₄	93 ¹ / ₈ -93 ¹ / ₄	105 ¹ / ₂ -105 ⁵ / ₈	106 ¹ / ₄ -106 ³ / ₈	109-109 ¹ / ₈

LA INDUSTRIA MINERALURGICA EN 1968 (*)

CARBON

El Producto Industrial Bruto obtenido por la extracción de las distintas clases de carbones se ha situado en 9.436 millones de pesetas, lo que ha supuesto un aumento sobre el correspondiente al ejercicio anterior de 152 millones de pesetas, en términos absolutos, o del 1,64 por 100 en términos relativos. Discriminando el Producto Industrial Bruto de las industrias extractivas carboníferas en los grupos de hulla, antracita y lignito.

Producto industrial bruto	Millones de pesetas		% variable 1968/1967
	1968	1967	
Minas de hulla	6.419	6.345	+ 1,17
Minas de antracita	1.869	1.841	+ 1,52
Minas de lignito	1.148	1.098	+ 4,55

En la minería de hulla y si se tiene en cuenta que el Producto Industrial Bruto viene a suponer el 89 por 100 del valor de la producción, se puede situar en unos 7.200 millones de pesetas. El valor de la producción de las antracitas se calcula en 2.130 millones de pesetas, y el de lignito en unos 1.420 millones de pesetas.

Por lo que respecta al grado de infrautilización, éste ha experimentado una evolución trimestral que oscila entre el 11 y el 27 por 100 para el conjunto del sector carbonífero. Una de las principales causas de la infrautilización del sector fue la dificultad de la mano de obra especializada; también la debilidad de la demanda interior tuvo un lugar destacado entre las causas de este grado de infrautilización de la minería carbonífera.

La producción de carbón (hulla, antracita y lignito) totalizó 15.038 miles de toneladas, frente a 15.029 miles de toneladas en 1967, habiéndose producido, por tanto, un aumento en el volumen producido del 0.06 por 100.

Durante el año se integraron en HUNOSA las sociedades hulleras del Turón, S. A., y Hulleras de Veguín, S. A., Olloniego, S. A., y Carbones de la Nueva, S. A., habiendo solicitado la integración 10 de las 12 empresas concertadas asturianas, estando en estudio y trámite de valoración para tomar la decisión de su integración.

La inversión en el sector de combustibles sólidos puede cifrarse en unos 763 millones de pesetas, lo que supone, aproximadamente, 79 pesetas por tonelada de carbón extraído.

El rendimiento de la mano de obra experimentó un in-

(*) Tomado de Hechos y cifras de la economía española la 1968 del Banco Exterior de España.

cremento del 9,23 por 100, para pasar a 919 kg., frente a los 899 kg. correspondientes a diciembre de 1967.

El índice de precios al por mayor se situó en 115,6, lo que supone un aumento con respecto al índice del ejercicio anterior del 2,30 por 100.

Los precios de la hulla se han mantenido prácticamente constantes, y los de la antracita destinada a las centrales térmicas no sufrieron alteración, por tener precio oficial. El resto de los productos son los que han experimentado los ligeros aumentos que se han reflejado en el índice general, por disfrutar de libertad de precios.

Producción	Miles de toneladas	
	1968	1967
Hulla	9.448	9.570
Antracita... ..	2.782	2.774
Lignito	2.808	2.685

PETROLEO

El Producto Industrial Bruto en la destilación de petróleos ascendió a 5.188 millones de pesetas, lo que supone, con respecto a los 4.747 millones correspondientes al año 1967, un incremento del 9,29 por 100.

El Producto Industrial Bruto en los productos derivados del petróleo y del carbón se situó en 50 millones de pesetas, lo que supone un valor de producción de unos 345 millones de pesetas.

El refinado de petróleo ha continuado la trayectoria de amplio desarrollo y modernización de las instalaciones, a la vez que se ponía en funcionamiento una serie de nuevas plantas y así es de esperar que para el año 1969 la capacidad nacional de refinado será de 37 millones de toneladas.

La capacidad de refinado se situó en unos 32 millones de toneladas, frente a los 20 millones correspondientes al año 1967.

PROGRAMA NUCLEAR

Es preciso citar que el 17 de julio, con la inauguración de la central nuclear «José Cabrera», de agua a presión y uranio enriquecido situada en el término de Almonacid de Zorita (Guadalajara), se ha iniciado la producción de energía eléctrica de origen nuclear.

Continúan los trabajos para la puesta en funcionamiento de la central de Santa María de Garoña (Burgos), del tipo de agua en ebullición y óxido de uranio enriquecido y cuya inauguración está prevista para el año 1970. También se trabaja en la instalación de la central de «Vandellós» (Tarragona), que será de uranio natural-grafito-gas y que contará con una potencia de 480 millones de kW.

MINERIA

El producto Industrial Bruto en la extracción de minerales metálicos, incluido el mineral de hierro, totalizó en 4.327 millones de pesetas, frente a 3.682 millones del año 1967. El valor de la extracción se puede cifrar en unos 5.500 millones de pesetas, con aumento del 16,20 por 100 sobre el valor correspondiente al año anterior.

Si a la cifra del P. I. B. anteriormente citada se le agrega el correspondiente a la extracción de piedra, arcilla y arena (1.729 millones de pesetas) y el correspondiente a minerales no metálicos, con 2.156 millones de pesetas, resulta que el Producto Industrial Bruto de la minería española ascendió en el año a un total de 8.212 millones de pesetas, que frente a los 7.373 millones correspondientes al año anterior, suponen un incremento, en cifras absolutas, de 839 millones de pesetas, o del 11,38 por 100.

PRODUCTO INDUSTRIAL BRUTO DE LA MINERIA

	Millones de pesetas		% variación 1968/1967
	1968	1967	
Extracción de mineral de hierro	1.333	1.159	+ 19,33
Extracción de sales... ..	1.243	1.180	+ 5,34
Extracción de piritas	1.136	1.058	+ 7,37
Extracción de calizas	972	883	+ 10,08
Extracción de minerales de plomo	929	839	+ 10,73
Extracción de minerales no metálicos no clasificados en otra parte	753	704	+ 6,96
Extracción de minerales de cinc	662	428	+ 54,67
Extracción de arcillas y margas	385	368	+ 4,62
Extracción de otros minerales metálicos	217	198	+ 9,59
Extracción de espato-flúor o fluorina	160	221	- 27,61
Extracción de arenas silíceas y piedra para grava... ..	213	192	+ 10,94
Extracción de caolines... ..	137	124	+ 10,48
Extracción de pizarras... ..	22	28	- 21,43

Por lo que se refiere a la investigación, se ha de reforzar la que afecta al cobre, plomo, cinc y estaño, si bien existen proyectos en fase muy avanzada para los tres primeros. En las piritas arsenicales, debe no sólo intensificarse la investigación industrial, sino también el procedimiento de beneficio de minerales complejos. Por lo que se refiere al plomo-cinc, debido al pequeño volumen de las reservas nacionales, sólo se puede pretender el que la expansión se mantenga paralela al consumo, sin tener que efectuar importaciones, objetivo que se pretende alcanzar en 1969.

En la minería del cobre no se han producido grandes modificaciones con respecto al ejercicio anterior, pero es de señalar que se ha utilizado el 88 por 100 de la capacidad productiva; las reservas en minerales y pórfidos se estiman en unas 550.000 toneladas de cobre contenido.

En el mineral de plomo, la productividad ha aumentado de forma sensible, puesto que con un número más pequeño de obreros y disminución de las empresas en funcionamiento, se ha obtenido una mayor producción. Las reservas de plomo contenido en España se estiman en unas 750.000 toneladas.

Por lo que se refiere al cinc, con capacidad del sector de 75.000 toneladas de metal contenido, el consumo aparente, sin tener en cuenta los «stocks», ha sido de 173.000 toneladas, calculándose las reservas en 1,5 millones de toneladas de cinc contenido.

En el sector de minerales no metálicos y canteras, en el espato-flúor, la producción fue de 173.353 toneladas, cifra inferior a la del ejercicio anterior.

En las sales potásicas se ha aumentado la producción en más del 6 por 100 y la exportación en el 17 por 100, siendo debido este aumento a las ventas al exterior de las existencias que había de ejercicios anteriores. El precio medio de exportación de la tonelada de cloruro potásico con el 60 por 100, ha sido de unos 27 dólares.

En la sal, la producción total se estima de 1,80 millones de toneladas, calculándose que se habrán exportado unas 295.000 toneladas, con un valor superior a los 90 millones de pesetas. Se observa en la sal una ligera tendencia al descenso en las producciones procedentes de salinas, salvo pequeñas oscilaciones anuales debidas a circunstancias meteorológicas, mientras que la extracción de yacimientos de sal gema presenta una clara tendencia de producción en ascenso.

Los precios para el conjunto de las industrias extractivas españolas solamente se incrementaron durante el año en un 1,17 por 100, lo que supone una práctica estabilidad en las mismas.

Se ha producido un aumento en la productividad del sector, que se puede estimar en un 7 por 100 por hombre ocupado, y en más del 10 por 100 por hora trabajada.

Las inversiones en la minería se estiman en 3.216 millones de pesetas, frente a 2.458 millones de pesetas en el año 1967.

El mayor volumen de inversión correspondió a las piritas,

con 524 millones de pesetas, seguida por la efectuada en el mineral de hierro, con 450 millones. En el mineral de cinc se situó en 200 millones de pesetas.

Minería	Toneladas		% variación 1968/1967
	1967	1968	
Piritas ferrocobrizas (mineral vendible)... ..	460.238	423.120	- 8,07
Mineral de cinc (mineral vendible)	110.748	139.792	+ 26,22
Mineral de plomo (mineral vendible)... ..	94.547	107.681	+ 13,89
Pórfidos de cobre (mineral vendible)... ..	265.934	266.559	+ 0,23
Sales potásicas (cloruro)	855.455	910.814	+ 6,47
Espato-flúor (bruto)	180.531	173.353	- 3,98

METALURGIA

El Producto Industrial Bruto de la misma ascendió a 9.397 millones de pesetas, frente a 8.006 millones en el año 1967.

La evolución del producto industrial bruto de los distintos subsectores de la metalurgia considerados, ha sido la siguiente:

Producto industrial bruto de la metalurgia

	Millones de pesetas		% variación 1968/1967
	1968	1967	
Metalurgia del cobre	3.212	2.449	+ 31,15
Metalurgia del aluminio y otros metales ligeros... ..	2.387	2.072	+ 15,20
Metalurgia del mercurio	1.952	1.831	+ 6,61
Metalurgia del cinc	767	708	+ 8,33
Metalurgia del plomo	638	568	+ 12,32
Otras industrias metalúrgicas	340	315	+ 7,94
Metalurgia del estaño	101	63	+ 60,32

SIDERURGIA

Entre los hechos más destacados debe citarse el incremento en las producciones, tanto de lingote de hierro y de acero, como de la de laminados, así como el ligero aumento experimentado por la demanda y la reducción, en términos generales, de las importaciones de productos siderúrgicos.

El consumo se ha estimado en 6,45 millones de toneladas de acero equivalente.

Tuvo lugar la puesta en funcionamiento de cuatro baterías de coque, una de 60.000 toneladas/año y tres de 180.000 cada una; dos plantas de sinterización, una de ellas con 1.220.000 toneladas/año; un horno alto con capacidad de 2.000 toneladas/día; dos convertidores LD, de 65 toneladas; dos hornos eléctricos de 80 y 50 toneladas; un tren desbastador de 50.000 toneladas/año; dos trenes comerciales de 75.000 y 55.000 toneladas/año; un tren de laminación de tubos de seis pulgadas con capacidad para 60.000 toneladas/año, y una instalación de colada continua con capacidad para 70.000 toneladas/año, así como un tren «blooming-slabbing» con capacidad para 1,6 millones de toneladas/año.

El producto industrial bruto del sector siderúrgico alcanzó la cifra de 21.498 millones de pesetas, frente a los 20.266 millones correspondientes a 1967.

	Millones de pesetas		% variación 1968/1967
	1968	1967	
Lingote de hierro y arrabio.	2.144	2.096	+ 2,29
Fabricación de aceros	6.573	5.916	+ 11,10
Fundición de hierro y acero.	12.781	12.254	+ 4,30
Laminación de hierro y acero	12.781	12.254	+ 4,30
Forja de hierro y acero	12.781	12.254	+ 4,30
Tubería de hierro y acero... ..	12.781	12.254	+ 4,30
Ferroaleaciones	12.781	12.254	+ 4,30

Los precios del sector experimentaron un ligero incremento que puede estimarse en, aproximadamente, el 2 por 100.

CEMENTO

La industria del cemento en España es una de las que mayor auge ha experimentado en los últimos años; la capacidad de producción aumentó en un 4,7 por 100 sobre la del año anterior.

El producto industrial bruto obtenido en la fabricación de cemento y cales hidráulicas dio 7.130 millones de pesetas, frente a 6.198 millones en 1967. Estas cifras han supuesto un incremento en el P. I. B. correspondiente a 1968 sobre el alcanzado en 1967.

Si se tiene en cuenta que el P. I. B. viene a representar el 54 por 100 del valor de la producción, el correspondiente al año 1968 puede estimarse en unos 13.200 millones de pesetas, lo que supone, respecto del valor de la producción en 1967, un aumento del 15,50 por 100.

El consumo ha experimentado un sensible aumento del 10,1 por 100, al estimarse el correspondiente al ejercicio en una cifra muy próxima a los 15.000.000 de toneladas.

El coeficiente de utilización de la capacidad productiva de las instalaciones llegó a ser del 89 por 100 en el último trimestre del año.

La producción de clínker normal ascendió a 13,37 millones de toneladas, frente a 11,84 millones de toneladas en el año 1967.

Producto del cemento	Millones de toneladas	
	1968	1967
Portland corriente...	14.054.929	12.349.197
Cementos blancos ...	264.414	199.090
Cemento aluminoso ...	55.491	59.662
Cemento puzolánico ...	93.525	65.151
Cemento de escorias (alto horno y siderúrgico) ...	352.673	363.071

INDUSTRIA QUIMICA

El valor del producto industrial bruto de la industria química española se situó en 35.600 millones de pesetas, lo que supone un incremento del 9,13 por 100 sobre los 32.676 millones de pesetas.

Producto Industrial Bruto	Millones de pesetas		% variación 1968/1967
	1968	1967	
Productos farmacéuticos ...	8.137	7.889	+ 3,14
Metaloides, gases y electroquímica ...	4.215	3.606	+ 16,89
Acidos, álcalis y sales...	4.075	3.574	+ 14,02
Pinturas, barnices, tintes y material de escritorio ...	2.858	2.658	+ 7,52
Fibras artificiales y sintéticas ...	2.528	2.079	+ 21,50
Fertilizantes, excepto los potásicos ...	2.410	2.205	+ 9,30
Detergentes ...	1.695	1.532	+ 10,64
Productos aromáticos ...	1.575	1.480	+ 6,42
Hidratos de carbono y colas ...	1.561	1.479	+ 5,54
Resinas sintéticas y materias primas plásticas ...	1.406	1.281	+ 9,76
Química orgánica ...	1.318	1.270	+ 3,78
Aceites y grasas animales y vegetales, excepto refinado de aceite.	1.071	1.075	- 0,38
Colorantes y pigmentos ...	864	835	+ 3,47
Explosivos y pirotecnia ...	778	685	+ 13,58
Anticriptogámicos, insecticidas y raticidas ...	670	545	+ 22,93
Derivados de ceras y parafinas ...	381	364	+ 4,67
Resinas naturales ...	88	89	- 1,13
Extractos curtientes ...	32	30	+ 6,67
TOTAL: Fabricación de sustancias y productos químicos...	35.600	32.676	+ 9,13

La producción de ácido sulfúrico (100 por 100 de SO₄H₂) se situó en 1968 en 2.068.999 toneladas, frente a 1.744.518 toneladas en el año 1967.

La producción de ácido clorhídrico aumentó en el año 1968, con respecto a la del ejercicio anterior, en 16.015 toneladas, al situarse en 71.162 toneladas.

También fue superior la producción de ácido nítrico durante el ejercicio comentado que en 1967, al haberse alcanzado un volumen de 515.376 toneladas, frente a 370.492 toneladas en 1967.

También experimentó incremento la producción de amoníaco (líquido, gas o disolución), al situarse en el ejercicio comentado en 466.084 toneladas, frente a 360.771 toneladas en el año 1967.

Por el contrario, las producciones de potasa cáustica experimentaron un descenso del 1,82 por 100, al haberse situado su producción correspondiente al año 1968 en 2.592 toneladas.

La producción de carbonato sódico se aumentó en 10,57 por 100, alcanzándose una producción en el ejercicio comentado de 271.472 toneladas.

La producción de sosa cáustica se incrementó en el año 1968, con respecto al año 1967, en un 9,61 por 100, y la de cianamida cálcica disminuyó en un 1,48 por 100. La producción de urea, de 22.797 toneladas en el año 1967, ha pasado a 49.779 toneladas en el año 1968.

Por lo que respecta a los abonos y fertilizantes, es de señalar que en los abonos nitrogenados se han dado unas elevaciones en la producción, con respecto a las del año 1967, excepto en el nitrato amónico cálcico, que se situó en 163.124 toneladas de N., frente a 197.170 toneladas en

Producción en toneladas	1968	1967	% variación 1968/1967
Acido sulfúrico (100 % de SO ₄ H ₂) ...	2.068.999	1.744.518	+ 18,60
Acido nítrico (100 % de NO ₃ H) ...	515.376	370.492	+ 39,10
Acido clorhídrico (100 % de HCl) ...	71.162	55.147	+ 29,04
Carbonato sódico ...	271.472	245.509	+ 10,57
Sosa cáustica (hidróxido sódico) (100 % de NaOH) ...	183.381	167.306	+ 9,61
Amoníaco (N) ...	466.084	360.771	+ 29,19
Nitrato amónico cálcico (N) ...	163.124	197.170	- 17,27
Sulfato amónico (N) ...	274.157	220.867	+ 24,13
Superfosfato de cal (P ₂ O ₅)... ..	254.897	289.794	- 12,04
Potasa cáustica (hidróxido potásico) (100 % de KOH) ...	2.592	2.640	- 1,82
Carburo de calcio ...	290.969	214.583	+ 37,46
Cianamida cálcica (N) ...	1.599	1.623	- 1,48
Urea ...	49.779	22.797	+118,36

el año 1967. La de sulfato amónico, de 157.192 toneladas en 1965, ha pasado a un total de 274.157 toneladas en el año comentado. La producción de superfosfato de cal experimentó una reducción del 12,04 por 100, al haberse alcanzado en el año 1968 un volumen de producción de 254.897 toneladas.

1968, frente a 17.960 millones en 1967, su evolución, subdividida en productos de arcilla, vidrio y sus productos, y cerámica, loza y alfarería, durante los años 1968 y 1967, así como su variación porcentual, ha sido la siguiente:

Producto Industrial Bruto	1968	1967	% variación 1968/1967
Productos de arcilla para construcción ...	4.992	4.856	+ 2,80
Vidrio y sus productos...	5.113	4.486	+ 13,98
Cerámica, loza y alfarería...	2.546	2.420	+ 5,21

MATERIALES DE CONSTRUCCION

El Producto Industrial Bruto correspondiente a los materiales de construcción, que, con la inclusión del cemento y cales hidráulicas, se situó en 19.781 millones de pesetas en

Información legislativa

PERMISOS DE INVESTIGACION Y CONCESION DE EXPLOTACION

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
43	2602	19-II-69	Ind.	Cáceres, Caducando el permiso de investigación que se cita.
43	2602	19-II-69	Ind.	Ciudad Real, cancelando el permiso de investigación que se cita.
43	2601	19-II-69	Ind.	Dirección General de Energía y Combustibles; declarando desierto el concurso para la adjudicación de permisos de investigación de hidrocarburos sobre la cuadrícula 97-a de la Zona III (Sahara).
48	2931	25-II-69	Ind.	Huelva, otorgándose los permisos de investigación que se citan.
48	2931	25-II-69	Ind.	Jaén, otorgándose los permisos de investigación que se citan.
48	2933	25-II-69	Ind.	Pontevedra, declarando mineromedicinales las aguas de los manantiales que se citan.
48	2933	25-II-69	Ind.	Santander, otorgándose el permiso de investigación que se cita.
49	3001	26-II-69	Ind.	Orden de 17 de febrero de 1969 por la que se acepta renuncia de «Empresa Nacional de Petróleos de Aragón, S. A.» (ENPASA), al permiso de investigación de hidrocarburos, «Este de Benabarre», en zona I (península).
49	3001	26-II-69	Ind.	Oviedo, cancelando el permiso de investigación que se cita.
57	3469	7-III-69	Ind.	Córdoba, caducando la concesión de explotación que se cita.
57	3470	7-III-69	Ind.	Murcia, caducando la concesión de explotación que se cita.
57	3471	7-III-69	Ind.	Teruel, caducando las concesiones de explotación minera que se citan.
66	4000	18-III-69	Ind.	León, caducando el permiso de investigación que se cita.
66	4001	18-III-69	Ind.	Santa Cruz de Tenerife, caducando los permisos de investigación que se citan.
66	4001	18-III-69	Ind.	Teruel, otorgando los permisos de investigación que se citan.
69	4148	21-III-69	Ind.	Barcelona, caducando el permiso de investigación que se cita.
71	4247	24-III-69	Ind.	León, caducando el permiso de investigación que se cita.
RESERVAS				
52	3184	1-III-69	Ind.	Orden de 21 de febrero de 1969 por la que se autoriza la reserva provisional a favor del Estado para investigación en período comprendido en las provincias de Alava, Santander y Vizcaya.
71	4247	24-III-69	Ind.	Corrección de errores de la Orden de 21 de febrero de 1969 por la que

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
79	4817	2-IV-69	Ind.	se autoriza la reserva provisional a favor de Estado para investigación en perímetro comprendido en las provincias de Álava, Santander y Vizcaya. Orden de 24 de marzo de 1969 por la que se autoriza la reserva provisional a favor del Estado para la investigación de minerales radiactivos en un área que expresamente delimita, denominada Zona Vigésimoséptima-Besullo».
79	4818	2-IV-69	Ind.	Orden de 24 de marzo de 1969 por la que se autoriza la reserva provisional a favor del Estado para la investigación de minerales radiactivos en un área que expresamente delimita, denominada «Zona Vigésimoquinta-Cabrejas del Pinar».
86	5222	10-IV-69	Ind.	Orden de 31 de marzo de 1969 por la que se autoriza la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en un área que expresamente delimita, denominada «Zona Vigésimotercera» (Orense).
86	5223	10-IV-69	Ind.	Orden de 31 de marzo de 1969 por la que se autoriza la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en un área que expresamente delimita, denominada «Zona Vigésimosexta» (La Junquera).
88	5366	12-IV-69	Ind.	Orden de 27 de marzo de 1969 por la que se autoriza la reserva provisional a favor del Estado para investigación de minerales radiactivos en un área que expresamente delimita, denominada «Zona vigésimocuarta-Lalín».
VARIOS				
47	2843	24-II-69	Ind.	Orden de 22 de febrero de 1969 por la que se revisa el precio de la pirita de hierro cruda en el mercado interior.
47	2859	24-II-69	Ind.	Resolución de la Delegación de Toledo por la que se hace público haber sido declaradas minero-medicinales las aguas de los manantiales que se citan.
48	2933	25-II-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Valencia por la que se hace público haber sido declaradas minero-medicinales las aguas del manantial que se cita.
51	3111	28-II-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas de Santo Domingo, para continuar perforando de una galería que tiene autorizada en el término municipal de Garafía (Isla de La Palma, Tenerife) y legalización de obras ejecutadas en la misma galería.
51	3115	28-II-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Aguas «Bilbao» para continuar la perforación de una galería en el barranco de Chacón, en el término municipal de S. Juan de la Rambla (Tenerife) y legalización de obras ejecutadas en la misma galería.
51	3116	28-II-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización concedida a la Comunidad «Unión Aguas de Garafía», para ejecutar labores de alumbrado de Aguas Subterráneas, en terrenos de monte de propios del Ayuntamiento de Garafía (Tenerife).
54	3280	4-III-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la legalización y autorización concedidas a la Comunidad de Aguas «Mirca» para perforar galería en el Barranco «Los Gómeros», en término municipal de Santa Cruz de La Palma (Tenerife).
55	3346	5-III-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que

B. O. N.º	PÁGINA	FECHA	MINISTERIO	A S U N T O
61	3703	12-III-69	O. P.	se hace pública la autorización otorgada a la comunidad de Aguas «San Juan de Chío» para ejecutar labores de alumbramiento subterráneas en terrenos de monte de propios del Ayuntamiento de Guía de Isora (Isla de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife).
73	4404	26-III-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización concedida a la Comunidad de Aguas Victoria de Acentejo (Tenerife) para labores de alumbramiento de aguas subterráneas en terrenos de monte de propios del Ayuntamiento de la Victoria de Acentejo.
73	4405	26-III-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización otorgada a la Comunidad de Bienes «La Peña» para continuar la perforación de una galería que tiene autorizada en el Barranco de Chacón o de Obispo, en monte de propios del Ayuntamiento de San Juan de la Rambla (Tenerife).
75	4559	28-III-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización concedida a D. Santiago García Cáceres para alumbrar aguas subterráneas en terrenos de monte de propios del Ayuntamiento de Garafía, isla de La Palma (Tenerife).
83	4977	7-IV-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se autoriza al Ayuntamiento de Oris (Barcelona) para abastecimiento de aguas subterráneas del río Ter, en término municipal de Oris (Barcelona), para abastecimiento.
87	5308	11-IV-69	Ind.	Resolución de la Delegación Provincial de Toledo por la que se hace pública la declaración de minero-medicinales de las aguas del manantial que se cita.
89	5456	14-IV-69	Com.	Decreto 560/1969 de 27 de marzo por el que se prorroga la suspensión de la aplicación de cierto producto petroquímico.
101	6391	28-IV-69	O. P.	Resolución de la Dirección General de Obras Hidráulicas por la que se hace pública la autorización concedida a D. Juan García Pino para alumbrar aguas subterráneas en monte de propios del Ayuntamiento de Garafía, isla de La Palma (Tenerife).

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

International Symposium on the Devonian System.

La reciente publicación del *International Symposium on the Devonian System (1967)*, es un compendio exhaustivo de toda la información más reciente sobre el Devónico, que pone de manifiesto, que en conjunto, quizá sea el sistema más estudiado y mejor conocido del mundo.

La publicación consta de dos volúmenes, el primero, con cincuenta y ocho artículos sobre el desarrollo del Devónico

en todas las regiones del mundo, y el segundo, con veintiséis artículos sobre la estratigrafía de áreas especiales y noventa y siete artículos dedicados a aspectos particulares, que se agrupan bajo los siguientes títulos: «Arrecifes y carbonatos», «Bioestratigrafía», «Paleontología», «Límites estratigráficos», «Tectónica y rocas ígneas», «Provincias de fauna y paleogeografía».

El texto lo ilustran numerosos mapas, cuadros, columnas estratigráficas y cortes que sirven de aclaración y resumen de la información.

Se tardó tres años en reunir todos los artículos que se

solicitaron a gran número de expertos de todo el mundo sobre su especialidad.

Algo notable que cabe resaltar es que muchos de los artículos publicados en estos volúmenes contienen información que no había sido publicada anteriormente, y la mayoría de los artículos regionales consisten en una recopilación de la información obtenida más recientemente sobre el Devónico en las áreas estudiadas.

El número de artículos publicados en este simposio sobre el Devónico, en Canadá y la URSS, es superior al de las otras regiones del mundo, lo que indica el interés y grado de actividad con que se han realizado estudios sobre el Devónico en estos países. En contraste de la Europa Oriental (excepto la URSS) y de regiones tan extensas como China y Japón, Antártica, y América del Sur, el número de artículos publicados es muy reducido. Este hecho es de lamentar, ya que existe bastante información publicada sobre estas áreas, de la que citamos el *Simposio de Praga, de 1958* sobre el Silúrico y Devónico, editado por Josef Svoboda en alemán, y la *Geología de China*, escrita por Ch'ang Ta, publicada en 1959 en Peiping, y distribuida ahora en inglés por el Departamento de Comercio de USA.

Es interesante resaltar los artículos que tratan del Devónico en España. De particular interés es el artículo «Le Dévonien de l'Espagne», de N. Llopis Lladó, J. F. Villalta, R. Cabanas, J. R. Paláez Pruneda y L. Vilas, en el que se resumen por primera vez los resultados de numerosos trabajos regionales. Para dar una visión de conjunto, le dedicamos los párrafos que siguen:

El Devónico en España se extiende por la Cordillera Cantábrica, Pirineos, Cordillera Ibérica, Cadena Catalana y SW. de España y Portugal.

No se observa interrupción en la sedimentación en el tránsito Silúrico-Devónico. Durante el Devónico inferior, existían dos cuencas:

a) la cuenca Cantábrica, unida hacia el Sureste con la Cordillera Ibérica, y por ésta a la España Meridional, y unida por el Norte a la Cuenca Pirenaica por el actual mar Cantábrico, y

b) la cuenca Catalana, unida con Menorca. Durante todo este periodo, los movimientos epirogénicos fueron de poca envergadura y la sedimentación fue terrígena en todas las áreas, excepto en la mitad oriental de los Pirineos, donde fue calcárea. Este carácter se va acentuando cada vez más en todo el norte y aparecen las primeras facies recifales, que alcanzan gran desarrollo en la Cordillera Cantábrica y Pirineos durante el Devónico medio.

En esta época se produce el primer movimiento importante, equivalente a la fase orogénica del Devónico medio de Europa Central y que produjo la emersión de la Cordillera Ibérica y Cadena Catalana.

Durante el Devónico superior sólo quedan la Cuenca Cantabro-Pirinaica y la Cuenca Meridional. En la primera predominan las facies pelágicas con cefalópodos. En el Sur, los depósitos fueron casi siempre terrígenos. Las zonas de máxima subsidencia se sitúan en Andorra, en los Pirineos, y en Salas, en la Cordillera Cantábrica.

El artículo va ilustrado con cuadros que correlacionan columnas estratigráficas de las distintas zonas, de los fósiles de zona, que han permitido datar las formaciones; tres figuras con los estratos-tipo en Asturias, Navarra y Córdoba; un perfil estratigráfico esquemático de los Pirineos, y mapas de isopacas.

Otros artículos se concretan a regiones determinadas. Tales son: «Devonian of the Cantabrian Mountains, North-western Spain», de A. Brauwer, que recoge el trabajo realizado durante los últimos años en la Cordillera Cantábrica por la Universidad de Oviedo y la Universidad de Leiden (Holanda); «Associations of rugose corals and cephalopods in the Devonian of the Cantabrian Mountains (Northern Spain)», de J. Kullmann; «Evolution of the Pyrenean Basins during the late Paleozoic», de P. H. W. Mey; «Le Dévonien de Minorque (Balears, Espagne): ses limites et sa place en Méditerranée Occidentale», de R. Bourrouilh; «The Lower Devonian of the Eastern Iberian Chains (NE. Spain) and the distribution of its Spiriferacea, Acastovinae and Asteropyginae», de P. Carlos y J. Candó; y «Devonian tetracorals from Spain and their relation to North American Species», de G. Altevoght.

Otros artículos de interés por su relación directa con el Devónico en España son: «Le Dévonien des Pyrénées Occidentales et Centrales (France)», de R. M'rouse, y «Le Dévonien du Portugal», de C. Teixeira y D. Thadeu.

Resulta particularmente interesante el artículo de Playford sobre los complejos arrecifales del Canning Basin de Australia por tratarse de los arrecifes más espectaculares del mundo, y el de Nalivkin, sobre la estructura tectónica de plataformas.

En resumen, esta publicación es indispensable para todo geólogo que realice estudios sobre el Devónico de cualquier región del mundo. Con ella se ha marcado un nuevo nivel para los estudios geológicos a escala mundial. Dada sus cualidades es un libro que no debe faltar en ningún Instituto Geológico, Escuela Técnica o Universidad.—K. W. S. y M.-L. S. de la T.

CAILLEUX, A.: *Anatomía de la Tierra*, Ediciones Guadarrama, S. A., 252 pp., 1968, Madrid.

André Cailleux, especialista en la materia nos describe de una manera amena cuantos fenómenos de carácter geológico y morfológico acontecen en nuestro Planeta. La obra tiene un loable afán vulgarizador y va dirigida a las masas. A lo largo de sus 252 páginas comprende los capítulos siguientes: La forma externa de la Tierra. El interior de la Tierra. Estructura de la corteza terrestre. Composición química de la Tierra. El origen de la Tierra. Movimiento de los continentes. Formación de montañas. El futuro. Muy interesante resultan las 28 tablas con que cuenta la obra, así como es de destacar las magníficas fotos, algunas de ellas a todo color, varios gráficos y esquemas que contribuyen a la agradable presentación del libro.—A. y L. DE G.

P. FLOOR: *Basement rocks of western Galicia as sources for the minerals in the ría de Arosa*, «Leidse Geologische Mededelingen», vol. 37, 1968, pp. 69-76.

Describe el autor en este trabajo la orogénia hercínica de la parte occidental de Galicia, especialmente del área de captación de la Ría de Arosa. Discute cuáles son las rocas de los minerales pesados traslúcidos encontrados en los sedimentos no consolidados dentro de la ría y sus alrededores. Representa en un cuadro las áreas de captación de los ríos Ulla y Umia, y en otro la región directamente circundante de la Ría de Arosa.—L. DE A.

PALEONTOLOGIA

M. H. J. OERTLI y cols.: *Rôle de la paléontologie dans l'exploration pétrolière*, Editions Technip, Paris, 1 vol. de 77 pp., 1968 (gráficos en el texto).

Un libro eminentemente práctico, que se recomienda por por sí sólo a quienes tengan que organizar un laboratorio de investigaciones paleontológicas relacionadas con la industria petrolífera o para una organización de tipo privado, más limitado siempre, pero dentro de esta clase de estudios. Es una publicación de la «Chambre syndicale de la Recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel».

El libro se divide en cinco capítulos y un apéndice final, como sigue:

- 1) Organización de un laboratorio de paleontología.
- 2) Técnicas de trabajo y presentación de sus resultados.
- 3) Relaciones entre Exploración y el laboratorio de paleontología.
- 4) Dominios y límites del empleo de las diferentes disciplinas.
- 5) Disciplinas poco empleadas o que no se utilizan, Apéndices sobre Bibliografía, Microfacies, Monografías regionales, etc.

En el primer capítulo se explican los diversos métodos, técnicas y su rentabilidad, en cuanto concierne con las microfacies, microfaunas, Palinología, etc. Apartado especial se dedica a la formación y utilización de las colecciones reunidas. En el segundo se repasan brevemente los métodos sobre microfacies y micropaleontología, medios de estudio (bibliografía, ficheros, formación de cuadros analíticos, explicación gráfica de un log cuantitativo, modo de presentar los resultados obtenidos desde el punto de vista estratigráfico, ecológico, etc. En el tercero se dan reglas prácticas sobre la eficacia del estudio de las muestras, problemas que éstas plantean, etc., y el valor de los datos que su estudio proporciona. En el cuarto, el lector hallará interesantes reglas para el estudio de los ambientes ecológicos del pasado, su posible reconstrucción, sus relaciones con la presencia de hidrocarburos, etc. En el quinto se pasa revista a los principales órdenes de microorganismos fósiles, así como de los restos provenientes de diversos grupos de invertebrados. Finalmente, en diferentes apartados de la obra, el autor, el Sr. M. FRIEDMAN, Prof. of Geology, Rensselaer Polytechnic

últimas páginas se da una idea de las principales publicaciones más íntimamente relacionadas con la ecología, paleogeografía, etc., de todos estos grupos de microorganismos. Estas listas bibliográficas están al día en cuanto a Revistas especializadas y libros modernos.

Dicha obra será de gran utilidad para todos aquellos que estén interesados en este campo de estudios, aunque no pertenezcan al círculo de trabajadores de las industrias del petróleo.—G. C.

J. KULLMANN: *Rugose Korallen der Cephalopodenfazies und ihre Verbreitung im Devon des südöstlichen Kantabrischen Gebirges (Nordspanien)*, «Akademie der Wissenschaften und der Literatur in Mainz, Abhandl. der Mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse», Jahrgang, 1965, Nr. 2.

[J. KULLMANN: *Corales rugosos (tetracorarios) de la facies de cefalópodos y su distribución en el devónico de la región Suresse de la Cordillera Cantábrica (Norte de España)*, 169 pp., 21 figuras en el texto y siete láminas de corales].

El autor, especializado en el estudio de los ammonoideos y de los coralaris paleozoicos, ha hecho ya varios trabajos sobre los ammonoideos de los terrenos devónicos y carboníferos de España, en parte traducidos al español. En la obra aquí reseñada dedica su atención a los corales rugosos que acompañan a los ammonoideos.

Distingue el autor dos facies claramente definidas por sus faunas en el devónico de la región estudiada: una facies meridional, en la zona cantábrica meridional, caracterizada por los braquiópodos, coralaris coloniales y estromatopóridos, que llegan a formar en algunos puntos, depósitos de aspecto arrecifal, y una facies septentrional, caracterizada por la presencia de algunos ammonoideos, trilobites, tentaculites y corales solitarios pequeños, que indican como medio en dónde han vivido, mares poco agitados y más profundos que los de la facies meridional.

Especialmente la zona Montó-Arruz de la provincia de Palencia, situada en el dominio de la facies septentrional, queda sometida a un estudio paleontológico de los corales solitarios, del cual resulta la creación de un género, un subgénero y diecisiete especies y la revisión de las familias y superfamilias.

Los goniatites asociados a estos corales facilitan su datación estratigráfica, mientras que los corales se deben considerar como definidores de la facies, ya que su evolución es de extraordinaria lentitud.—J. G. DE LI.

SEDIMENTOLOGIA

Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe, Edited by German MÜLLER, Prof. of Mineralogy and Petrography University Heidelberg and Gerald M. FRIEDMAN, Prof. of Geology, Rensselaer Poly-

technic, Institute. Troy, N. Y./USA, With 168 figures, VIII, 255 pages, 1968, Cloth: DM 58, US \$ 14,50.

(Progresos recientes en la sedimentología de los carbonatos en Europa Central). Esta obra compendia los resultados obtenidos en un seminario mantenido en Heidelberg (Alemania) durante el mes de julio del año 1967. Manifiesta de modo evidente el brusco cambio que se ha realizado en los últimos treinta años sobre las ideas respecto a la génesis de los carbonatos, y considera a los procesos sedimentarios como el factor fundamental en las transformaciones químicas de las rocas carbonatadas, en contra de lo que hasta entonces se venía dando respecto a los fenómenos hidrotermales, que si existen sin duda alguna, no son los que reemplazan por simple expulsión metasomática unos iones por otros.

La obra de divide en cuatro partes, cada una de ellas comprende varios capítulos. En la *parte A*, dedicada a los «Procesos en la formación y diagénesis de los carbonatos, Bathurst estudia la formación de los ooides de aragonito en los mares cálidos; Friedmann analiza la génesis del cemento de los carbonatos y su relación con la salinidad del agua; Urdowski investiga la formación de la dolomita en los sedimentos; Lippmann la formación de ciertos minerales como la norsenita (carbonato de bario y magnesio); Rothe, expone un ejemplo de biocalcarenitias terciarias de la isla de Lanzarote (Canarias); Flügel estudia algunos residuos insolubles de las calizas; la señora Marschner estudia las relaciones entre el tamaño de los granos de carbonato y el contenido no carbonatado de los carbonatos sedimentarios; Ebhardt investiga la compactación experimental de los sedimentos carbonatados; Park y Schot describen la estilolitización de las rocas carbonatadas; Turnit analiza los fenómenos resultantes de las soluciones sometidas a presión.

La *parte B* se dedica a la microestructura y microporosidad de las rocas carbonatadas. Comprende dos capítulos: Flügel, Franz y Ott estudian las calizas con el microscopio electrónico; Heiling investiga la microporosidad de los carbonatos.

La *parte C* estudia la geoquímica de los carbonatos y de las rocas carbonatadas: Bausch estudia la distribución del estroncio en las calizas marinas; Müller señala la concentración extraordinaria en estroncio de los oncolitos y conchas de moluscos, habitantes del lago de Constanza; la señora Marschner describe la distribución del calcio y magnesio en los carbonatos del keuper inferior del NW. de Alemania; Hiller señala la presencia y valor de los aminoácidos de los arrecifes de esponjas y algas del jurásico superior de Suabia; Krumbein estudia la geomicrobiología y geoquímica de una caliza de Israel.

La *parte D* trata de la petrología regional de los carbonatos, dividida en dos: I, comprende los carbonatos de las aguas dulces; II, los marinos. Schöttle y Müller analizan la sedimentación carbonatada actual del Gnadensee (Lago de Constanza); Irion y Müller estudian la mineralogía, pe-

trología y composición química de algunas tobas calcáreas de Suabia.

Diez son los trabajos dedicados al estudio de los carbonatos marinos (II).

Matter describe los depósitos mareales del ordoviciense de Maryland de los E. U. A.; Seilacher describe el origen y la diagénesis de la arenisca Oriskany del devónico inferior de los Apalaches, demostradas en la constitución de sus conchas fósiles; Krebs distingue los tipos de facies de las calizas del devónico arrecifal del macizo pizarroso renano; Füchtbauer estudia la sedimentación carbonatada y la subsidencia en la cuenca del pérmico superior (Zechstein) del norte de Alemania; Gwinner, Bachmann, Schäfer y Skupin estudian las calizas «bioclásticas» de crinoideos del muschelkalk superior del SW. de Alemania; Zankl describe los caracteres sedimentológicos y biológicos de la caliza del Daschtein en un complejo arrecifal del triásico superior de los Alpes Calizos; Toschek hace estudios semejantes en la caliza del Wetterstein ladiniense (keuper inferior) del «Kaiser Gebirge» de Austria; Müller-Jungbluth estudia el mismo tema en la «dolomita principal» (noriense) de los Alpes del Lechtal tiroleses; Fabricius estudia los fondos calcáreos del retense y jurásico inferior marinos del oeste de los Alpes Calizos; Aldinger describe la ecología de los arrecifes de esponjas y algas del jurásico superior de Suabia.

Finalmente, la *parte E* trata de la petrología aplicada de los carbonatos, en donde se contiene un único trabajo, debido a Schttler, quien se dedica a la determinación gasométrica de los carbonatos obtenidos en los testigos de los sondeos realizados en los terrenos.

Las numerosas fotografías, los cortes geológicos, los esquemas estratigráficos, la excelente impresión en papel fino que facilita la buena presentación de los ejemplos gráficos, hacen de esta obra un elemento de trabajo muy útil para los interesados en el estudio de los terrenos sedimentarios carbonatados.—J. G. DE LI.

VARIOS

D. ANGEL GONZÁLEZ DE MENDOZA Y DORVIER: *Las formas geológicas y las estructuras geológicas condicionales de la geopolítica y de la estrategia*, «Acad. de Cien. Ex., Fis. y Nat.», Madrid, 1969.

La obra comentada es el discurso de ingreso como miembro numerario de la Sección de Naturales del General González de Mendoza, contestado en nombre de la corporación por el Dr. Hernández Pacheco de la Cuesta.

Comienza definiendo Europa políticamente, considera su situación y se introduce posteriormente en la Península, donde estudia la estructura, el relieve, el roqueo, la vegetación, la nubosidad y luminosidad, las masas acuosas, las aguas, la litología, la hispania silicea, la hispania calcárea, la hispania arcillosa la geología en el aspecto militar y a continuación expone una serie de ejemplos de

Europa y su comprobación en España, como son los casos de Zácala, Alargos, Las Navas de Tolosa, Bailén, Arapiles, Belchite, Brunete, Batalla del Ebro, etc. Última el discurso con una serie de consideraciones sobre la configuración geográfica de la Península, las zonas marginales de defensa, su análisis geográfico y geológico y los reductos naturales.—L. DE A.

Primer Seminario de Técnicas Modernas para la Construcción de Pozos: Ponencias, Editado por SERVICIO GEOLOGICO DE OBRAS PUBLICAS, INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZACION Y CENTRO DE ESTUDIOS DE INVESTIGACION Y APLICACIONES DEL AGUA, diversos autores, un volumen, 600 pp. Barcelona, 1969.

El Servicio Geológico de Obras Públicas, el Instituto Nacional de Colonización y el Centro de Estudios de Investigación y Aplicaciones del Agua, han celebrado en Barcelona, en mayo de 1968, un Seminario de Técnicas Modernas de Construcción de Pozos, basado en la presentación y discusión de 17 Ponencias, encomendadas a otros tantos especialistas españoles y extranjeros. El conjunto de trabajos se articuló para formar un programa que abarcara los más importantes aspectos de las técnicas modernas de construcción de pozos, para el aprovechamiento de aguas subterráneas. También se realizaron una serie de demostraciones prácticas con la más moderna maquinaria de perforación

El volumen que ahora aparece, editado por los organismos patrocinadores del Seminario, contiene el texto de las ponencias, revisadas por sus autores, así como el discurso de apertura pronunciado por el subsecretario del Ministerio de Obras Públicas, Ilmo. Sr. D. Juan A. Ollero de la Roca, que presidió el Comité de Honor del Seminario.

Los títulos y autores de las ponencias incluidas en el volumen son los siguientes:

Consideraciones sobre una posible reforma de nuestro derecho en materia de aguas, Excmo Sr. D. Juan Antonio Ollero de la Rosa.

Importancia de la utilización de los embalses subterráneos en España, Manuel Ramón Llamas Madurga.

Características generales del proyecto de un pozo, Andrés Murcia Viudes.

Perforación a percusión, Fernando Carreira Jiménez.
Métodos de perforación: perforación a rotación, Vicente Sánchez Fresneda.

El sistema de circulación inversa en la perforación de pozos, Enrique Romero Ramos.

Control y testificación de perforaciones, Dionisio Sierra Fernández.

Rejillas y empaques de grava, Fernando Horta Santos.
Desarrollo de pozos, Emilio Custodio Gimena.

Protección sanitaria de los pozos, Francisco Bravo Morate, Félix Pumarola Busquets y Benito Cliver Clapés.

Corrosión e incrustación de pozos, Emilio Custodio Gimena.

Criterios de elección de bombas para ensayo de bombeo y para pozos definitivos, Luis Thió Rodés.

Ensayo de bombeo como método de valoración de las características del acuífero y la eficacia del pozo, Manuel Ramón Llamas Madurga y Jorge Molist Sagarra.

Pozos colectores horizontales, Alberto Benítez García.

Especificaciones o pliego de condiciones de pozos, José Rosón Trespalacios.

Limitaciones de la actual ley de aguas en relación a la construcción y explotación de pozos, Alfredo Pallardo Carretero.

Orientación para la organización de un parque de sondeos, Evaristo Babé Delgado.—A. y L. DE G.

Les méthodes de calcul sur ordinateurs appliquées au raffinage et a la pétrolochémie, Publications de l'Institut Français du Pétrole, Collection Colloques et Seminaires, número 8, diversos autores, 500 pp., 1969.

El número 8 de la Colección de «Coloquios y Seminarios», publicación del Instituto francés del Petróleo está dedicado a los métodos de cálculo con ordenadores aplicados al refinado y a la química del petróleo. Consta este volumen de catorce trabajos cuyos autores y títulos datamos a continuación:

Estructura y funcionamiento de calculadores, por J. M. Lasvergeres (Franlab) con la colaboración de A. Bertrand (I. F. P.).

Programación FORTRAN, por J. Vignes (I. F. P.).

Cálculo analógico y cálculo híbrido, por Y. Ploton (Analae).
La programación lineal aplicada a la industria del petróleo, por H. Maurin (S. F. B. P.).

Definición de elementos estáticos, por J. L. Grobillot, Profesor de la Escuela de Altos Estudios Comerciales.

Previsión de los equilibrios líquido-vapor: caso de mezclas de hidrocarburos (método de Chao y Saeder) y caso de mezclas no ideales.

Programa general de ingeniería química, por R. Michelot (I. F. P.).

Programas y subprogramas de ingeniería química, por J. Marcellin (Technip).

Programas de cálculo mecánico, por J. Marcellin, T. Nguyen Quang y M. Bernicot (Technip).

Programa OCL. Ordenamiento de la construcción de líneas, por T. Nguyen Quang (Technip).

El Plan hacia el camino crítico, por C. Mortinet (Technip).

Algunos ejemplos de utilización de ordenadores dentro del dominio de la química, por P. Trambouze (I. F. P.).

Utilización de calculadores para la conducción de unidades de fabricación, por A. Gaillard (C. O. C. E. I.).

Control con ordenadores de coeficientes de traspaso de los aparatos tubulares de una instalación con vista a seguir el grado de engrasamiento.—A. y L. DE G.

Sección informativa de revistas

Publicaciones búlgaras

IZVESTIYA NA GEOLOGICHESKAYA INSTITUT. Publ. por la Academia de Ciencias Búlgara, Sofía.

Tomo XVI, 1967 (en búlgaro; resúmenes en ruso, alemán, inglés o francés, según los trabajos).

P. M. Gocev: *Análisis de campo de juntas en escalón.*

I. Batandjiev: *Análisis de la deformación en la parte septentrional del complejo magmático de Ljuckan.*

S. Moskovski: *Nota sobre el complejo de fosas de Pianec.*

M. Matova: *El problema de la división de Bulgaria en regiones sismotectónicas.*

E. A. Georgiev: *Recientes manifestaciones de dislocaciones diagonales en las regiones de la Stara-Planina media y el macizo de Rila-Rodope.*

V. Veselinov: *Ensayo de retrazado del mecanismo de la formación de la zona de flysch titónico en la región de Kraichtides.*

I. G. Sapunov, P. V. Chumachenko y V. I. Shopov: *Bioestratigrafía de las rocas del Jurásico Inferior cerca del pueblo de Komshtitsa, distrito de Sofía.*

G. Chatalov: *Estratigrafía del Jurásico en los Montes Strandja centrales.*

G. Mandov: *Sobre la estratigrafía del Cretáceo Inferior en la parte occidental de la región de Trojan.*

N. Jolkicev: *Sobre la existencia del tramo santoniense en los Prebalcanes, entre los ríos Skat y Cernelka (Bulgaria Septentrional).*

L. Nachev: *Clasificación de las menas de hierro sedimentarias jurásicas en los Montes Balcanes centrales.*

G. Radev: *El fisuramiento de las rocas jurásicas del paso de Strazha.*

K. Krishev: *Casos de elementos I heterogéneos en el ritmo del flysch titónico-berriasiense de los Balcanes.*

Publicaciones checoslovacas

ROZPRÁVY. Publ. por el Instituto Geológico, Praga.

Tomo 33, 1967 (en inglés).

V. Havlicek: *Braquiópodos del suborden «Strophomenidina» en Checoslovaquia.*

SBORNÍK GEOLOGICKÝCH VED. Publ. por la Academia de Ciencias Checoslovaca, Praga.

Serie A, tomo 4, Antropozoikum.

M. Bucková y E. Ruzicková: *Sedimentos proluviales y*

fluviales en el borde sudoccidental de los Montes České středohoří.

J. Macoun y M. Ruzická: *El Cuaternario de la cuenca morava superior en relación con los sedimentos de la glaciación continental (en inglés).*

J. Sekyra: *Las condiciones geológicas cuaternarias en el área de Labe oriental (en checo, resumen en inglés).*

V. Sibrava: *Estudio sobre el Pleistoceno del área glacial y no glacial del macizo bohemio (en inglés).*

K. Zebera: *El Cuaternario de Rip (en checo, resumen en inglés).*

Serie G, tomo 12. Geologie.

F. Fiala: *Lavas almohadilladas y variolitas algónquicas en el Barrantiense (en inglés).*

M. Holub: *Tectónica a escala reducida y la posición estructural del complejo básico de Ransko (en checo, resumen en inglés).*

J. Jaroš y Z. Misar: *El problema de la falla profunda del pliegue de Boskovice (en checo, resumen en inglés).*

L. Kopecky, J. Pisova y L. Pokorný: *Diatremas con piropos en los Montes České středohoří (en inglés).*

V. Spicka: *Aportación a la tectónica de fractura de la cuenca de Viena (en checo, resumen en alemán).*

Serie LG, tomo 9. Ložisková Geologie (en checo).

M. Gabriel: *Arcillas cerámicas cerca de Dobřichany (resumen en inglés).*

F. Mrna y D. Pavlu: *Yacimientos de Ag-Bi Co-Ni-As en el macizo de Bohemia (resumen en alemán).*

J. Slavik: *Yacimientos de sal en el Mioceno eslovaco oriental (resumen en inglés).*

Serie P, tomo 9. Paleontologie (en inglés).

V. Housa: *Lewesiceras Spath (Pachydiscidae, Ammonoidea) del Turonense de Bohemia.*

L. Marek: *La clase Hyolitha en el Caradociense de Bohemia.*

O. Nekvasilova: *Thecidiopsis (Thecidiopsis) bohémica imperfecta, n. susp. (Brachiopoda) del Cretáceo Superior de Bohemia.*

SBORNÍK GEOLOGICKÝCH VED. Publ. por la Academia de Ciencias Checoslovaca, Praga.

Serie G, núm. 13, 1968 (en checo, resúmenes en inglés).

E. Benesová y otros: *Geología del klippe de Kurovice (en inglés).*

J. Bubeníček: *Geología y petrografía del macizo de Třebíč.*

F. Pícha y otros: *Geología de la zona Cejč-Zaječ.*

Z. Stráník y otros: *Geología del sondeo profundo Bulhary. I.*

Serie A, núm. 5, 1968 (en checo).

J. Flenc y A. Svatos: *Corriente de bloques fósiles en el monte Dlouhý vrch, junto a Zlúčice.*

J. Kovanda: *Nuevos hallazgos interesantes de moluscos pleistocenos en Predmostí, junto a Prerov (Moravia).*

V. Ložek: *Sobre la edad de las terrazas de Labe más recientes (en alemán).*

J. Skutil y J. Kopecký: *La estación paleolítica de Moravská Chrastová.*

V. Sibrava: *Sobre la estratigrafía del Cuaternario en la parte septentrional de los Estados Unidos y sus relaciones con el Cuaternario de Europa Central.*

E. Vlcek: *Hallazgo de restos del hombre de Neandertal en Sala, Eslovaquia.*

VESTNIK USTREDNIHO USTAVU GEOLOGICKENO. Publ. por la Academia de Ciencias Checoslovaca, Praga.

Tomo XLII, 1967, núm. 1 (en checo).

V. Smejkal: *Isótopos estables no radiactivos en geología.*

V. Spicka: *Sobre la paleogeografía y tectogénesis del Tortoniense en la cuenca del Danubio.*

V. Smejkal: *Transformaciones químicas en la mutación a greisen en las rocas de los alrededores de Cimovec (en alemán).*

Tomo XLII, 1967, núm. 2 (en checo).

A. Belsanova: *Actualismo en la génesis de yacimientos metálicos.*

Z. Vejnar: *La correlación petrogenética y metalogénesis de algunos cuerpos granitoides de Bohemia Occidental.*

T. Paec: *Cómputo del equilibrio químico de las aguas freáticas ricas en hierro de la región de Krasno (Montes Slavkovsky).*

A. Zeman: *Las jases neotectónicas cuaternarias en la parte oriental de la cuenca de Vyskov.*

M. Kalibova: *Investigación palinológica de la cuenca de Manetín.*

Tomo XLII, 1967, núm. 3 (en checo).

J. Schmidt: *La aplicación de la platina universal giratoria de cinco ejes a la medición de las triadas de maclas de plagioclasas.*

Z. Cadkova: *Una contribución a la precipitación de cobre, plomo y zinc de las aguas superficiales (en inglés).*

K. Palusova y A. Paluska: *Los métodos de medición de sedimentación fluvial utilizados en la investigación de las terrazas del Morava, cerca de Prostejov.*

V. Skvor: *Sobre la génesis de los elementos geológicos estructurales.*

A. Kocak y M. Morkovsky: *Sobre el límite mioceno plioceno en la parte NO. de la cuenca neógena eslovaca oriental.*

Z. Kvacek y E. Knobloch: *Sobre la nomenclatura del género Daphnogene Ung. y la nueva especie Daphnogene pannonica, n. sp. (en alemán).*

Tomo XLII, 1967, núm. 4 (en checo).

S. Mares: *Determinación de los tipos de roca del Carbonífero en los alrededores de Slany y Kacice, apoyándose en los diagramas eléctricos.*

J. H. Bernard: *Subprovincias minerogénicas y unida-*

des de tiempo de las hidrotermalitas de la parte checoslovaca de la Masa de Bohemia (en alemán).

L. Marek y V. Havlicek: *Los braquiópodos articulados de la formación Kosov (Ashgiliense Superior) (en inglés).*

L. Prachar y L. Urban: *El cabalgamiento sajónico del Cristalino de Zelezne Hory sobre el Cretáceo de Dlouha Mez.*

Tomo XLII, 1967, núm. 5 (en checo).

K. Zebera: *Sedimentos con contenido en moldavita entre Koroseky y Holkov en Bohemia Meridional (en inglés).*

A. Blüml y V. Rus: *Contenido mineralógico de los yacimientos de Pb-Zn de Laznich Kynzavart y Marianskych Lazni.*

V. Lomozova y F. Mrna: *Restos de sedimentos terciarios en los alrededores de Ryzovna en los Montes Metálicos.*

J. Bartosek: *Determinación por el método de Clark de contenidos de torio, uranio y potasio en muestras de roca, con un espectrómetro de rayos gamma.*

Tomo XLII, 1967, núm. 6 (en checo).

J. Drozen: *Corte petrográfico a través de las rocas metamórficas de contacto del manto del plutón de Karlovy Vary en una galería cerca de Lazne Kynzavart.*

I. Kusn'r y J. Legierski: *Edad de algunos yacimientos de Vietnam del Norte apoyándose en isótopos del plomo (en inglés).*

V. Skocek: *Intercalaciones de génesis tuftica en las capas de carbón de la región de Melnik.*

Z. Pacla y D. Pavlu: *Tipos petrográficos de greisen de la región de Horni Blatina.*

K. Salansky: *Zonas magnéticas regionales en el Cristalino de Bohemia meridional.*

Publicaciones danesas

BULLETIN. Publ. por el Grønlands Geologiske Undersøgelse, Copenhagen.

Núm. 69, 1967.

J. H. Allaart: *Basic and intermediate igneous activity and its relationships to the evolution of the Julianehab granite, South Greenland.*

Núm. 70, 1968.

J. Watterson: *Plutonic development of the Ilordleg area, South Greenland. Part. II: Late-kinematic basic dykes.*

Núm. 71, 1968.

P. R. Dawes: *Contrasted types of metamorphism of basic intrusions in the Precambrian basement of the Tasiussaq area, South Greenland.*

REPORT. Publ. por el Grønlands Geologiske Undersøgelse, Copenhagen.

Núm. 14, 1968.

W. S. Watt: *Petrology and geology of the Precambrian Gardar dykes on Qaersuarssuk, South Greenland.*

Núm. 15, 1968.

Report of activities, 1967.

MISCELLANEOUS PAPERS. Publ. por el Grønlands Geologiske Undersøgelse, Copenhague.

Núm. 56, 1967.

D. Bridgwater: *Feldspathic inclusions in the Gardar igneous rocks of South Greenland and their relevance to the formation of major anorthosites in the Canadian Shield.*

Publicaciones finesas

REPORT OF INVESTIGATIONS. Publ. por el Geologinen Tutkimuslaitos, Otaniemi.

Núm. 1, 1967.

M. Ketola y M. Puranen: *Type curves for the interpretation of Slingram (horizontal loop) anomalies over tabular bodies.*

BULLETIN DE LA COMMISSION GEOLOGIQUE DE FINLANDE. Publ. por el Geologinen Tutkimuslaitos, Otaniemi.

Núm. 227, 1967.

Vladi Marmo: *On granites; a revised study.*

Núm. 228, 1967.

A. Lonka: *Trace elements in the Finnish Precambrian phyllites as indicators of salinity at the time sedimentation.*

Núm. 229, 1967 (en alemán e inglés).

R. V. Dietrich: *A geobarometer for certain migmatites.*

V. Marmo: *Remarks on the paper «A geobarometer for certain migmatites» by R. V. Dietrich.*

R. V. Dietrich: *Reply.*

Ih. G. Sahama: *Iron content of melilite.*

Th. G. Sahama y M. Lehtinen: *Infrared absorption of müllite.*

P. Kallio: *Perrite from Mantyharju, Finland.*

H. Papunen: *On the barytes of Finland.*

T. Aartolahti: *On dating the genesis of peat banks and hollows in the raised bogs of Southwestern Finland.*

K. J. Neuvonen: *Paleomagnetism of the dike systems in Finland. III. Remanent magnetization of diabase dikes in Häme, Finland.*

I. Haapala, J. Siivola y A. Löfgren: *On the Haapaluoma Sc-bearing columbite and its inclusions.*

T. Piirainen and R. Piispanen: *On the Origin of Primary Skarn Iron Ores.*

T. Aartolahti: *Sobre las dunas de Urjala.*

M. Okko: *Convolute lamination in a Late Pleistocene deposit at Pannujärvi, Tuulos, Finland.*

R. Repo und R. Tynni: *Sobre el desarrollo glacial tardío y post-glacial en la parte oriental del primer Salpausselkä.*

B. Winterhalter and J. Siivola: *An electron microprobe study of the distribution of iron, manganese, and phosphorus in concretions from the gulf of Bothnia, Northern Baltic sea.*

A. Vormä y J. Siivola: *Sukulaite —Ta₂Sn₂₀— and wadginite as inclusions in cassiterite in the granite pegmatite in Sukula, Tammela in SW. Finland.*

Worm-shaped casts in Precambrian quartzite from Kuusamo, North-eastern Finland.

Karl Mülder y R. Tynni: *Sobre las diatomeas recientes y subfósiles de Finlandia.*

Núm. 230, 1967.

A. Laitakari: *Index of Finnish minerals with bibliography.*

Núm. 231, 1967.

A. Laitakari: *Bibliografía geológica de Finlandia.*

Núm. 232, 1967.

R. Kujansuu: *On the deglaciation of western Finnish Lapland.*

Núm. 233, 1967.

T. Siikarla: *On the geophysical investigation in the Virtasalmi area.*

Publicaciones francesas

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. Publ. por la Sociedad Geológica de Francia, París.

Tomo IX, núm. 1, 1967.

L. Ginsburg: *Une faune de Mammifères dans l'Helvétien marin de Sos (Lot-et-Garonne) et de Rimbez (Landes).*

G. Petter: *Paragale hürzeleri nov. gen., nov. sp. Musté-lidé nouveau de l'Aquitainien de l'Allier.*

J. Pillet y M. Robardet: *Sur l'Ordovicien supérieur du Synclinal de Sèes (Orne).*

Cl. Babin y H. Hollard: *Présence du genre Aristozoe Barrande (Crustacea, Phyllocarida) dans les schistes à nodules du Dévonien inférieur (Emsien inf.) du Tizi n-Tafilalt (Anti-Atlas oriental, Maroc).*

M. Bielle y M. Caralp: *Les Myogypsiniidae de deux coupes profondes des Landes.*

L. Rouselle: *Variation intraspécifique chez Goniothyris buckmaniana (Walker-Davidson). Terébratule du Dogger inférieur (Moyen Atlas, Maroc).*

G. Segonzac: *Nouvelle anomalie dans la reproduction asexuée du genre Archaeolithothamnium Rothpletz.*

Y. Lemoigne y G. Demarcq: *Nouvelle espèce de Dadoxy-lon à trachéides septées provenant du Wealdien de Féron-Glaçon (Nord).*

C. Gruas Cavagnetto: *Quelques nouvelles espèces sparnaciennes de pollens et spores.*

J. P. Michel: *Grès à ciment calcaire et conglomérats quaternaires des alluvions anciennes de la Marne et de la Seine en amont de Paris.*

R. Mathieu: *Le banc des Hermelles de la baie du Mont-Saint-Michel, bioherme à Annélides. Sédimentologie, structure et genèse.*

J. Schoeffler, H. Coustau y Cl. Sourisse: *Nature et origine des eaux de Barbotan, Dax et Cauterets (Aquitaine).*

C. Puechmaillé: *Quelques microfaciès néogènes nord aquitains.*

O. Leenhardt y M. R. Roux: *Morphologie du substratum de l'étang de Berre.*

L. Barbaroux: *Les collines jurassiques de Nans au N. du massif de la Sainte-Baume (Var).*

R. Miguet y N. Mongereau: *Données stratigraphiques nouvelles apportées par les Bryozoaires sur le Miocène du Bassin molassique de Rumilly (Haute-Savoie).*

G. Mascle: *Remarques stratigraphiques et structurales sur la région de Palazzo-Adriana, monts Sicani (Sicile).*

● J. P. Bard: *Tectoniques superposées et métamorphisme dans la bande cristallophyllienne d'Aracena (prov. de Huelva, Espagne).*

N. Crampon y J. Sigal: *Stratigraphie du Crétacé terminal et de l'Eocène en bordure des Mogods (Tunisie septentrionale).*

E. Raguin: *De quelques particularités de la chaîne alpine d'Hidaka au Japon.*

E. F. Suszczynski: *La tectonique et la géologie de la partie orientale du bouclier brésilien.*

M. D. Dimitrijevic: *Sur la systématique des surfaces S et des éléments linéaires L dans les tectonites.*

W. D. Nesteroff y F. Mèlières: *L'érosion naturelle du pays de Caux.*

G. Lucas, P. Collomb y A. Beaudou: *Contribution à l'étude pétrographique de la montagne d'Arrée.*

G. Lucas, J. Lang y B. Le Vot: *Contribution à l'étude de la région de la montagne d'Arrée.*

L. Cariou, Y. Fuchs y C. Scemama: *Introduction à l'étude des terrains permo-houillers du détroit de Rodez.*

M. C. Bernet-Rollande: *«Lias Calcaire» du chaînon de Saint-Chinian (Hérault). Subdivisions stratigraphiques et corrélations régionales.*

H. Got: *Contribution à l'étude sédimentologique des terrasses quaternaires du Roussillon.*

● C. Beauseigneur y Y. Rangheard: *Contribution à l'étude des roches éruptives de l'île d'Ibiza (Balears).*

● J. Magné y J. Paquet: *Données nouvelles sur l'Eocène supérieur, l'Oligocène et le Miocène inférieur de la zone séparant le Subbétique du Bétique de Malaga, au N. de la Sierra de Espuña (Cordillères bétiques, Espagne).*

● P. Chauve: *Tectonique du Subbétique dans le Nord de la province de Cadix (Espagne meridionale).*

R. Dubois: *L'orientation des micas dans les schistes cristallins de l'auréole du massif granitique de la Sila.*

A. Caire y R. Truillet: *Les relations entre le domaine péloritain et le flysch du Monte Soro aux environs de Rocella Valdènone et le problème du charriage des Péloritains orientaux (Sicile).*

C. Guernet: *De Kymi à Erétria: géologie d'une partie de l'Eubée.*

L. Memmi: *Succession de faunes dans le Tithonique supérieur et le Berriasien du Djebel Nara (Tunisie centrale).*

J. Magné, J. F. Raoult y J. Sigal: *Le Crétacé et l'Eocène à faciès telliens dans la zone du Kef Sidi Dris (Petite Kabylie).*

J. Delteil: *Sur la structure des monts de la Mina (Tell oranais, Algérie).*

L. Duplan: *La chaîne de l'Eg'éré (Hoggar septentrional).*

M. Lagrand-Blain: *Précisions sur la stratigraphie de la série des calcaires du Djebel Béchar (Namurien-Moscovien) à l'Est de Béchar (Algérie).*

G. y J. Conrad: *Les altérations à la base du Continental intercalaire, Crétacé inférieur, du Tidikelt occidental (Sahara central).*

MEMOIRES DU BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES. Publ. por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières, París.

Núm. 54, 1967.

C. Lévy: *Contribution a la minéralogie des sulfures de cuivre du type Cu₃XS₄.*

CHRONIQUE DES MINES ET DE LA RECHERCHE MINIÈRE. Publ. por el Centre d'Etudes Géologiques et Minières, París.

Núm. 371, marzo 1968.

L. Zanone: *Le manganèse des complexes volcano-sédimentaires précambriens en Côte-d'Ivoire.*

Núm. 372, abril 1968.

J. Lombard: *La carte géologique, document fondamental.*

D. Bazin y M. Leblanc: *Récifs et minéralisations plombo-zincifères: exemples empruntés au Haut-Atlas oriental (Maroc).*

BULLETIN SIGNALÉTIQUE 11. Publ. por el Centre National de la Recherche Scientifique, París.

Volumen XXVII, 1966.

Sciences de la Terre II: Physique du Globe —Géologie— Paléontologie.

Volumen XXVIII, 1967.

Sciences de la Terre II. Physique du Globe —Géologie— Paléontologie.

REVUE DE L'INSTITUT FRANÇAIS DE PÉTROLE. Publ. por Editions Technip, París.

Volumen XXIII, núm. 1, 1968.

J. Lardenois y O. Serra: *Série aux multiples visages. Un essai de stratigraphie synthétique du Jurassique supérieur français et de quelques formations attribuées à tort au Crétacé et au Tertiaire. 2^e partie.*

G. Long y S. Neglia: *Composition de l'eau interstitielle des argiles et diagenèse des minéraux argileux.*

Volumen XXIII, núm. 2, 1968.

M. Poulet: *Problèmes posés par la migration secondaire du pétrole et sa mise en place dans les gisements.*

G. Monnot: *Applications industrielles du gaz naturel. Travaux du Groupe d'Etude des Flammes de Gaz Naturel. Vol. XXIII, núm. 4, abril 1968.*

S. Jardiné y L. Yapaudjian: *Lithostratigraphie et palynologie du Dévonien-Gotthandien gréseux du bassin de Polignac (Sahara).*

Y. Gubler: *Compte rendu du 7^e Congrès International de Sédimentologie en Grande Bretagne (11-16 août 1967). Enseignements et tendances.*

Vol. XXIII, núm. 5, mayo 1968.

B. de Jekhowsky: *Organisation d'un système de stockage, recouvrement et exploitation de données géologiques (spécialement géochimiques) sur ordinateur.*

Y. Benderitter: *Appareillage magnéto-tellurique de prospection pétrolière.*

Volumen XXII, núm. 12, 1967.

J. Lardenois y O. Serra: *Séries aux multiples visages. Un essai de stratigraphie synthétique du Jurassique supérieur français et quelques formations attribuées à tort au Crétacé et au Tertiaire.* Première partie.

V. Th. Cerchez y S. Anton: *Recherches sur l'identification des roches-mères d'hydrocarbures.*

Volumen XXIII, núm. 3, 1968.

M. Louis: *Les corps optiquement actifs et l'origine du pétrole.*

I. G. Stépin: *Importance de la prospection hydrologique pour l'exploitation des gisements pétrolifères.*

C. Bardon y C. Jacquín: *Interprétation des phénomènes d'écoulement dans les milieux argileux.*

MÉMOIRES DU MUSEUM NATIONAL. Publ. por el Museo de Historia Natural, París.

Tomo XVI, Fasc. 2, 1967.

Serie C, Sciences de la Terre.

D. E. Russell: *La Paléocène continental d'Amérique du Nord.*

Tomo XVI, Fasc. 3 y último, 1968.

J. P. Cuif: *Étude ontogénique de quelques madréporaires Caryophyllidae actuels et fossiles.*

Tome XIX, Fasc. 1, 1968.

E. Patte: *L'homme et la femme de l'Azilien de Saint-Rabier.*

PHOTO INTERPRÉTATION. Publ. por Editions Technip, París.

Núm. 67-5, septiembre-octubre 1967.

MÉMOIRES DU B. R. G. M. Publ. por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières, París.

Núm. 58, 1968.

Varios autores: *Colloque sur l'Eocène.* París, mai 1968.

BULLETIN DU SERVICE DE LA CARTE GÉOLOGIQUE D'ALSACE ET DE LORRAINE. Publ. por el Servicio del Mapa Geológico de Alsacia y Lorena.

Tomo 20, fascículo 3, 1967.

L. Simler y G. Millot: *Le réseau hydrographique alsacien à l'époque pliocène.*

L. Simler, G. Millot, E. Fischer y S. Gilly: *La basse vallée de la Bruche à l'époque pliocène.*

G. Maire: *Aspects de l'évolution quaternaire de la vallée inférieure de la Bruche.*

J. Hameurt: *Les granites des Vosges moyennes: un exemple de granites de cratons formés par paléogènes successives.*

TERRES ET EAUX. Publ. por Dunod, París.

Núm. 54, 1968.

M. Bonnet, P. Ungemach y P. Suzanne: *Interpretation des essais de pompage en régime transitoire.*

J. M. Daniel, M. Lagarde y P. Kassianoff: *Un exemple de calcul de la régulation des écoulements d'un bassin versant par un réservoir souterrain.*

A. Pointud, M. Aigrot y M. Belorgey: *Aménagement sur le réseau hydrographique des Landes de Gascogne. Barrages-seuils.*

A. Kepinsky: *New calculation method for drilled waterwells.*

TRAVAUX DES LABORATOIRES DE GÉOLOGIE DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON. Publ. por la Facultad de Ciencias de Lyon.

Núm. 14, 1967.

E. Buge y L. David: *Révision des espèces de Steginoportella (Bryozoa-Cheilostomata) du Néogène français.*

G. Demarcq: *Stratotypes et biostratigraphie du Néogène: essai de méthodologie.*

N. Mongereau y G. Braga: *Decurrella toarensis n. g., n. sp. (Bryozoa, Cyclostomata).*

B. Walter: *Les tubes accessoires et leur valeur systématique chez les Bryozoaires cyclostomes.*

B. Walter: *Révision de la faune de Bryozoaires du Bajocien supérieur de Shipton Gorge (Dorset, Grande-Bretagne).*

B. Walter: *Les Bryozoaires hauteriviens de la partie occidentale du Département de l'Ain.*

P. Donze: *Deux espèces nouvelles d'Ostracodes du Crétacé inférieur vocontien.*

J. P. Thieuloy y M. Gazay: *Le genre Dobrogeiceras Nikolov en Haute-Provence.*

R. Ballezio y G. Truc: *Contribution à la connaissance du Néogène de la moyenne vallée du Rhône. Le Miocène supérieur et le Pliocène du Haut-Comtat-Venaisien.*

R. Miguet: *Observations nouvelles sur les Chiroptères des phosphorites du Quercy.*

NATURE ET RESSOURCES. Publ. por la UNESCO, París.

Vol. IV, núm. 1, 1968.

J. T. Wilson: *Conférence sur les ressources de la biosphère. Colloque sur la dérive continentale.*

V. A. Ouryaev: *Problèmes scientifiques de la Décennie hydrologique internationale en URSS.*

F. A. Van Baren: *Emploi des techniques nucléaires en hydrologie. Musée international des sols.*

REVUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. Publ. por la Sociedad de la Industria Mineral, St. Etienne.

Vol. 50, núm. 3, marzo 1968.

J. M. Bourdieu: *Aplicación de métodos físicos al análisis de productos no metálicos en siderurgia.*

M. Desson: *Aplicación del análisis químico automático en la industria de los minerales de uranio.*

P. Raffinot: *Reflexión sobre el análisis continuo.*

J. Perdijón: *El análisis automático por radio-activación en la industria minera. Aplicación a los minerales de hierro.*

I. Harveng: *Las mediciones continuas en el control automático de las cadenas de aglomeración.*

M. Steru y R. Boirat: *Mediciones de humedad por métodos neutrónicos y dieléctricos. Contribución al desarrollo de los procedimientos.*

J. Joulia y R. Lombre: *Adquisiciones y tratamiento automático de las mediciones industriales. Aplicación a la cromatografía en fase vapor.*

W. A. Bemelman: *La homogenización de materiales en bruto. Caso particular de los minerales de hierro.*

A. Parigot: *Parques de homogenización. Problema de los extremos de los montones.*

Reflexiones sobre la noción de homogenidad de una partida de mineral.

Vol. 50, núm. 4, abril 1968.

P. Foch y J. Geoffroy: *Informe sobre la actividad de la planta experimental de Marienau en 1966.*

M. Verdier: *Las tendencias del refinado moderno.*

M. Dubois: *La institución del delegado minero.*

M. Allard: *La siderurgia del mañana.*

M. Denis: *El criterio de la administración sobre las minas de hierro y la siderurgia francesa.*

P. Vayssière y J. Rouanet: *El procedimiento Irsid de afino continuo.*

CHRONIQUE DES MINES ET DE LA RECHERCHE MINIÈRE. Publ. por el Centre d'Études Géologiques et Minières, París.

Año 36.º, núm. 376, mayo 1968

PHOTO INTERPRÉTATION. Publ. por Editions Technip, París.

Núm. 67-4, julio y agosto 1967.

MÉMOIRES DU BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGiques ET MINÉRES. Publ. por Editions du B. R. G. M., París.

Núm. 50, 1967.

H. Pa'oc: *Carte hydrogéologique de la France. Région karstique nord-montpelliéraine. Notice explicative.*

BULLETIN DU BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGiques ET MINÉRES. Publ. por Editions du B. R. G. M., París.

Núm. 6, 1967.

B. Cervelle: *Contribution à l'étude de la série ilménite-geikiélite.*

J. P. Prohuet: *Description et comparaison de méthodes rapides d'échantillonnage.*

M. Aubague: *Le Trias du Lodévois et de la Haute Vallée de l'Orb (Hérault). Essai de synthèse stratigraphique.*

J. P. Gautsch y M. Rioult: *Paléogéographie et minéralisations stratiformes des bassins infra-liasiques du Cotentin.*

CRONIQUE DES MINES ET DE LA RECHERCHE MINIÈRE. Publ. por el Centre d'Études Géologiques et Minières, París.

Núm. 368, noviembre-diciembre 1967.

Núm. 369, enero 1968.

Núm. 370, febrero 1968.

G. Bigotte y G. Bonifas: *Faits nouveaux sur la géologie de la région de Bakouma (prefecture du M'Bomou, République Centrafricaine).*

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. Publ. por el Ministère de l'Industrie, Bureau de Documentation Minière, París. 1966.

ANNALES DES MINES. Publ. por la Compagnie Française d'Éditions, París.

Mayo 1967.

R. Houot: *Traitement des minerais de cuivre.*

Octubre 1967.

M. Kohn: *L'emploi des éléments radioactifs dans l'industrie sidérurgique.*

M. Tissandier: *Les problèmes énergétiques en 1872.*

M. Bedouret: *Minerais de fer et transports maritimes.* Enero 1968.

M. Goux: *Les impuretés dans les métaux.*

Febrero 1968.

M. Dardaihon: *Les accidents par chute de la victime dans les mines, minières et carrières.*

Les ceintures de sûreté et les cordages.

Marzo 1968.

M. Labrousse: *Les réacteurs surrégénérateurs.*

M. Stahl: *Réflexions sur la taille économique des unités de production.*

M. Foch: *Les progrès récents dans la fabrication du coke.*

M. Doerr: *L'utilisation des huiles minérales il y a un siècle dans la chauffe des locomotives.*

Abril 1968.

G. Chaudron: *Intérêt théorique et pratique des métaux très purs.*

Ph. Albert: *Dosage des impuretés dans les métaux très purs par les méthodes d'analyse par activation.*

G. Revel: *L'aluminium de très haute pureté.*

O. Dimitrov: *Propriétés électriques et magnétiques du fer et du nickel purs.*

J. P. Langeron: *Métaux réfractaires très purs.*

J. Montuelle: *Les propriétés des aciers inoxydables du type 18/8 de pureté élevée.*

Mayo 1968.

MM. Bauche y Lefrançois: *Le procédé français de fabrication de l'eau lourde.*

M. Duval: *Quelques réflexions sur l'échantillonnage des lots de minerais en vrac et des gisements.*

Publicaciones holandesas

GEOLOGIE EN MIJNBOW. Publ. por el Geologisch Instituut, Leiden.

Vol. 47, núm. 1, enero-febrero 1968.

J. R. L. Allen: *On criteria for the continuance of flute marks, and their implications.*

H. N. A. Priem y otros: *Isotopic age determinations on Surinam rocks, 3 Proterozoic and Permo-Triassic basalt magmatism in the Guiana shield.*

A. P. Tewari: *A new concept of the Paleotectonic set-up of a part of Northern Peninsular India with special reference to the Great Boundary Faults.*

H. J. Kisch: *Coal rank and lowest-grade regional metamorphism in the Southern Bowen Basin, Queensland, Australia.*

D. B. Dow: *A geological reconnaissance in the Nassau Range, West New Guinea.*

Vol. 47, núm. 2, marzo-abril 1968.

P. A. Riezebos: *Mineralogical composition of material less than 500 micron from a red and grey boulder clay sample in the Netherlands.*

J. D. Milliman y P. R. Supko: *On the geology of San Andres Island, Western Caribbean.*

A. K. Hulshof, P. D. Jungerius y P. A. Riezebos: *A late-glacial volcanic ash deposit in Southeastern Belgium.*

E. H. Schot y W. C. Park: *Note on the formation of stylolite.*

A. Manten: *Pre- or post-induration formation of stylolite seams: A reply.*

● K. W. Butzer y L. G. Freeman: *Pollen analysis at the Cueva de Toll, Catalonia: A critical re-appraisal.*

H. D. Tjia: *The Lembang fault, West Java.*

J. J. H. C. Houbolt y J. B. M. Jonker: *Recent sediments in the eastern part of the Lake of Geneva (Lac Léman).*

TESIS DOCTORALES DE LA UNIVERSIDAD DE UTRECHT. Publ. por la Universidad de Utrecht.

● U. Haanstra: *Geología de Ibiza Oriental* (en alemán)

● E. T. N. Spiker: *Geología de Ibiza Occidental* (en alemán).

GEOLOGICAL NEWSLETTER. Publ. por la International Union of Geological Sciences, Amberes.

Volumen 1968, núm. 1, marzo 1968.

EARTH-SCIENCE REVIEWS. Publ. por Elsevier Publishing Company, Amsterdam.

Volumen 3, núm. 1, marzo 1967.

V. Marmo: *On the granite problem.*

R. A. Howie: *Current trends in mineralogy.*

F. P. Agterberg: *Computer techniques in geology.*

Publicaciones húngaras

ANNALES HISTORICO-NATURALES MUSEI NATIONALIS HUNGARICI. Publ. por el Museo Nacional Húngaro, Budapest.

Tomo LIX, 1967 en alemán, inglés o francés).

V. H. Szeberenyi: *Investigación mineralógico-petrográfica del granito de la Sierra de Mecsek occidental.*

G. Andreanszky: *Nuevas e interesantes clases de plantas terciarias del corte Ungarn V.*

G. Cziffery-Szilagy: *Contribuciones al estudio de la flora helveciense de los alrededores de Eger (Hungria Septentrional).*

I. Z. Nagy: *Cefalópodos del Cretáceo Inferior de la Sierra de Gerecse I.*

G. Kopek: *Relaciones entre el reconocimiento de las perspectivas de lignito y los problemas de facies y desarrollo histórico del Eoceno en la sierra central transdanúbica.*

I. Csepregy-Meznerics: *La fauna burdigaliense de Ipolytarnoc (Hungria).*

A. I. Kenawy y R. M. Nyiro: *Dos nuevos foraminíferos del Oligoceno Superior en Eger (Norte de Hungria).*



PREMIO DE PERIODISMO

“SANTA BARBARA”

CONVOCATORIA PARA 1969

EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA convoca el premio “SANTA BARBARA” para 1969, con el objeto de galardonar a los escritores y periodistas que mejor hayan divulgado y valorado en la prensa, radio y televisión, de lengua española, la importancia que el conocimiento de la Geología tiene para el desarrollo económico de los países.

El premio estará dotado con 100.000 pesetas.

Para optar al premio se precisa que el trabajo se haya publicado, radiado o televisado, durante el año en curso.

Quedan excluidas entre las revistas, aquellas que sean técnicas y entre los autores quienes pertenezcan al IGME.

Los aspirantes al premio deberán presentar por triplicado el correspondiente artículo, impreso, en cinta grabada o en película cinematográfica, en el Departamento de Publicaciones e Información del Instituto Geológico y Minero de España, antes del 31 de enero de 1970.

La decisión del Jurado es inapelable, pudiendo declarar desierto el premio, y sus decisiones se dan por aceptadas por cuantos se presenten al concurso.

El fallo tendrá lugar dentro del mes de febrero de 1970.

Ríos Rosas, 23

MADRID-3

NORMAS PARA LOS AUTORES

Los trabajos que se reciban para su publicación en el BOLETÍN GEOLOGICO Y MINERO serán revisados para decidir si procede su publicación.

Los autores deberán atenerse a las siguientes normas:

Texto.

Se entregará mecanografiado a doble espacio por una sola cara y con amplios márgenes. Este texto se considerará definitivo y en él será marcada la fecha de recepción y prioridad.

Cuando en el trabajo se acompañen figuras, cuadros y fotografías, el autor deberá dejar un pequeño espacio con indicación del lugar donde han de intercalarse si es posible.

Todos los trabajos en lengua castellana irán precedidos de un breve resumen en español e inglés. Los de idiomas extranjeros lo llevarán en su idioma y también en español.

Bibliografía.

Se incluirá al final de cada trabajo la relación de las obras consultadas por orden alfabético de autores, empleándose las normas y abreviaturas usuales.

En casos excepcionales se podrá citar alguna obra no consultada.

Parte gráfica.

Los originales de figuras, cuadros y fotografías se entregarán aislados, indicándose en ellos el título del trabajo, nombre del autor y número de la ilustración. La parte gráfica será reproducida a las anchuras máximas de 80 mm. (una columna),

170 mm. (doble columna), 230 mm. (página) y 380 mm. (doble página). Las ilustraciones a escala, ésta se expresará solamente en forma gráfica con objeto de evitar errores en caso de reducir el original.

Se evitará en lo posible la inclusión de encartes, así como se reducirá a lo indispensable el número de figuras y fotografías. Todas las figuras irán numeradas correlativamente según su orden de inserción.

Pruebas.

Serán enviadas a los autores para que realicen en ellas las correcciones de carácter gramatical, así como los errores de imprenta, no admitiéndose modificaciones ni adiciones al texto original.

Las pruebas serán devueltas por el autor en el plazo máximo de quince días, pasados los cuales la Redacción decidirá entre retrasar el trabajo o realizar ella misma la corrección, declinando la responsabilidad por los errores que pudieran persistir.

La Redacción efectuará la corrección de unas segundas pruebas, que servirán para comprobar que se han cumplido las correcciones efectuadas por el autor en las primeras.

Tiradas aparte.

Se asignan 25 tiradas aparte con carácter gratuito por trabajo publicado. Cuando el autor desee un número mayor del indicado deberá abonar la diferencia.

La Redacción del BOLETÍN introducirá cuantas modificaciones sean necesarias para mantener los criterios de uniformidad y calidad del mismo. De estas modificaciones se informará al autor.

LABORATORIO DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En el reciente desarrollo industrial español, tanto al productor de primeras materias, como al transformador y el utilizador de las mismas, se le plantean continuamente problemas en relación con elección y utilización de los minerales y productos mineralúrgicos y metalúrgicos más adecuados para los fines que desea.

Los laboratorios del Instituto, con más de cien años de experiencia, ayudan a resolver cuantos problemas de minerales, productos metalúrgicos, materiales de construcción, combustibles, etc., se le presenten.

Los laboratorios en funcionamiento del Instituto Geológico y Minero de España, son los siguientes:

AGUAS SUBTERRANEAS
COMBUSTIBLES Y TIERRAS COLLOIDALES
ESPECTROQUIMICA
RADIOACTIVIDAD Y GEONUCLEONICA
METALOGENIA
PETROLOGIA Y MICROSCOPIA
PREPARACION MECANICA

ANALISIS QUIMICO
DIFRACCION DE RAYOS X
SEMICONDUCTORES
MACROPALEONTOLOGIA
MICROPALEONTOLOGIA
FOTOGEOLOGIA
MINERALOGIA
FOTOGRAFIA TECNICA

Los asuntos relacionados con ellos, se pueden tratar directamente en la Sección de laboratorios del Instituto o por correspondencia.

Ríos Rosas, 23

MADRID - 3

Tel. 253 46 05

ENVIE SUS MUESTRAS A ANALIZAR A LOS

**LABORATORIOS
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA**

Cuando le interese conocer la composición elemental de sus productos, encontrará grandes facilidades y ayudas si encomienda sus estudios a los laboratorios analíticos del Instituto Geológico y Minero de España.

RAPIDEZ

PRECISION

SENSIBILIDAD

ECONOMIA



Precios muy interesantes para series importantes o contratos de colaboración.

Tendrá a su servicio las técnicas más adecuadas de química clásica, espectroscopía de emisión fotográfica y automática, espectroscopía de absorción atómica, fluorescencia de rayos-X, destellómetros. Análisis microlocales con moderna microsonda.

APARATOS MODERNOS, TECNICAS ADELANTADAS.

Análisis de minerales, productos mineralúrgicos, metalúrgicos en general; toda clase de productos.

Cuando le interese el estudio de las reservas de un criadero, clasificar las partidas de materias primas, calidad de los productos que adquiera o venda, valoración de las partidas comercializadas, así como para muchos de los problemas que se le presenten en su industria, acuda a los.....

LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

RIOS ROSAS, 23
MADRID-3

Tels. { 254 22 00
253 46 05

8 DE CADA 10 CROMATOGRAFOS
8 DE CADA 10 ESPECTROFOTOMETROS {infrarrojos, 6 ultravioleta visible
9 DE CADA 10 ESPECTROFOTOMETROS de absorción atómica
8 DE CADA 10 REGISTRADORES para laboratorio

VENDIDOS EL PASADO AÑO FUERON

PERKIN-ELMER

**RECONOCIMIENTO GENERAL DEL PRESTIGIO DE UNA MARCA
DEDICADA PLENAMENTE A LA INVESTIGACION
PARA EL AVANCE CIENTIFICO E INDUSTRIAL**

Al adquirir cualquiera de nuestros equipos, Vd. recibe, los siguientes servicios:

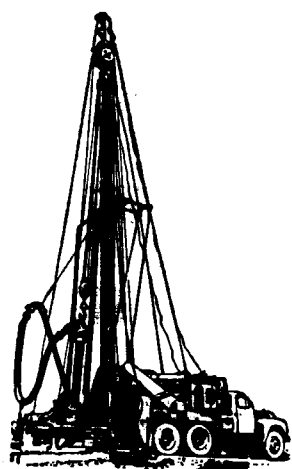
- Asistencia técnica
- Servicio y mantenimiento eficaces
- Autodespacho de mercancías
- Centro de entrenamiento en Madrid con gastos de desplazamiento sufragados por nuestra Organización
- Suministro y consulta de bibliografía técnica
- Formación de instrumentistas de su propia empresa
- Contrato de revisión.

PERKIN-ELMER HISPANIA

MADRID
A Generalísimo, 71 A
Tel. 2 70 24 07

BARCELONA
Sicilia 105 2º
Tel. 2 26 33 37

LISBOA
Av. Liberdade, 220
Tel. 56 21 81



AGUA EN SU TERRENO

Mediante perforaciones realizadas con los más modernos y potentes equipos. Centenares de sondeos que alumbran caudales de cientos de miles de metros cúbicos/día prueban nuestra eficacia y experiencia.

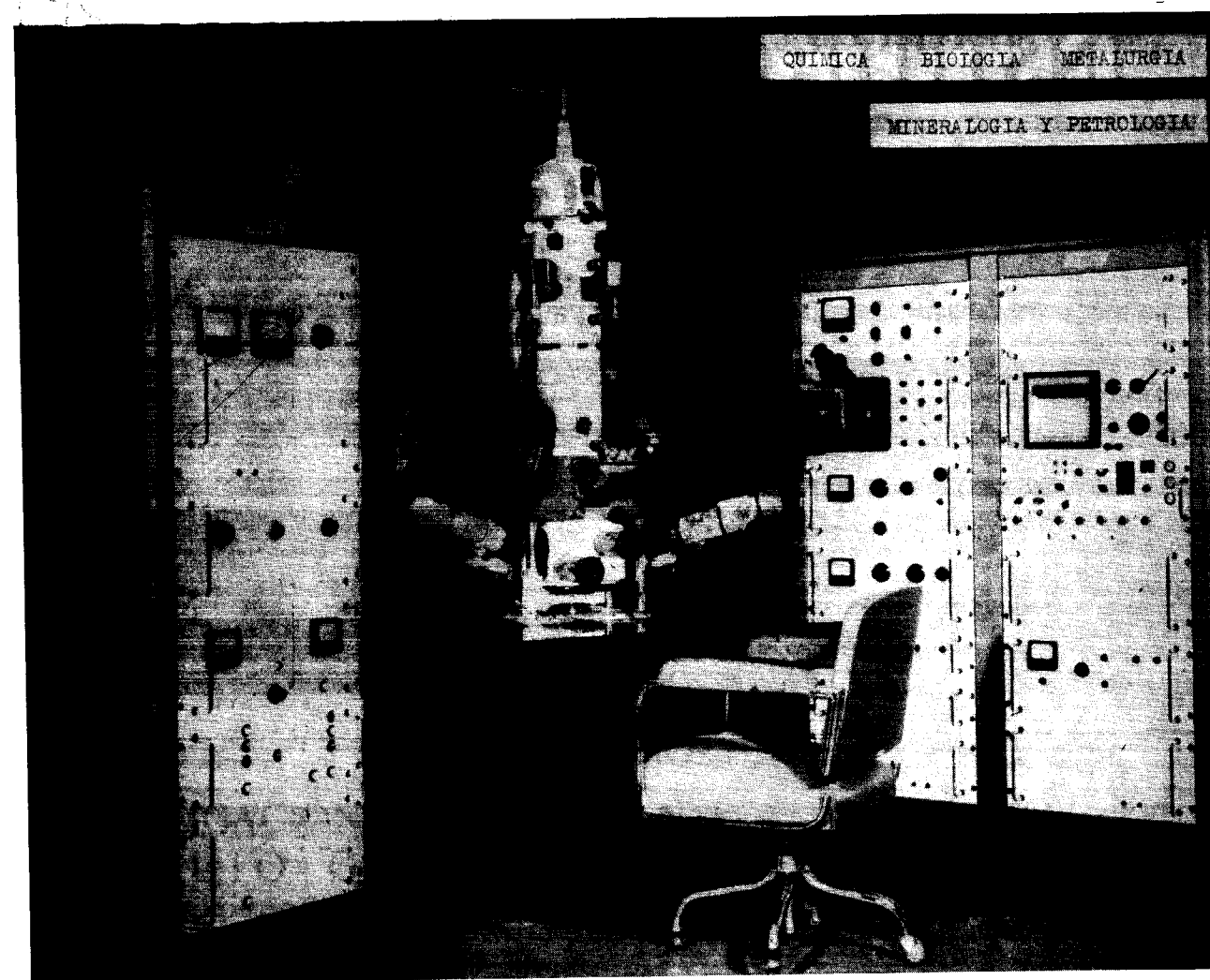
Solicite información.

 **Vegarada**
perforaciones

Parque de las Naciones
C/ Guzmán el Bueno, 121
Tel. 253 42 00 - Madrid-3



LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

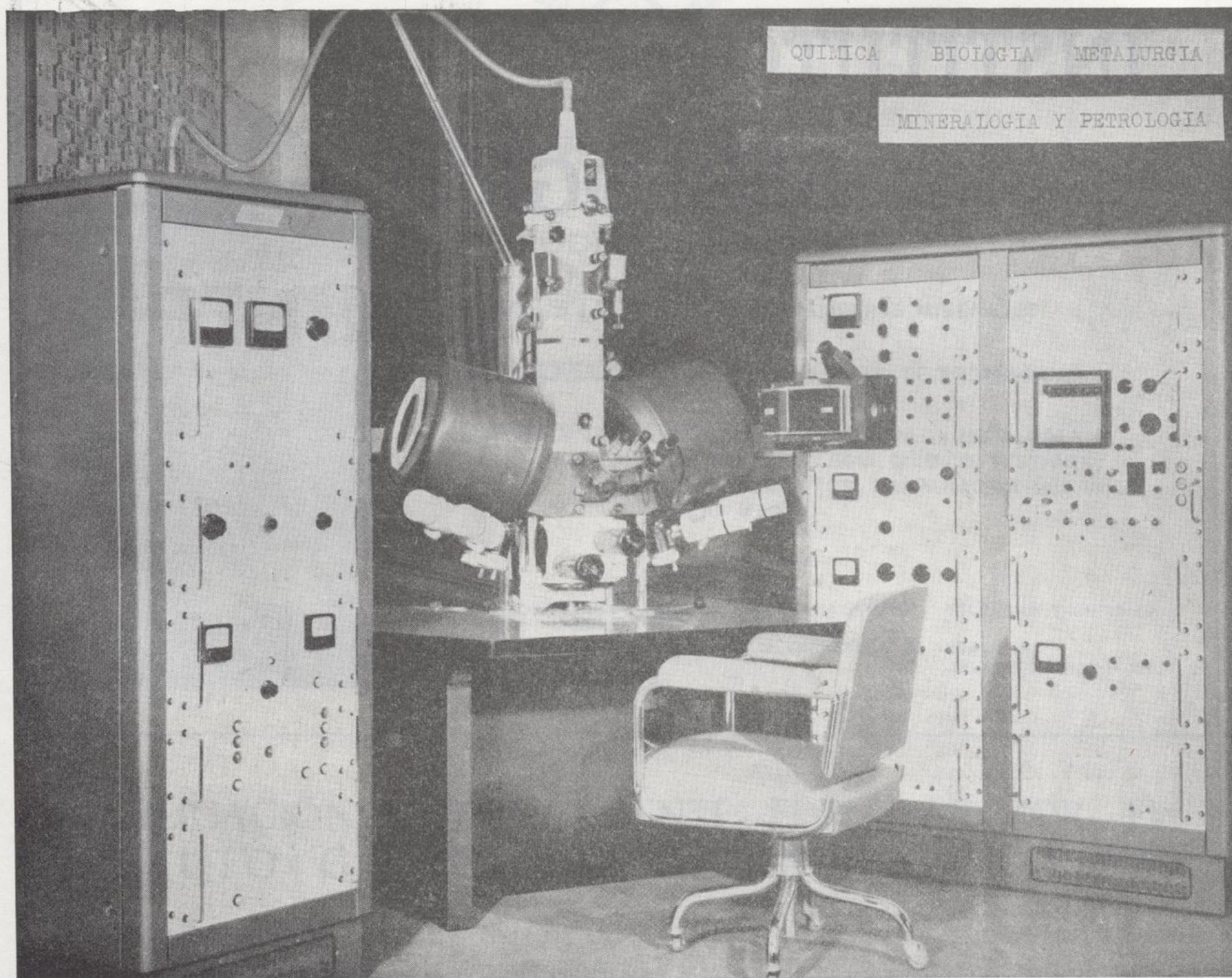
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3

LABORATORIO DE MICROSONDA ELECTRONICA



- ❖ Realiza análisis cualitativos y cuantitativos de zonas inferiores a 2 micrones.
- ❖ Especialmente indicada en Metalurgia para la determinación de gradientes de concentración, segregación, etc., así como en Mineralogía y Petrología.

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23

Teléf. 254 22 00

Madrid-3