

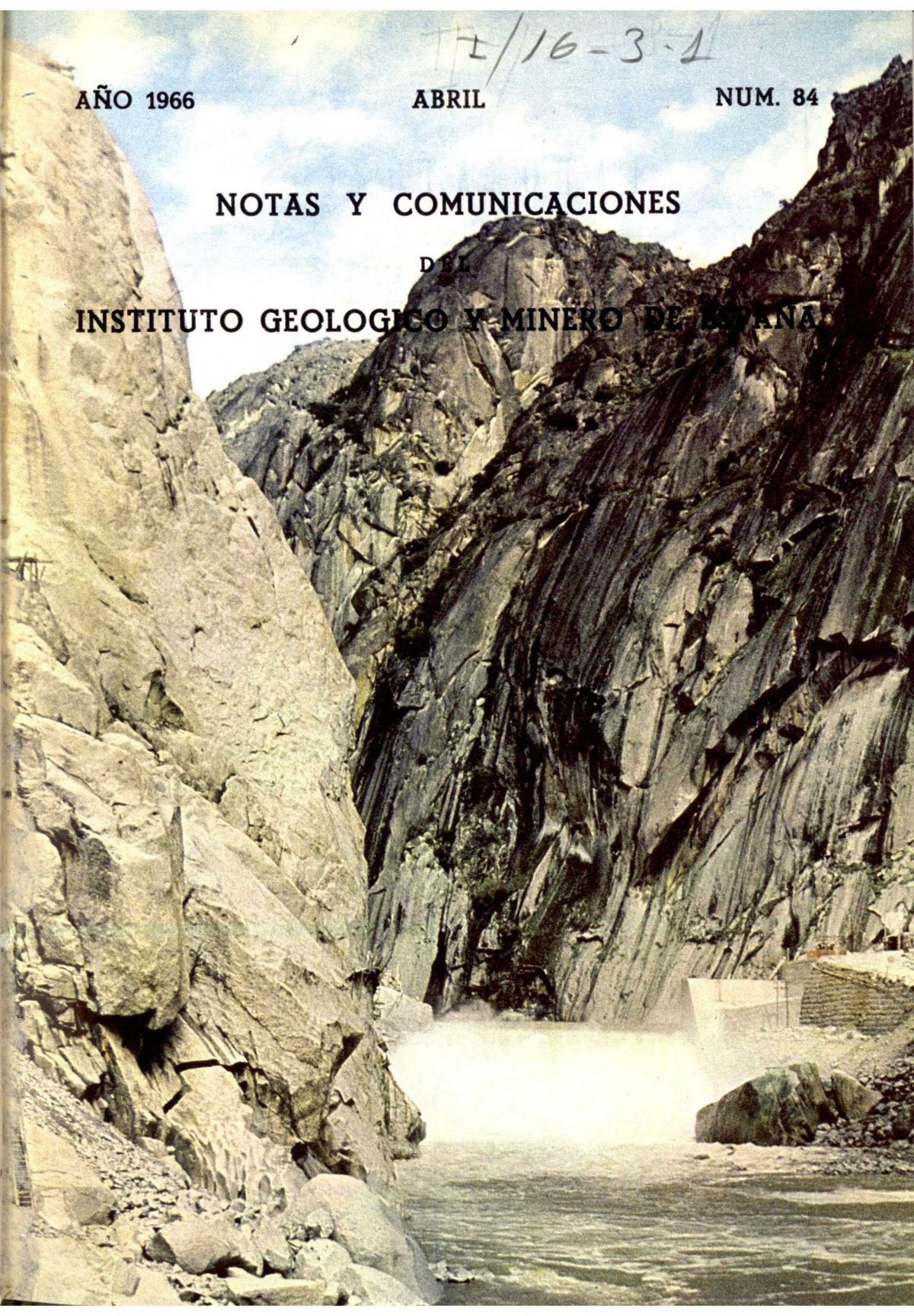
T-16-3-1

AÑO 1966

ABRIL

NUM. 84

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



LABORATORIOS DEL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

En el reciente desarrollo industrial español, tanto al productor de primeras materias, como al transformador y al utilizador de las mismas, se le plantean continuamente problemas en relación con la 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	ANALISIS QUIMICO
COMBUSTIBLES Y TIERRAS CO- LOIDALES	DIFRACCION DE RAYOS X
ESPECTROQUIMICA	SEMICONDUCTORES
RADIOACTIVIDAD Y GEONU- CLEONICA	MACROPALEONTOLOGIA
METALOGENIA	MICROPALEONTOLOGIA
PETROLOGIA Y MICROSCOPIA	FOTOGEOLOGIA
PREPARACION MECANICA	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

AGUAS SUBTERRANEAS

ALUMBRAMIENTOS DE AGUAS CON
LAS PRESTIGIOSAS SONDAS SUECAS

CRAELIUS

SONDAS DE PERCUSION Y ROTATIVAS

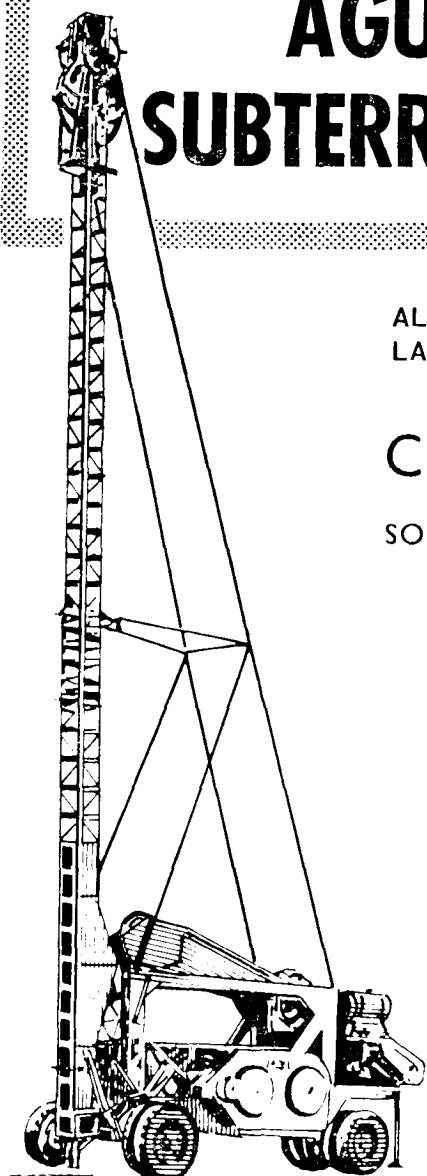
Ahora puede adquirir la prestigiosa Sonda Craelius E-2, fabricada en España bajo licencia de nuestra casa central, con autorización para exportar a Iberoamerica y Países Africanos

- Sondas para reconocimientos mineros
- Sondas para trabajos públicos geotecnia
- Equipos geofísicos
- Bombas de elevación de aguas
- Rejillas especiales para pozos
- Coronas de diamantes y metal duro
- Discos de diamantes
- Equipos de inyección de cemento

ASISTENCIA TECNICA
Alquiler y venta de sondas

Craelius - OFICINA DE INFORMACION TECNICA
- CRAELIUS DIABOR, S.A.
Av. José Antonio, 70 - T. 248 68 00
MADRID - 13

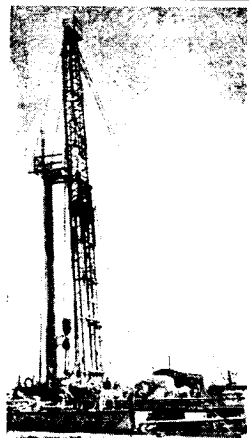
SVENSKA DIAMANT
BERGBORNINGSGAB
ESTOCOLMO





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,
MICROPALEONTOLOGIA, QUIMICO, TESTIGOS,
Lodos, CEMENTOS, PREPARACION MECANICA
DE LAS MENAS.

DOMICILIO SOCIAL — SERRANO Nº 116, MADRID (6). TELEFONO 2-51-79-02

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

DISPONIBLE

RESERVADO PARA
LA REVISTA

ECONOMIA INDUSTRIAL

NOTAS Y COMUNICACIONES
DEL
INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

84

ABRIL

M A D R I D
1 9 6 6

**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

Gargata del Duero en el tramo internacional, excavada en granitos. Lugar donde se ha construido la gran presa de Aldeadávila (Salamanca).

(Foto P. Hernández-Pacheco).

Deposito Legal M.º 1.882-1968

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

HOLLIS D. HEDBERG (*)

ASPECTOS GEOLOGICOS DEL ORIGEN DEL PETROLEO (**)

RESUMEN

El petróleo, desde el punto de vista que aquí se considera, es aquella mezcla de ocurrencia natural, y generalmente compleja, de sustancias predominantemente hidrocarbonadas —líquidas, gaseosas y sólidas— que constituyen el aceite mineral crudo comercial, el gas natural y el asfalto natural de la industria del petróleo. El problema de su origen resulta complicado por su capacidad para migrar y su susceptibilidad para cambiar de estado y composición.

Se acepta generalmente que el petróleo deriva de los restos de vida orgánica, pero quedan por aclarar muchas cosas inciertas referentes al desarrollo de los procesos implicados. En su mayor parte, las cuestiones pendientes se refieren a problemas de química y física, pero son los razonamientos basados en el conocimiento de la geología de los yacimientos de petróleo los que constituyen la guía esencial y aportan el control crítico de todas las hipótesis.

Las manifestaciones discretas, o directas, de petróleo, son escasas. Típicamente, el petróleo se encuentra dentro de otras rocas —llenando espacios de poros o fracturas—. La mayor parte de sus yacimientos se albergan en los espacios constituidos por los poros de las rocas sedimentarias, y esta relación constituye por sí misma un factor de gran importancia genética. Es también corriente su presencia en rocas ígneas y metamórficas fracturadas, pero la relación de vecindad de todas esas manifestaciones respecto a áreas de rocas sedimentarias, apoya la idea de la relación genética del petróleo con respecto a los sedimentos. Algunas manifestaciones de menor categoría, de hidrocarburos parecidos al petróleo, pueden ser de origen ígneo primario, y se ha obtenido algún crudo local-

*). Profesor de la Universidad de Princeton y miembro de la Gulf Oil Corporation, con residencia en Princeton, New Jersey.

— Traducción directa por José M.º Ríos, de un original en lengua inglesa titulado *The Geologic Aspects of Origin of Petroleum*, publicado en el «Bulletin of The American Association of Petroleum Geologists», volumen 48, núm. 11, Noviembre de 1964, págs. 1.755-1.803.

El artículo se publica gracias a la amabilidad del autor y de los editores, que lo han autorizado debidamente.

(**). Ampliación de una contribución presentada a la Gordon Research Conference en Tilton, New Hampshire, el 19 de agosto de 1963. Se publica mediante permiso concedido por la Gulf Oil Corporation, Manuscrito recibido el 29 de junio de 1964.

mente mediante destilación de sedimentos por intrusiones ígneas. También son frecuentes las citas de hidrocarburos contenidos en gases volcánicos, aunque las pruebas de que así sea son algo inciertas.

Probablemente entre los organismos vivos contienen hidrocarburos, e hidrocarburos de carácter supuestamente indígena, parecidos al petróleo, han sido encontrados con amplia repartición en sedimentos marinos recientes y en los suelos. Sin embargo, estas agrupaciones de hidrocarburos todavía difieren considerablemente de las que componen los aceites crudos o de las que se extraen de rocas más antiguas, y parece evidente que la materia orgánica de los sedimentos recientes deba experimentar una evolución consecuente antes de que llegue a convertirse en petróleo auténtico. Cantidades inmensas de hidrocarburos gaseosos y líquidos están sin duda contenidas en las aguas superficiales y subsuperficiales, pero la información cuantitativa acerca de sus concentraciones y estado físico es todavía muy insuficiente.

Geográficamente el petróleo es un producto corriente y repartido por el mundo entero. Sin embargo, las condiciones exigidas para una génesis en gran escala, que han de combinarse con las exigidas para su conservación y su acumulación, han sido muy selectivas, de manera que sólo se conocen grandes acumulaciones en una parte muy reducida del área total del globo terráqueo. Con respecto a la edad geológica del petróleo diremos que, para cantidades apreciables, parece ser indígena en rocas cuyas edades se despliegan desde el Precambriano hasta el Pleistoceno inclusivo. Ha sido encontrado petróleo hasta profundidades de unos 8.350 metros y a temperaturas tan altas como 170° C. Con respecto al ambiente tectónico, los cinturones móviles de la Tierra parecen haber tenido un carácter particularmente favorable a la generación y acumulación del petróleo. Los gases hidrocarburoados parecen constituir gran parte de la atmósfera de varios de los planetas del sistema solar.

Para que un ambiente sedimentario sea favorable para la génesis del petróleo en gran escala, parece exigencia una abundante producción de materia orgánica del tipo apropiado, y determinadas condiciones bajo las cuales, tanto este material como el petróleo resultante, puedan ser conservados. Tales condiciones parecen incluir la presencia de un ambiente reductor, la ausencia de organismos destructivos, la deposición activa de sedimentos de grano fino, y la presencia de trampas y depósitos, en la vecindad, de fácil acceso. La vida acuática, animal o vegetal, ofrece el material de partida más prometedor, aunque este material puede haber quedado sustancialmente suplementado por materia orgánica coloidal de origen terrígeno, bien en disolución o mezclada con arcillas. Parece que el petróleo no pueda constituirse meramente como resultado de una acumulación y concentración de productos generados en organismos vivos, sino que requiere la contribución de hidrocarburos de desarrollo secundario.

Las cuencas deposicionales de carácter restringido han constituido un elemento favorable para la génesis del petróleo, porque generalmente conducen a circunstancias o a ambientes reductores y también porque los depósitos evaporíticos a que generalmente dan origen proveen de excelentes sellamientos o cierres para las acumulaciones de petróleo. Las circunstancias marinas parecen haber producido la mayor porción del petróleo mundial, pero también se formó mucho petróleo en condiciones no marinas.

El papel desempeñado por los microorganismos en la formación del petróleo ha sido durante mucho tiempo objeto de discusión, pero por ahora tenemos pocas pruebas directas y terminantes respecto al origen microbiano de cualquier hidrocarburo de petróleo, excepto el metano. La importancia de la acción de determinados catalizadores naturales ha sido subrayada por muchos. La radiactividad se ha considerado frecuentemente como un agente de origen del petróleo, pero, aunque sus efectos puedan haber sido importantes, hay muy poca prueba de que haya podido producir directamente, de por sí, petróleo

en cantidad. Las hipótesis que implican la disolución (o solución coloidal) de los hidrocarburos de petróleo en el agua, son atractivas desde un punto de vista geológico, porque suministran un medio para el desplazamiento del petróleo a partir de rocas madre de grano fino y su transporte hasta los depósitos, y también porque permiten el suministro proseguido y continuo a partir de tales rocas madre, *pari passu*, con los procesos universales y corrientes de *compacción*. Sin embargo, no ha sido posible, por ahora, demostrar satisfactoriamente que haya suficiente apoyo adecuado de hechos de observación para justificar la operación de los mecanismos de disolución en forma cuantitativamente eficaz.

A pesar de las buenas razones de que disponemos para creer que la mayor parte de los petróleos han tenido su origen a temperaturas muy por debajo de los 100° C, y que son relativamente pocos los petróleos que hayan sido expuestos nunca a temperaturas de más de 120° C, el efecto de la temperatura creciente combinado con el de la profundidad de enterramiento en aumento por muchos como un factor esencial para la génesis del petróleo. Esta idea encuentra apoyo en algunos experimentos recientes de laboratorio que han producido hidrocarburos ligeros saturados a un ritmo apreciable por medio del calentamiento de pizarras a no más de 185° C. El tiempo geológico puede haber permitido, dentro de las leyes naturales, alcanzar los mismos resultados incluso con temperaturas más moderadas.

Las variaciones que se observan en los petróleos con respecto a su actividad óptica, densidad, contenido en parafinas, composición en carbonos isotópicos, y otras propiedades, han sido atribuidas a la creciente edad geológica, pero la prueba de que así sea es, por lo general, poco consistente. Muchos de estos cambios pueden depender más bien de variaciones en la actividad catalítica de las rocas y minerales acompañantes.

Prestamos atención a la hipótesis de que las acumulaciones de petróleo se originan generalmente *in situ*, en las trampas o depósitos en los cuales se encuentra actualmente, pero parece muy improbable.

El elemento de oportunidad temporal, o sea, de actuación temprana de las circunstancias requeridas en cada fase, es crítico por lo que se refiere a la hipótesis de la génesis y de la acumulación de petróleos. Parece que tales hipótesis deben procurar, no solamente un origen temprano y una migración desde las rocas madre, sino que también sean posibles en mayor o menor grado para un origen tardío o por lo menos para una migración tardía. Se citan ejemplos específicos de un origen tardío o de una migración primaria tardía para el petróleo.

Las variaciones que se ofrecen en la composición y propiedades de los petróleos con respecto a su profundidad y a su posición geográfica pueden suministrar claves útiles por lo que se refiere a su modo de origen. Muchas de estas variaciones son, sin duda, debidas a alteraciones secundarias; otras parecen ser el resultado de variaciones locales de carácter temprano u original en el material de procedencia o en los procesos genéticos, o en ambos. La distribución del gas de petróleo con respecto a la de los aceites crudos puede ser de especial importancia a este respecto.

Se han propuesto algunos métodos, predominantemente químicos, para la identificación de tipos naturales de depósitos de petróleo comerciales, y se aplican en cierta medida actualmente. Sin duda, sin embargo, es más bien dudosa, especialmente por lo que se refiere a la determinación de la riqueza cuantitativa de origen. Quizá la determinación del agua madre sea por lo menos tan pertinente a este fin como la determinación de la roca madre.

Las informaciones de carácter puramente geológico pueden ser muy útiles como medios de acercamiento al conocimiento y apreciación de las posibilidades de zonas o rocas como madres de petróleo. Se citan algunos casos específicos en los que el razonamiento geológico ha sido invocado o puede ser invocado con ventaja. Subrayamos en un descuido es un estrecho y a menudo del punto de ataque químico-industrial con el de los datos

geológicos y el razonamiento geológico, y hacemos algunas sugerencias como orientación para tales tipos de investigación.

Finalmente revisamos el concepto de la barrera geológica de Cox a la vista de la información actual.

ABSTRACT

Petroleum, as discussed here, is that naturally occurring and usually complex mixture of dominantly hydrocarbon substances—liquid, gas, and solid—which constitutes the commercial crude oil, natural gas, and natural asphalt of the petroleum industry. The problem of its origin is complicated by its capacity to migrate and its susceptibility to change in state and composition.

It is generally accepted that petroleum is derived from the remains of organic life, but many uncertainties exist concerning the processes involved. These are in large part problems of chemistry and physics, but reasoning based on the geology of petroleum occurrences constitutes an essential guide and a critical control on all hypotheses.

Discrete occurrences of petroleum are rare. Typically, petroleum is found within other rocks—filling pore space or fractures. Most occurrences are in the pore space of sedimentary rocks, and this relation is in itself of major genetic significance. Occurrences in fractured igneous and metamorphic rocks are also common but the proximity of all such occurrences to areas of sedimentary rocks serves further to reinforce the genetic relation of petroleum to sediments. Some minor occurrences of petroleum-like hydrocarbons may be of primary igneous origin, and locally some oil has been distilled out of sediments by igneous intrusions. Also, hydrocarbons frequently have been reported from volcanic gases although the evidence is somewhat uncertain.

Probably all living organisms contain hydrocarbons and supposedly indigenous petroleum-like hydrocarbons have now been found widespread in Recent marine sediments and in soils. However, these hydrocarbon assemblages still differ significantly from those of crude oils or those extracted from older rocks and it seems evident that the organic matter or Recent sediments must undergo a further evolution before it becomes true petroleum. Gaseous and liquid hydrocarbons are no doubt present in immense aggregate quantity in surficial and subsurface waters but quantitative information on their concentrations and physical state is very inadequate.

Geographically, petroleum is common and widespread throughout the world. However, conditions for combined large-scale genesis, preservation, and accumulation have been very selective so that large accumulations are known from only a very tiny part of the total world area. With respect to geologic age, petroleum in at least some quantity appears to be indigenous to rocks of Precambrian to Pleistocene age, inclusive. Petroleum has been found to depths of nearly 25,000 feet and at temperatures as high as about 170°C. With respect to tectonic environment, the earth's mobile belts appear to have been particularly favorable to petroleum generation and accumulation. Hydrocarbon gas appears to make up much of the atmosphere of several of the planets of the solar system.

A favorable sedimentational setting for large scale petroleum genesis appears to require the abundant production of organic matter of the right kind, and conditions under which this source material and the resulting petroleum may be preserved. Such conditions appear to include a reducing environment, the absence of destructive organisms, active deposition of fine grained sediment, and readily available trap reservoirs. Aquatic plant and animal life offers the most promising source material, although this may have been substantially supplemented by land-derived colloidal, dissolved, or clay complexed organic

matter. It appears that petroleum can not be merely a concentration and accumulation of products generated in living organisms, but requires the contribution of secondarily developed hydrocarbons.

Restricted depositional basins have been a favorable element in petroleum genesis because they are commonly conducive to reducing conditions and because the evaporite deposits which they commonly generate provide excellent seals for petroleum accumulations. Marine conditions appear to have produced the bulk of the world's oil but much petroleum was also formed under non marine conditions.

The rôle of microorganisms in petroleum generation has long been the subject of much speculation but thus far there is little conclusive direct evidence for the microbial origin of any petroleum hydrocarbon except methane. The importance of the action of certain natural catalysts has been emphasized by many. Radioactivity has frequently been considered as an agency in petroleum origin but while its effects may have been important there is little evidence that it directly produced much petroleum. Hypotheses involving the solution (or colloidal solution) of petroleum hydrocarbons in water are geologically attractive because they provide a means for movement of petroleum from fine-grained source rocks to reservoirs and also allow for long continuing contribution of petroleum from such sources, *pari passu* with the common and universal process of compaction. However, adequate observational support for the quantitatively effective operation of solution mechanisms has not yet been satisfactorily demonstrated.

In spite of good reasons for believing that most petroleum has originated at temperatures well below 100°C., and that relatively few petroleum has ever been exposed to temperatures of more than 120°C., the effect of increasing temperature with increasing depth of burial is invoked by many as an essential factor in petroleum generation. This finds support in some recent laboratory experiments which have produced light saturated hydrocarbons at an appreciable rate by heating shales to no more than 185°C. Geologic time may have allowed nature to attain the same results at even more moderate temperatures.

Changes in petroleum with respect to optical activity, density, paraffinity, carbon isotope composition, and other properties, have been attributed to increasing geologic age, but the evidence is frequently inconsistent. Many of these changes may rather be related to variations in the catalytic activity of associated rocks and minerals.

The hypothesis that petroleum accumulations generally originate *in situ* in the reservoir traps in which they are now found has been examined but appears very improbable.

The element of timing is critical with respect to hypotheses of petroleum genesis and accumulation. It appears that such hypotheses must provide not only for early origin and migration from source rocks, but also to some degree for late origin or at least late migration. Specific instances of postulated late origin or late primary migration are cited.

Variations in the composition and properties of petroleum with depth or geographic position may provide helpful clues to their mode of origin. Many of these variations are no doubt due to secondary alterations; others appear to be the result of original local variations in source material or genetic processes or both. The distribution of petroleum gas *versus* crude oil may be particularly significant in this respect.

A number of dominantly chemical methods for the identification of commercially important petroleum source beds have been proposed and are being applied to some extent at the present time. Their effectiveness, however, is rather questionable, particularly with respect to determining the quantitative richness of a source. Perhaps the determination of source water is as pertinent as the determination of source rock.

Purely geological evidence may be very useful as a means of narrowing down petroleum source possibilities. Several specific cases are cited where geological reasoning has been

or can be invoked to advantage. The desirability of close coordination of analytical chemical attack with geological data and geological reasoning is emphasized and suggestions for such research investigations are made.

In conclusion, Cox's «geological fence» is reviewed and revised in the light of present information.

INTRODUCCIÓN

A. Definición del petróleo

Petróleo, para el objeto de este trabajo, es aquella mezcla de inole natural, y, por lo general, compleja, de sustancias predominantemente hidrocarbónicas —líquidas, gaseosas o sólidas—, que constituyen los aceites crudos comerciales, el gas natural, y el asfalto natural de la industria del petróleo. Es notable que, a pesar de su extendida presencia, de su gran importancia económica, y de la inmensa atención, en cantidad y calidad, en investigaciones muy detalladas que se le dedica, quizá tenemos más incertidumbre, respecto al origen del petróleo que para cualquier otra sustancia natural de manifestación corriente.

B. Capacidad de migración

Dos características del petróleo complican grandemente la determinación de su origen. La *primera* es que, como consecuencia de su manera corriente de ocurrencia, como líquido o como gas, el petróleo ha sido capaz de migrar libremente a través de las rocas de la corteza terrestre, de modo que su actual sitio de emplazamiento no es necesariamente el mismo que aquél en que se originó. Por consiguiente, al intentar la reconstitución, a la inversa, del proceso desde una acumulación actualmente existente de petróleo hasta su origen, resultan altamente implicadas la porosidad y la permeabilidad, bien sean primarias o secundarias, de las rocas con las cuales está o ha estado asociado, como también lo están las fuerzas que pudieran haber sido capaces de inducir su movimiento.

C. Susceptibilidad con respecto a la alteración

El *segundo* factor que complica este asunto es que el petróleo es fácilmente susceptible de cambios físicos y químicos debido a los procesos naturales que involucran calor, presión, filtración, catálisis, acción microbiana, adsorción, disolución, migración diferencial, etc., de tal manera que el actual estado físico y la actual composición química del petróleo acumulado pueden no ser representativos de su composición o estado original.

D. Aceptación de un origen predominantemente orgánico

No voy a entrar en la viejisima discusión de si el petróleo es de origen orgánico o inorgánico, pero señalaré sencillamente mi intensa convicción, que yo creo que es la de casi todos los geólogos, de que el petróleo comercial, que conocemos mediante la industria del petróleo, resulta de material original animal y vegetal.

Esta afirmación, desde luego, no niega que el C y H del petróleo fueran originalmente constituyentes no biogénicos de la Tierra. No rechazo tampoco que algunos hidrocarburos parecidos al petróleo, de manifestación natural en la corteza terráquea, pueden ser de origen inorgánico, ni que haya hidrocarburos en los gases atmosféricos ni tampoco que los hidrocarburos han sido encontrados en diseminación en las rocas plutónicas; es cierto que los meteoritos contienen hidrocarburos, y que las atmósferas de algunos de los planetas asociados a la Tierra tienen altos contenidos de hidrocarburos de origen presumiblemente no biogénico. Tampoco se hace caso omiso del hecho de que hay todavía partidarios activos de un origen inorgánico para todos los petróleos.

Las pruebas, de entre las más familiares, que parecen apoyar de manera casi incontrovertible el origen del petróleo corriente a partir de los restos de organismos vivos y que, al mismo tiempo, se oponen a la hipótesis del origen inorgánico (y en particular al origen mediante actividad ígnea), pueden ser resumidos como sigue:

1. La semejanza estructural general de algunos hidrocarburos de petróleo con respecto a los componentes orgánicos sintetizados por organismos vivos.
2. La presencia general de restos vegetales y animales en el petróleo.
3. La capacidad óptica rotatoria del petróleo, capacidad que está casi por entero reservada a los compuestos de origen biogénico.
4. El hecho de que el petróleo contiene generalmente porfirinas, las cuales derivan probablemente de clorofilas, y quizá preminas, de organismos vivos y que no pueden haber existido bajo las condiciones de temperatura implicadas por las rocas ígneas.
5. El hecho de que las relaciones de C_{13}/C_{12} del petróleo se asemejan más a las de la materia orgánica viva que a las del carbono atmosférico o de los carbonatos.
6. La presencia, corriente en el petróleo, de compuestos nitrogenados que son característicos de los organismos vivos.
7. El hecho de que hidrocarburos semejantes al petróleo se encuentran en amplia dispersión en los sedimentos recientes de los suelos.

8. La asociación predominante del petróleo, no solamente con rocas sedimentarias, sino además precisamente con aquellas de determinadas edades en que se sabe que la vida era prolífica e, inversamente, la falta casi completa de petróleo en cantidades sustanciales en las extensas áreas del mundo donde sólo se conocen rocas ígneas o donde solamente existen rocas precambrianas de cualquier clase, rocas en las que, por lo general, faltan pruebas de vida abundante.

E. Ataque del problema desde el punto de vista geológico

Incluso con una evidencia preponderante a favor del origen orgánico para la mayor parte del petróleo, todavía quedan en pie muchísimas cosas inciertas, por lo que se refiere al modo exacto y circunstancias de este origen orgánico. Muchas de estas incertidumbres podrán resolverse probablemente sólo mediante el trabajo de los químicos, pero un análisis sistemático de los datos geológicos de que disponemos puede reducir en gran manera las posibilidades que se han de considerar, no obstante las dificultades que resultan de la capacidad migratoria del petróleo y de su susceptibilidad a la alteración.

Con este objeto, voy a tratar de pasar una breve revista, desde un punto de vista geológico, a la naturaleza de las manifestaciones conocidas del petróleo y su distribución, al ambiente geológico que, a la luz de lo que manifiestan estos yacimientos, parezca favorable para la génesis del petróleo, a la importancia geológica de determinados procesos y factores o situaciones naturales, a las variaciones observadas en el petróleo según sus circunstancias geológicas, y a algunas exigencias impuestas a la teoría del origen del petróleo por los factores de oportunidad en el tiempo. Creo que merece la pena de considerar también algunos esfuerzos y orientaciones actuales para el desarrollo de métodos químicos conducentes a la identificación de los lechos específicamente creadores de petróleo, así como examinar casos actuales de campos de petróleo en que la comprobación geológica, por lo que se refiere al origen específico del petróleo, parece más convincente que en los casos corrientes.

Debería subrayar quizá que, aunque determinados yacimientos de petróleo de carácter único o excepcional pueden tener gran importancia probatoria, deberíamos restringir nuestro interés primario, a la vista del actual estado de nuestros conocimientos, a lograr formar una teoría sólida de la génesis de los yacimientos de petróleo corrientes, normales y de gran repartición, y particularmente para las grandes acumulaciones de aquéllos de entre nuestros campos de petróleo que son verdaderamente importantes.

F. Reconocimiento

Además de las referencias, que se citan, específicas a la literatura geológica, tengo que expresar mi agradecimiento con respecto a otras muchas publicaciones de orden general que tratan del origen del petróleo, entre cuyos autores se encuentran los siguientes: B. T. Brooks, I. O. Brod, Frank R. Clark, B. B. Cox, W. E. Hanson, K. C. Heald, G. C. Hobson, Harold W. Hoots, V. C. Illing, K. Krejci-Graf, K. K. Landes, A. I. Levorsen, W. G. Meinschein, Wallace E. Pratt, N. P. Stevens, P. D. Trask y H. W. Patnode, F. M. Van Tuyl y B. H. Parker, y L. G. Weeks.

Un borrador previo de este manuscrito fue discutido en una reunión en el Laboratorio de Investigación de la Gulf, al que asistieron J. W. Early, J. G. Erdman, W. E. Hanson, M. J. Hill, J. C. Ludwick, I. H. Milne, R. A. Morse, T. J. O'Donnell, A. Pyre, W. H. Roberts, C. J. Schayer, R. B. Schwendinger, T. J. Weismann, M. R. J. Wyllie y W. M. Zarrella, durante el cual me fueron suministradas muchas sugerencias valiosas, así como críticas. El manuscrito ha sido leído por: J. G. Erdman, W. E. Hanson, M. J. Hill y A. Pyre, a los cuales expreso mi especial agradecimiento por la discusión y crítica que me resultaron muy útiles, pero no son en manera alguna responsables de los muchos defectos del trabajo. Es un placer reconocer las indicaciones muy útiles hechas por K. C. Heald, que fue uno de los lectores del manuscrito final antes de ser sometido a la A. A. P. G.

II. NATURALEZA DE LAS MANIFESTACIONES Y YACIMIENTOS DE PETRÓLEO (Y DE LOS HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO)

A. Yacimientos discretos de petróleo

Los yacimientos discretos de petróleo, es decir, aquellos en los que el petróleo constituye por sí mismo una roca *dentro* de la corteza terrestre son ciertamente raros, y la presencia del petróleo líquido, bajo la superficie, se conoce exclusivamente en forma análoga a la del agua, como un constituyente de los espacios porosos de otras rocas. Una excepción posible pudiera ser hecha para el petróleo que llena las cavernas subsuperficiales, en calizas, tales como se conocen en algunos de los campos petrolíferos del Cretáceo de Méjico.

Sin embargo, en la superficie de la Tierra, de nuevo como en el caso del agua, se conoce el petróleo que aparece casi independiente, en forma de escurriduras y como «lagos» de petróleo líquido o semisólido. Ejemplos

de tales lagos de petróleo que cubren grandes superficies, incluso de kilómetros cuadrados, y con espesor de muchos metros, pueden ser encontrados en las áreas de Guanoco, Inciarte y Mene Grande de Venezuela; en el famoso lago de pez de Trinidad; en Angola; en Gabón, en Madagascar, en la U. R. S. S., en California Meridional, en Utah, y en muchos otros sitios.

Por lo corriente, este petróleo es semisólido y aparece mezclado con una porción considerable de impurezas arenosas y arcillosas. Es evidente que ha escurrido a partir de las rocas infrayacentes y quizá el único significado que se pueda dar a estas manifestaciones con respecto al origen del petróleo consiste en el hecho de que, mientras que son comunes a lo largo de líneas de fractura en áreas de rocas sedimentarias, o en rocas ígneas o metamórficas próximas al contacto con sedimentos, son esencialmente desconocidas en las zonas interiores de las regiones amplias de rocas ígneas y metamórficas. Aunque comunes en la superficie actual, tales manifestaciones de petróleo fundamentalmente discreto, quedan rara vez conservadas en el subsuelo, sin duda como consecuencia de la incompetencia, incluso del petróleo sólido, para mantenerse bajo cualquier sobrecarga de peso un poco considerable.

Probablemente, lo más parecido a un petróleo discreto *estratificado* que yo conozca, es el caso de los «libolitos» del Mesozoico de Angola. Los libolitos son a veces denominados «carbones asfálticos». Los lechos llegan a tener metro y medio de espesor, pero han influido localmente y atravesado los estratos adyacentes, incluso aunque el área no haya sufrido trastornos tectónicos, y probablemente no han estado nunca sometidos a una sobrecarga muy grande. El conjunto reposa sobre gneis-granito. Las areniscas que se presentan asociadas con el producto y que contienen restos fósiles de plantas, están impregnados de betunes. Una muestra de libolitos que obtuve, mostró una solubilidad de 80 por 100 en el bisulfuro de carbono.

Otro tipo de manifestación discreta del material de tipo petrolífero es el de los diques de material asfáltico, sólido o semisólido, que se presentan en muchas localidades hasta grosores de más de uno o varios metros, pero que constituyen, evidentemente, fenómenos de migración. Hay muchos ejemplos dignos de atención: por ejemplo, en Barbados, Trinidad, Irán, Cuba, Argentina, las Islas Árticas Canadienses, la Unión de Sudáfrica y la Cuenca de Uinta. He visto un dique vertical de asfalto de más de cuatro metros de grosor, que corta a través de rocas ígneas en Cuba, y un dique vertical de más de seis metros de grueso en Argentina. J. G. Sproule me ha informado de la existencia de un dique de gilsonita de cien metros de espesor en rocas del Paleozoico Inferior en la isla de Bathurst, en el Ártico canadiense. El hecho de que grietas de tal tamaño hayan permanecido abiertas, y rellenas únicamente de asfalto incompetente, constituye por sí mismo un hecho de interés.

B. Manifestaciones dentro de rocas sedimentarias consolidadas

El aceite crudo se encuentra, típicamente, *dentro del espacio constituido por los poros* de rocas sedimentarias. También se encuentra en rocas ígneas y metamórficas, sobre todo en los espacios de fractura, pero constituye un hecho de importancia para el enjuiciamiento de la génesis que probablemente el 99 por 100 del petróleo producido en el mundo, hasta el momento, procede de depósitos situados en rocas sedimentarias. Knebel y Rodríguez (1956) calcularon que, de los 236 campos de petróleo más importantes del mundo libre, el 59 por 100 de la producción procede de depósitos areniscosos, un 40 por 100 de carbonatos, y sólo un 0,8 por 100 de las rocas restantes.

Los depósitos de rocas que contienen petróleo se clasifican en dos tipos principales: aquellos en los que el espacio almacenante es *primario* y, por consiguiente, existía ya en la época de formación de la roca, y aquellos en que el espacio de depósito es *secundario* y se desarrolló consiguientemente a la deposición (y quizá a la consolidación) de la roca mediante procesos de fracturación, disolución, meteorización, dolomitización u otros. Puesto que el aceite crudo es un fluido y puede migrar, es concebible que se pueda encontrar en cualquier roca porosa y permeable sin que haya tenido necesariamente su origen en ella misma. Sin embargo, el aceite existente en poros primarios, cuando son muy diminutos, es más probable que sea de origen indígena que no el que se encuentra en la vasta porosidad primaria que establece la interconexión, o el contenido en el espacio de poros secundario. El movimiento de petróleo, desde su roca de origen a su roca de depósito, se conoce como *migración primaria*; los movimientos posteriores, dentro del estrato de depósito, se conocen como *migración secundaria*.

La *arenisca* y los *conglomerados*, cuando son petrolíferos, contienen su petróleo la mayor parte de las veces en poros de tipo *primario*; sin embargo, son, por lo general, lo suficientemente permeables para que el petróleo que llena esos poros primarios pudiera ser, tanto resultado de migración, como de origen *in situ*. También existen numerosos ejemplos en los crudos de tales rocas, que están contenidos en fracturas de origen secundario.

Los *sedimentos carbonatados* contienen por lo general alta porosidad inicial. Las calcoarenitas, lumaquelas, calizas dolomíticas y calizas arrecifales, pueden también poseer corrientemente suficiente permeabilidad inicial, en la misma medida que las areniscas, de tal manera que su carácter petrolífero puede ser tan fácilmente atribuible a migración como a origen indígena. Por otra parte, los *lodos* carbonatados cálcicos, aunque altamente porosos, no solamente resultan compactables, sino también muy susceptibles a recristalizaciones, y de esta manera pueden convertirse fácilmente en rocas altamente impermeables. La presencia de petróleo intersticial en tales lodos, una

vez consolidados, es mucho más probable que tenga carácter primario que en el caso de la presencia de tipo análogo en rocas de carácter más permeable. La dolomitización de un lodo calizo puede tener lugar en plazo muy breve, después de la deposición del carbonato de calcio, como un proceso de diagénesis y puede suministrar una porosidad secundaria de depósito muy eficaz y oportuna para cualquier petróleo generado en los lodos, que le permita escapar a los poros de dolomitización de mayor tamaño antes de que queden aprisionados en la matriz carbonatada sometida a proceso de condensación progresiva. De igual manera y como consecuencia de su carácter quebradizo, los carbonatos consolidados son especialmente susceptibles a la formación de depósitos secundarios por fractura, aptos, tanto para el petróleo, como para el gas.

Las margas pizarreñas se caracterizan por una alta porosidad primaria, pero son fácilmente compactables y, aunque todavía retienen una considerable porosidad, se convierten rápidamente en rocas relativamente impermeables, bajo la presión de sobrecarga. Hasta hace pocos años, la aparente ausencia del petróleo en los distintos espacios de los poros de las margas pizarreñas y de los lodos carbonatados compactos parecía constituir una anomalía en la distribución del petróleo contenido en las rocas consolidadas, ya que de ambos tipos de rocas podría haberse supuesto que estuvieran asociadas localmente a circunstancias generadoras de petróleo en la época de su deposición. Sin embargo, métodos refinados de análisis de extracción aplicados en los años recientes han demostrado que estos sedimentos, de grano fino relativamente, contienen frecuentes cantidades sustanciales de petróleo, supuestamente indígena, en su espacio primario de poros. De hecho parece actualmente que al menos se pueden encontrar trazas de petróleo en la mayor parte de los sedimentos clásticos de grano fino no oxidados.

La porosidad secundaria por fractura ha suministrado espacio de almacenamiento para el petróleo en casi todos los tipos de rocas sedimentarias quebradizas; y se obtiene producción de gas y petróleo comercial a partir de fracturas en areniscas, conglomerados, margas pizarreñas, sílexitas, calizas, dolomías, cuarcitas, rocas pirolásticas, e incluso del carbón. Puede decirse entonces, que el petróleo ha sido encontrado, bien sea en porosidad primaria o secundaria, en casi cada tipo de roca sedimentaria.

De particular importancia, por lo que se refiere a su origen, son los muchos casos conocidos de yacimientos de petróleo en el interior de *cavidades* relativamente selladas en los núcleos de *fósiles* en rocas sedimentarias consolidadas. Así, la caliza cretácea de la formación de La Luna, en Venezuela, contiene numerosas concreciones discoidales grandes, mucho más densas que la roca circundante, las cuales, cuando se las rompe, muestran comúnmente ammonites en su interior, y no es raro encontrar petróleo líquido conservado en las cámaras de estos ammonites; es difícil concebir para este petróleo un

origen que no sea de tipo orgánico, partiendo de materia contenida en el interior o adyacente a estas conchas en la época de su aterramiento. Un coral recogido en la caliza pliocena de la península Paraguana, de Venezuela, contenía petróleo encerrado en sus cavidades, aunque, por otra parte, la formación parecía desprovista de petróleo.

Dentro de una serie de margas grises en el Terciario medio, de 7.500 pies de espesor, próxima a Guide, Falcón, Venezuela, existen zonas caracterizadas por abundantes foraminíferos planctónicos. Estas zonas manifiestan una alta porosidad y dan un intenso olor de petróleo y un extracto aceitoso. Parece probable que el petróleo haya tenido su origen dentro o adyacente a estos estratos con foraminíferos. Asociaciones semejantes de petróleo con rocas de porosidad local y debida a la concentración de foraminíferos planctónicos, son conocidas en margas y calizas compactas en muchas otras partes del mundo, y sugieren un origen local.

Hay unas concreciones calizas contenidas en sedimentos miocenos de agua dulce, del Condado de San Bernardino, California (Degens Pierce Chilingar, 1962), que contienen petróleo líquido. Como engloban todavía moldes bien conservados e impresiones de insectos, parecería que la materia original orgánica fue destruida después de su deposición. Los autores llegan a la conclusión de que el petróleo debió tener su origen en los sedimentos adyacentes de agua dulce, y migró después al interior de las concreciones en una época temprana de la diagénesis. Glover (1957) informa acerca de la presencia de aceite libre contenido en concreciones calizas dentro de margas tobáceas, por otra parte estériles, del Cretáceo Superior de Puerto Rico. Krejci-Graf (1963, pág. 259) menciona manifestaciones de petróleo contenidas igualmente en el interior de concreciones y de cavidades constituidas por disolución de fósiles, que parecen haber estado revestidas por caliza secundaria con anterioridad a la migración.

Murray (1957) ha descrito la presencia de inclusiones de hidrocarburos fluidos en cristales de cuarzo que recubren ojos en la formación Rundle del Missisipiense de Alberta. Tenemos información semejante procedente del Sudoeste de África. Se ha encontrado petróleo en el interior de cristales de sal, y Harrington y Cillier (1963) señalan que han identificado petróleo en las fibras de asbesto crocidolita del Precambriano de Sudáfrica.

C. Manifestaciones dentro de sedimentos recientes no consolidados

El paso naturalmente inmediato, en la observación de la asociación predominante de acumulaciones de petróleo de gran categoría con rocas sedimentarias, ha sido la investigación de los sedimentos recientes con objeto de tratar de encontrar en ellos claves que nos señalen los métodos corrientes

de génesis del petróleo. Hanson (1959) ha resumido bien el avance conseguido en los tiempos antiguos.

Whitmore (1944) y Oakwood (1946) señalaron que los organismos vivientes de todas clases producen hidrocarburos como consecuencia normal de su existencia. Podría esperarse que muchos de estos hidrocarburos sobrevivan en detritus orgánicos y contribuyan a la formación de cualquier petróleo que pudiera formarse finalmente. La atención se enfocó especialmente en las algas como posibles productoras de petróleo. Smith (1952) anunció que hidrocarburos líquidos parecidos al petróleo habían sido aislados a partir de sedimentos recientes en el Golfo de Méjico, lo que constituía un eslabón de gran importancia entre las manifestaciones petrolíferas procedentes de rocas sedimentarias consolidadas de las pasadas épocas geológicas y los organismos vivientes de las actuales. Posteriormente han sido encontrados hidrocarburos líquidos indígenas en sedimentos recientes, por muchos investigadores, aunque se ha subrayado que estos hidrocarburos todavía difieren en mucho de los aceites crudos, y no pueden ser considerados como auténticos petróleos.

Kidwell y Hunt (1958) encontraron hidrocarburos de tipo petrolífero en el área de Pedernales, del delta del Orinoco, contenidos en sedimentos de grano fino, cuya datación indica que fueron depositados dentro de los últimos diez mil años, y había incluso prueba de que había tenido lugar una concentración de estos hidrocarburos, de tipo parecido al petróleo, en un lentejón de arenas contenido dentro de arcillas. La materia orgánica decrecía con el incremento de la profundidad desde alrededor de 1,45 por 100 en la superficie a 0,6 por 100 a más o menos 200 pies, pero el porcentaje de hidrocarburos contenidos en la materia orgánica incrementaba con la profundidad desde 0,4 por 100 a 1 por 100 en el mismo intervalo. Una característica un poco inquietante es que los hidrocarburos suministraron edades, determinadas por medio de carbono-14, de unos catorce mil años, o sea, que serían más viejos que los sedimentos.

Emery (1960) ha suministrado un estudio sumamente concienzudo de los hidrocarburos líquidos y gaseosos contenidos en sedimentos de California Meridional, y de su relación con respecto al origen del petróleo.

Mironov y Bordovsky (1959), investigando los sedimentos del fondo del mar de Bering, informaron que había un incremento constante del contenido de carbono orgánico relacionado con la incrementante finura del grano de los sedimentos. Por otra parte, encuentran que la concentración relativa de «sustancias bituminosas» solubles contenidas en la materia orgánica decrece con la finura incrementante del grano. En testigos de sedimentos recientes informan que existe una disminución progresiva de la concentración de materia orgánica total con relación a la edad, pero un incremento relativo en la concentración de sustancias «bituminosas», que dentro de un período de algunas decenas de millares de años alcanzan también una composición qui-

mica «casi idéntica a la de las sustancias bituminosas de las rocas antiguas en las regiones petrolíferas».

Starikova (1959) encontró que el contenido en carbono orgánico de los fluidos intersticiales obtenidos por el estrujamiento de lodos recientes procedentes del Océano Pacífico era de 4 a 10 miligramos/litro; de la región del Mar de Okhotsk, de 6 a 18 miligramos/litro; del Mar Muerto, de 14 a 32 miligramos/litro, y del Mar de Azov, de 22 a 44 miligramos/litro.

Romankevich (1962) ha publicado datos interesantes referentes a la materia orgánica contenida en sedimentos recientes procedentes del fondo del Pacífico Occidental. Encontró que la mayor proporción de materia orgánica se acumulaba en los lodos de diatomeas procedentes de latitudes altas (0,85 por 100). Esta materia orgánica se caracteriza por un alto contenido de ácidos húmicos y por sustancias de fácil hidrolización. Los lodos tropicales de diatomeas tenían un contenido mucho más bajo en materia orgánica. El mínimo era típico de las arcillas rojas abisales, con una falta casi completa de ácidos húmicos y contenido bajo de sustancias de fácil hidrolización y de betunes. Romankevich estima que en las depresiones de Kuriles Kamchatka sólo el 3 ó 4 por 100 de la materia orgánica producida por el fitoplancton alcanza el fondo, a profundidades de 5.000 a 7.000 metros.

Gases hidrocarbureados (sobre todo metano) se conocen en numerosas manifestaciones de sedimentos recientes, y son generalmente atribuidos a la acción microbiana sobre la materia orgánica. Emery y Hoggan (1958) encontraron, en unos sedimentos recientes en California meridional, variedad de gases de hidrocarburos y sustancias volátiles además del metano. Sin embargo, la relación metano-etano era en general mucho más alta que la correspondiente a los gases de los campos petrolíferos, lo que indica que es precisa «una progresión de la diagénesis antes de que los gases de los sedimentos se parezcan a los que existen en los campos petrolíferos».

Beal (1948) ha mencionado repetidamente que se observan manifestaciones de crudos en las áreas del Canal de Ballenas, en el Golfo de California Baja, y piensa que pueden proceder de sedimentos recientes situados en una depresión local del fondo del Golfo. Por otra parte, han sido citadas manifestaciones aceitosas en numerosas localidades, como consecuencia de la remoción de sedimentos recientes durante exploraciones sísmicas en aguas someras.

Glóbulos de crudos densos se observan frecuentemente en las arenas de playas recientes, y en sitios a profundidades situadas a muchos pies bajo la superficie actual, a lo largo de muchas costas modernas oceánicas --costa oriental de América Central, costa oriental de los Estados Unidos, Golfo de Méjico, costa de Australia, y costa de California. Hay buenas razones para creer que muchas de estas manifestaciones son anteriores a la producción comercial y al transporte de petróleos en los océanos. Sin embargo, es po-

sible que representen aceite residual de manifestaciones submarinas que ha sido arrastrado por las corrientes oceánicas y vuelto a depositar a lo largo de las costas. No cabe duda de que algunas indicaciones de categoría menor de aceites en sedimentos más antiguos son igualmente de origen detrítico. La duda acerca de si las manifestaciones de petróleo contenidas en los sedimentos recientes representan aceite detrítico o indígena, puede resolverse a veces por medio de dataciones de carbono-14.

D. *Diferencias entre los hidrocarburos indígenas de sedimentos recientes y el petróleo*

La presencia de manifestaciones de hidrocarburos líquidos indígenas contenidos en los sedimentos recientes ha resultado confirmada por muchos investigadores. Sin embargo, la mayor parte están de acuerdo en que estos hidrocarburos todavía difieren mucho de las asociaciones de hidrocarburos que se encuentran en los aceites crudos y en los sedimentos más viejos, y que, por consiguiente, todavía no pueden verdaderamente ser denominados petróleos.

Stevens, Bray y Evans (1956) señalaron que los hidrocarburos de sedimentos recientes incluyen una mezcla relativamente sencilla de compuestos aromáticos si se los compara con las mezclas complejas que constituyen los aceites crudos. También subrayan que los hidrocarburos n-parafínicos extraídos de los sedimentos recientes mostraban una fuerte predominancia de moléculas con contenido de número impar de átomos de carbono, mientras que no se señalaba tal diferencia en el caso de los aceites crudos. Por lo que se refiere a los sedimentos más antiguos, solamente se nota una ligera preferencia o ninguna (Bray y Evans, 1961).

Sokolov subrayó (en 1958) el hecho de que en los hidrocarburos que proceden de sedimentos recientes faltan los hidrocarburos C_3 a C_{11} , mientras que éstos constituyen cerca de un 50 por 100 de muchos aceites crudos. Dunton y Hunt (1962) han revisado trabajos llevados a cabo por Veber y Turkeltaub (1958), Emery y Hoggan (1958), Erdman y otros (1958) y algunos autores más acerca de este problema, y ellos mismos han analizado numerosos sedimentos recientes y antiguos. Confirman la falta, en los sedimentos recientes, de hidrocarburos de bajos contenidos en carbono, y su presencia, en cambio, en sedimentos más antiguos. Erdman (1961) ha demostrado la falta de hidrocarburos aromáticos de bajo peso molecular en los sedimentos recientes, si se los compara con respecto a los procedentes de sedimentos más antiguos.

Kvenvolden (1962) determinó que los hidrocarburos de los sedimentos recientes de la bahía de San Francisco necesitan la adición de parafinas n de peso molecular intermedio (C_3 hasta C_{13}) y una reducción de la relación entre

el número de moléculas de parafinas n pares e impares para que lleguen a asemejarse a las agrupaciones de parafinas n de los aceites crudos.

Parece evidente que es necesaria una evolución más avanzada de la materia orgánica de los sedimentos recientes, para que, con el tiempo, se forme verdadero petróleo.

E. *Manifestaciones en los suelos*

Stevens, Bray, y Evans (1956), Meinschein (1959) y otros, han identificado en los suelos hidrocarburos estrechamente comparables con los que han sido determinados en los sedimentos recientes de deposición acuifera. También son semejantes a los del petróleo, pero tampoco pueden ser llamados auténticos petróleos.

Al'tovskii, Kuznetsova y Shvets (1958), en su reciente libro han considerado un posible origen para el petróleo a partir de aguas subterráneas de filtración descendente a través de materia orgánica en descomposición contenida en el suelo, hasta llegar a acumularse en estratos acuíferos, y Cate (1960) ha planteado la cuestión de si el petróleo podría ser de origen pedogénico. Sin desdeñar la posibilidad de que parte del petróleo pudiera originarse de este modo, parece muy difícil ver geológicamente en tal fenómeno el origen de los depósitos importantes de petróleo.

F. *Manifestaciones en las aguas*

Investigaciones llevadas a cabo por Buckley, Hocott y Taggart (1958), han mostrado que las aguas que llenan los espacios de poros de las formaciones subsuperficiales en las regiones que rodean el Golfo de Méjico contienen generalmente una proporción detectable de gases hidrocarburoados disueltos (sobre todo metano, pero con proporciones mensurables de etano, propano y butano, cuya presencia también es corriente). Al'tovskii y otros (1958) han suministrado abundantes datos que tienden a mostrar la general presencia de carbono orgánico en las aguas profundas y aguas de formación. Kidwell y Hunt (1958) en su trabajo acerca de los sedimentos recientes en el delta del Orinoco, calcularon un tope superior de hidrocarburos 16 p. p. m. en disolución en las aguas madres. Weeks (1958, p. 58-59), estimó que calculando sólo sobre la base de cinco pies cúbicos por barril, debe haber muchos miles de trillones de pies cúbicos de gases hidrocarburoados en las aguas de formación de las cuencas sedimentarias mundiales, y sugiere que la preponderancia de hidrocarburos en las rocas sedimentarias puede corresponder más bien a gases que a líquidos.

En cualquier caso parece justificar la conclusión de que se encuentra una inmensa cantidad de hidrocarburos en solución o suspensión coloidal en las

aguas terráqueas, tanto superficiales como subsuperficiales. Una manifestación interesante es la del lago Kivu, en el Congo, cuyas aguas están cargadas con una mezcla de metano (22 por 100 en volumen) y de dióxido de carbono (77 por 100 en volumen) en cantidad tal, que se está estudiando la posibilidad de explotar comercialmente las reservas de gas contenidas en estas aguas, estimada en dos trillones de pies cúbicos. Burke (1963) sugiere que estos gases son de origen volcánico, puesto que si fueran de origen biológico sería de esperar que los lagos vecinos de Tanganika y de Nyasa tuvieran también contenido parecido de gas. Tazieff (1963), por otra parte, es partidario de un origen biogénico.

Parece que existen pocos datos acerca del contenido de hidrocarburos en las aguas marinas. Plunkett y Rakestraw (1955) indicaron unos límites extremos de 1-5 mg. de materia orgánica por litro de agua marina; Provasoli (1963) comenta que «las cantidades de carbono orgánico total en los mares abiertos varía de 0,2 a 2,7 mg./l. Se han encontrado valores más altos en muchas áreas marinas interiores: 3,3, en el Mar Muerto; 4,6, en el Báltico; 6, en el Mar de Azov, y 8 en las áreas de albuferas del mar holandés de Wadden». Slowey y otros (1962) mostraron la existencia de 0,4 a 0,5 mg./l. de ácidos grasos en el Golfo de Méjico, y Tatsumoto y otros (1961) encontraron trazas de hasta 13 mg./m³ de aminoácidos en el Golfo de Méjico y en el Caribe.

Lela Jeffrey (1963), a partir de estudios de las aguas marinas procedentes del Sigsbee Deep, menciona «que resulta evidente que hay cientos de compuestos lípidos en las aguas marinas en la proporción de traza, incluidos hidrocarburos, esteroides, ácidos grasos, tri-glicéridos, mono y di-glicéridos, fosfolípidos y otros constituyentes no identificados».

Como consecuencia de la solubilidad relativamente alta del benceno del agua, el contenido bencénico de las aguas de formaciones subsuperficiales ha sido usado como un indicador de proximidad a acumulaciones petrolíferas (Zarrella y otros, 1963).

G. Manifestaciones en las rocas ígneas y metamórficas

Las rocas ígneas y metamórficas se diferencian poco de las demás rocas, en lo que se refiere a su capacidad de porosidad secundaria susceptible de constituir depósitos de petróleo. El petróleo migrante no es muy exigente en lo que se refiere a la litología de las rocas que rodean a los poros grandes, y hay muchos ejemplos de *producción* del petróleo contenido en rocas ígneas y metamórficas fracturadas o meteorizadas, desde el granito en Venezuela Occidental, Marruecos y Kansas; de gabros, en Méjico; de serpentinas, en Cuba y Texas; de pizarras, en California y Marruecos; de ba-

saltos en Washington y California; de andesitas, en Costa Rica; de cuarcitas, en Kansas y Marruecos, etc. Landes (1960) ha enumerado numerosas manifestaciones en rocas de basamento que son productivas.

La lista de todas las *exudaciones e impregnaciones* de crudos en las rocas ígneas y metamórficas llenaría numerosas páginas. Algunos de estos casos han sido mencionados por Powers y otros (1962) y por Van Tuyl y Parker (1941); muchas veces resulta claro que estas manifestaciones se deben meramente al hecho de que la migración a través de esta roca ha sido facilitada o hecha factible por desintegración mediante la acción atmosférica o por fracturación secundaria. Estas manifestaciones tienen poca conexión con el origen del petróleo, como no sea para reforzar la idea de la relación genética existente entre el petróleo y las rocas sedimentarias, puesto que muchas de ellas están cerca de sus contactos con sedimentos, y ninguna de ellas profundiza en regiones de rocas exclusivamente ígneas.

En el caso de manifestaciones de petróleo en vesículas de efusiones volcánicas, diques y sills, y quizá en algunas de las manifestaciones en masas de serpentinas, parece probable que la roca ígnea puede haber jugado un papel en su origen, no suministrando materia madre, sino proporcionando calor que ha destilado del petróleo contenido en los sedimentos adyacentes. Así, en África del Sur se ha encontrado petróleo en venas de doleritas y en amigdalas en las lavas de Drakensberg (Haughton y otros, 1953); al sur de Colorado hay buena prueba de que los diques de basalto han «frito» el petróleo contenido en las formaciones de Niobrara y Pierre (Van Tuyl y Mc Laren, 1932, y Hunt, 1962); la existencia de gotitas de petróleo y de geodas rellenas de alquitrán en los basaltos de la Mesa de Columbia, en Washington, ha sido atribuida a la destilación de la turba de pantanos o de sedimentos lignitíferos (Felts, 1954); en la provincia de Mendoza, Argentina, parece que haya chimeneas de andesita que han originado petróleo a partir de calizas y margas del Mesozoico (Lahee, 1932); se han encontrado betunes en las vesículas marginales de efusiones y sills de diabasas del grupo triásico de Newark, en el este de los Estados Unidos; en Escocia hay cuerpos volcánicos e intrusiones de doleritas que han producido abundante petróleo procedente de pizarras bituminosas; en el campo de Ragusa, en Sicilia, se ha encontrado petróleo en la zona marginal de un gabro intrusivo; en diversas partes del Brasil se encuentra petróleo en venas y diques de basalto; y se han descrito muchos otros ejemplos por todo el mundo.

Por lo general, se observa una falta de estudio adecuadamente detallado acerca de la eficacia cuantitativa de las intrusiones y efusiones de material ígneo y de su capacidad para destilar el petróleo contenido en los sedimentos adyacentes. Sin embargo, John Hunt (1962) ha demostrado de una manera concluyente, por medio del análisis de muestras de pizarras tomadas cerca de diques ígneos en Colorado meridional y en África del Sur, «que la ma-

teria orgánica de los sedimentos se descompone térmicamente y origina hidrocarburos similares a los encontrados en el petróleo crudo». Por lo que se refiere a la región de Colorado meridional, un análisis llevado a cabo sobre series de muestras de margas próximas a diques, tomadas a unas pocas pulgadas del contacto, mostraba un contenido orgánico total muy bajo, que se elevaba rápidamente a un nivel medio relativamente constante a partir de una distancia de tres pies. Hidrocarburos «libres», que comienzan a aparecer en contenidos bajos cerca de los diques, se elevan a un máximo a los dos o tres pies de distancia, para descender después a un nivel promedio. Llega a la conclusión de que los hidrocarburos fueron producidos por destilación de la marga próxima a los diques en la época de la intrusión, pero debido a la baja permeabilidad de las margas no pudieron llegar muy lejos. Obtuvieron resultados similares a partir del análisis de las pizarras del Karroo, en la vecindad de una vena de dolerita de África del Sur. En ambos casos vale la pena observar que, aunque los efectos de destilación de la intrusión fueron muy claros, su influencia solamente alcanzó a unos pocos pies dentro de las margas adyacentes.

En contraste con estas manifestaciones de petróleo contenidas dentro o estrechamente asociadas a rocas ígneas o metamórficas, cuyo origen parece encontrarse claramente en los sedimentos adyacentes, se dan casos de existencia de hidrocarburos y sustancias similares a petróleo en rocas ígneas, bajo circunstancias que sugieren marcadamente un origen directo en el magma ígneo, o al menos en soluciones hidrotermales. Hidrocarburos sólidos (zucolitas, huminitas, etc.), que contienen cantidades apreciables de uranio, se conocen procedentes de los gneis, granitos y micacitas arcaicas en los skarn férricos y pegmatitas de Suecia; en pegmatitas de Canadá, Carelia y Japón; en las minas de oro de África del Sur, Canadá y Australia, y en filones minerales en la Isla de Man (Davidson y Bowie, 1951). Dons (1956) describió numerosos depósitos de hidrocarburos uraníferos en Noruega, que cree que son de origen hidrotermal. El tan conocido dique de dolerita petrolífera, comprendido en las rocas metamórficas precambrianas de Arendal, en Noruega meridional, ha sido recientemente estudiado por Evans y otros (1963), y llegan a la conclusión de que «éste podría ser un ejemplo de petróleo que ha sido formado de una roca ígnea como consecuencia de una reacción entre monóxido de carbono e hidrógeno». Pratt (1961) llamó la atención sobre las masas de petróleo sólido existentes en las rocas ígneo-metamórficas del basamento en Nuevo Méjico septentrional. La dolerita ha sido conocida desde hace tiempo en venas en las minas de plomo de Derbyshire, Inglaterra, pero Mueller (1954) consideró que este material bituminoso debe haber tenido primariamente origen biogénico.

Davidson y Bowie (1951) citaron manifestaciones de gas inflamable, metano, procedente de las minas de hierro en Suecia y en el Witwatersrand, y se

conocen diversas noticias de gas metano procedentes de las rocas de basamento del Escudo Canadiense. Se ha mencionado también el metano frecuentemente como un constituyente de los gases volcánicos. Sin embargo, White y Waring (1963) han revisado 300 análisis químicos de gases volcánicos y señalan que el CH_4 no se menciona corrientemente y que, cuando se encuentra, rara vez excede del 1 por 100. Subrayan el carácter errático de estas manifestaciones y señalan como consecuencia que el origen volcánico es dudoso. Por otra parte, Tazieff (1963) menciona numerosas manifestaciones de metano contenidas en los gases volcánicos y en lavas.

Petersil'ye (1962) ha informado que el metano y los hidrocarburos más altos (etano, butano, propano, etc.) aparecen diseminados en las rocas ígneas del macizo de Khibina en la península de Kola, U. R. S. S. Llegó a la conclusión de «que no se encontraron gases hidrocarbonados ni betunes de petróleo en las rocas intruidas por el plutón de Khibina. Así es que un examen de las circunstancias geológicas y de la composición de los gases de hidrocarburos y betunes contenidos en las rocas alcalinas del macizo nos lleva a la conclusión de que los gases son singenéticos con las rocas». Goguel (1963) también encuentra metano y trazas de hidrocarburos de más alto grado en los granitos y pegmatitas de Europa Central. A este respecto debe señalarse el ataque vigoroso, si bien poco eficaz, contra el origen orgánico del petróleo lanzado por Kropotkin (1960), y más recientemente por Kudryatsev y otros (véase Teodorovich, 1962 y Kudryatsev, 1963. También *Int. Geol. Review*, junio 1963, págs. 752-754).

Wilson (1962), Mueller (1962, 1963), y Sylvester-Bradley y King (1963), han pasado revista recientemente a los argumentos en pro y en contra de un origen no bioquímico del petróleo, y el último de estos autores ha discutido especialmente las pruebas procedentes de manifestaciones en Inglaterra. Sir Robert Robinson (1963) advoca un «origen duplex» para el petróleo, los petróleos más jóvenes serían biogénicos y los más viejos abiogénicos.

Los datos publicados, si se toman en su valor literal, parecen indicar realmente que algunos hidrocarburos de tipo petróleo y de manifestaciones más bien poco corrientes, pueden haber tenido un origen inorgánico, pero yo no conozco prueba sustancial alguna de que cantidades apreciables de petróleo líquido comercial hayan tenido su origen de esta manera. Los proponentes del origen abiogénico del petróleo parecen olvidar la preponderancia de las pruebas de carácter geológico y químico en sentido contrario.

II. Manifestaciones extraterrestres de hidrocarburos

Los elementos componentes del petróleo son, desde luego, corrientes en todo el sistema solar, y observaciones espectroscópicas han demostrado la presencia de hidrocarburos (metano) en las atmósferas de Júpiter, Saturno,

Urano y Neptuno. La posibilidad de que hidrocarburos de composición molecular alta hayan tenido su origen por condensación a partir de gases sencillos existentes en los cuerpos celestes, mediante efectos de radiación, calentamiento y otros agentes, ha sido subrayado en una publicación reciente por G. Mueller (1963).

Mueller especula acerca de las condiciones que favorecen la formación de los hidrocarburos abiogénicos en los diversos planetas y la posibilidad de que lleguen a convertirse secundariamente en sustancias tipo petróleo, bien biogénicamente o de otra manera. Piensa que «es posible que los mejores depósitos de petróleo puedan ser encontrados en los cuerpos celestes cuando son lo suficientemente pequeños y fríos, como para poder retener mucho CH_4 , pero no H_2 ». Sugiere que «el satélite Titano, de Saturno, sería el candidato más probable para los depósitos más abundantes de petróleo y de mejor calidad. Sin embargo, si se toma en consideración la eficacia probable de los procesos secundarios (sobre todo, la acción de los organismos vivos) en la producción de petróleo a partir de hidrocarburos primarios, considera que el orden de preferencia es Venus, Marte, la Luna y Mercurio».

Mueller discute también el caso de unos 25 meteoritos en los que se ha señalado la presencia de hidrocarburos. Encuentra, que se parecen a aquellos de la Tierra para los cuales se ha postulado un origen abiogénico juvenil y magmático —las zucolitas, huminitas, etc.—, más que a las sustancias biogénicas, incluido el petróleo.

Wilson (1962) ha sugerido que las marías de la Luna pueden estar compuestas de coque de petróleo.

III. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DEL PETRÓLEO

La existencia del petróleo es conocida en todos los continentes (con la posible excepción, por el momento, de la Antártida).

Además y con esta excepción, se conoce en cantidades comerciales en todos los continentes. Por consiguiente, las condiciones necesarias para su génesis se dieron con alcance mundial. No ha sido descubierto hasta ahora petróleo en cantidades comerciales en los océanos abiertos alejados de las plataformas continentales, pero tampoco se ha investigado mucho para ese objeto en tales zonas.

Aunque manifestaciones de petróleo en cantidades poco importantes son conocidas por toda la faz de la Tierra y en todos sus sedimentos, las acumulaciones de categoría comercial resultan extremadamente localizadas. Por consiguiente, las condiciones y circunstancias favorables para el establecimiento de la combinación de procesos, génesis en gran escala, conservación en gran escala y acumulación en gran escala, han tenido que ser muy selectivas y

exigentes desde el punto de vista geográfico (Hedberg, 1954; Perrodon, 1961).

Además, incluso las diminutas áreas de acumulación prolífica aparecen confinadas en su mayor parte a determinados cinturones geográficos de carácter restringido. Los principales entre éstos son: 1) La región del Tetis de Eurasia, de orientación este-oeste, que incluye las más importantes áreas de campos petrolíferos de Indonesia, Este Medio, Cáucaso-Caspio y Norte de África; y 2) El cinturón, dirigido de norte a sur, que flanquea las cordilleras americanas por ambos lados, e incluye las áreas de campos petrolíferos importantes del Canadá, Rocosas, California, región del Mid Continent, Golfo de Méjico, Venezuela, Colombia, Perú y Argentina. Otras regiones importantes, fuera de estos cinturones, incluyen los Estados Unidos orientales y centrales, partes de Europa, y las cuencas adyacentes a los Urales, en la U. R. S. S. Un cinturón, situado a lo largo de la costa occidental de África, desde Nigeria hasta Angola, ofrece promesas y desde luego es posible que se desarrollen otras regiones y que puedan resultar importantes, conforme continúa la explotación.

Estos mismos hechos se expresan de una manera ligeramente diferente en el comentario de Weeks (1961) acerca de la concentración del petróleo alrededor de lo que denomina «polos de petróleo» —Medio Oeste y las regiones del Golfo y Caribe—. En cualquier caso resulta claro que la acumulación comercial del petróleo está repartida muy desigualmente sobre la superficie de la Tierra: y que cerca de dos tercios de todo el petróleo conocido se concentra en un área relativamente pequeña del Medio Este.

IV. DISTRIBUCIÓN CON RESPECTO A LA EDAD GEOLÓGICA

El petróleo se presenta en rocas de todas las edades, desde el Precámbrico hasta el Pleistoceno inclusive, y hay pruebas sobradas de que parte se presenta *in situ*, en rocas de todas estas edades, de las que procede primariamente. Sin embargo, Weeks (1961, pág. 5-2) ha afirmado que «la mitad superior del Terciario ha suministrado hasta los momentos actuales por encima del 35 por 100 del petróleo encontrado en el mundo» e igualmente dice (1963, pág. 42) que el 87 por 100 de las reservas de petróleo y gas mundiales están contenidas en sedimentos mesozoicos-terciarios. Knebel y Rodríguez (1956) muestran que, por lo que se refiere a los 236 campos de petróleo más importantes en el mundo libre, un 38,2 por 100 procede del Terciario (70 millones de años de duración), 52,7 por 100 del Mesozoico (150 millones de años) y sólo 9.1 por 100 del Paleozoico (380 millones de años). La variación en las

capacidades de producción de las diversas unidades individuales de tiempo dentro de estas eras es considerable, pero, en general, puede decirse que el petróleo resulta tanto más abundante cuanto más jóvenes son los períodos geológicos. Esto era de esperar, si bien sólo sea por razones de su mejor capacidad de supervivencia a través de las vicisitudes geológicas, pero hay probablemente, además, alguna razón en relación de causa con respecto a su origen.

La existencia de trazas de hidrocarburos, aparentemente indígenas, en períodos tan alejados en el tiempo como lo son los del Precambriano, ha quedado establecido ahora con toda seguridad y está de acuerdo con otras pruebas de la existencia de organismos vivientes en el Precambriano. Carlson (1932) describió manifestaciones de betunes en la formación de Nonesuch de Keweenaw, en Michigan septentrional. Abelson (citado por Barghoorn, 1957) identificó 8 aminoácidos procedentes del pedernal de Gunflint en el Precambriano de la región del Lago Superior. Swain y otros (1958) han extraído betunes procedentes de diversas formaciones precambrianas de Minnesota; Brown (1932) ha informado acerca de manifestaciones de gas inflamable (59,1 por 100 de metano, 0,7 de etano) en vesículas y fracturas en la caliza precambriana de Grenville de una mina de zinc en el condado de San Lorenzo, Nueva York; Harrington y Cilliers (1963) informan que «petróleos» de carácter aparentemente indígena han sido extraídos de las rocas ferríferas fajeadas del Precambriano del Sistema del Transvaal, en Sudáfrica, cuya edad es por lo menos de 1.950 millones de años, y llegan a la conclusión de que procedía de organismos precámbricos primitivos. Siller, Murray, Hopkins y Mc Naughton (1963) han presentado pruebas de un flujo, aparentemente indígena, de gas de «petróleo» procedente de calizas proterozoicas de la formación Pertatataka en el sondeo Ooraminna-1, de Australia Central, y mencionan que algunos testigos de esta formación presentan pequeñas cantidades de hidrocarburos. Por el otro lado de la columna, en las épocas más recientes, todavía se pensaba hace pocos años que no se había formado ningún petróleo desde finales del Plioceno. Ahora tenemos aceites de tipo petróleo en los sedimentos de la formación Pedernales (Kidwell y Hunt, 1958), cuya edad se estima en 14.000 años. Además ahora es de aceptación universal que tenemos producciones comerciales de petróleo, probablemente indígena, procedentes del Pleistoceno de la costa del Golfo de Louisiana (Atwater, 1959; Andrews y Stipe, 1961, y comunicaciones orales de muchos geólogos de la costa del Golfo, se han obtenido muestras de aceites, probablemente indígenas, en el Pleistoceno de la cuenca de Ventura, en California (Andrews y Stipe, 1961). Las pruebas que se van reuniendo parecerían indicar que no hay razón por la cual no habría petróleo *pleistoceno* y que la escasez de noticias de estos hechos puede ser debida principalmente a la dificultad de observación resultante de la falta de condiciones geológicas favorables para

su acumulación en las áreas en que actualmente se perfora en los continentes. Parece probable que se descubrirá mucho más petróleo pleistoceno conforme avance la exploración por sondeos en las plataformas continentales.

V. DISTRIBUCIÓN CON RESPECTO A LA PROFUNDIDAD, PRESIÓN Y TEMPERATURA

Se ha encontrado petróleo desde la superficie hasta 25.000 pies de profundidad y a temperaturas tan altas como los 170° C. La producción comercial corriente se extiende desde algunos pocos cientos de pies hasta la profundidad de 20.752, a la cual se produce gas en la formación de Ellenburg en el condado de Pecos, en Tejas. Hay pocas razones para dudar que el petróleo pueda existir a profundidades mucho mayores. Aunque la presión del recubrimiento a la profundidad de 20.000 pies es del orden de 20.000 psi, el petróleo contenido en capas con espacio competente de poros está por lo general por debajo de la presión hidrostática, que a los 20.000 pies sería sólo de 9.000 psi. Sin embargo, en margas u otras rocas con espacios incompetentes de poros debe esperarse que las presiones de fluido se acerquen mucho más a la presión de la carga de recubrimiento.

Sólo una proporción muy pequeña del petróleo mundial ha sido encontrada por encima del nivel del mar. Y no es cuestión de profundidad o de presión de sobrecarga, sino más bien consecuencia de que las condiciones hidrodinámicas son menos favorables para la conservación de los almacenamientos de petróleo en depósitos que hayan sido elevados hasta esas alturas.

Ha habido producción de petróleo a temperatura de 150° C en el campo de Wasco, en California, y en el de West Poison Spider, en Wyoming, a la profundidad de 15.000 pies (Parker, 1954), y en el campo de Roble, de Venezuela, a la profundidad de 11.000 pies. Se registraron temperaturas de 165° C en el fondo del sondeo Pato-2, en Venezuela Oriental, en relación con la investigación de depósitos de petróleo. Tkhostov (1960) habla de temperaturas de 160°-180° C a 3.400-3.800 metros en los campos de petróleo del área de Stavropol. Estas son las temperaturas máximas, y parece probable que en muchos de los yacimientos importantes de petróleo y en sus rocas madres nunca haya excedido de los 100° C.

VI. DISTRIBUCIÓN CON RESPECTO AL AMBIENTE GEOTECTÓNICO

Hemos llamado la atención acerca de la forma en que se encuentran concentradas las acumulaciones importantes de petróleo en unos pocos cinturones anchos, y constituyen los ejemplos más importantes los cinturones Tético y de la Cordillera americana. En estos cinturones ha habido, y resulta

especialmente claro por lo que se refiere al Mesozoico y al Terciario, un juego complicado y mutuo de hundimiento, deposición, elevación y erosión, que ha dado origen a numerosas depresiones locales rellenas de sedimentos, en las que no sólo parece que se haya acumulado la mayor parte de nuestro petróleo, sino en las que además ha tenido probablemente también su origen. Características favorables de este ambiente geotécnico, más bien móvil, pueden haber sido las depresiones con deposición local, las acumulaciones gruesas de sedimento, las condiciones favorables para una vida abundante, la circulación de aguas de deposición ricas en materiales nutritivos, las evaporitas, la proximidad de deposición con respecto a las líneas costeras, las discordancias, los hundimientos tectónicos profundos, la complejidad estructural, etc.

Muchas de estas cuencas deposicionales, alzadas después, muestran la forma clásica geosinclinal con un flanco amplio de suave inclinación adyacente a las áreas de viejos escudos, opuesto a un flanco de compleja deformación donde se han alzado las cadenas de montañas a lo largo de las localizaciones de la sedimentación más potente. El flanco del geosinclinal estable, o moderadamente móvil, parece haber sido más favorable para la conservación del petróleo, que el lado más móvil. Knebel y Rodríguez (1956) en sus análisis de los 236 campos de petróleo más importantes muestran que, con respecto a la cuenca original de deposición, 88,2 por 100 del petróleo descubierto estaba en el flanco relativamente estable, y sólo 11,8 por 100 en el lado más móvil. Con respecto a la cuenca estructural subsiguiente (después de la elevación), 47,9 por 100 del petróleo estaba en el flanco más estable y 37,8 por 100 en el flanco más móvil.

Bitterli (1963) ha investigado el contenido en materia orgánica en muestras procedentes de muchas formaciones diferentes de Europa Occidental, y ha llegado a la conclusión que «parece que han sido creadas a menudo situaciones favorables para la formación de series bituminosas en los momentos cruciales paleográficos (orogénesis, epirogénesis u oscilaciones eustáticas) que tienen como consecuencia transgresiones o regresiones y fueron seguidas por circunstancias de estancamiento o anaerobias».

Levorsen (1934, 1954), Weeks (1958) y muchos otros han subrayado la importancia de las discordancias con respecto a la acumulación del petróleo. Su papel en el origen del petróleo consiste probablemente en suministrar las vías de migración en la época apropiada, así como las trampas de depósitos para los petróleos recién generados.

Rainwater (1963) subraya la importancia del ambiente deltaico. «Las circunstancias que verdaderamente tienen importancia para la formación del petróleo son el hundimiento y la sedimentación rápidas, y la gran productividad orgánica. Los deltas grandes son, y han sido, los ámbitos de acumulación orgánica prolífica. Las corrientes de agua suministran a sus deltas cantida-

des tremendas de materia orgánica, en suspensión y en disolución, y también grandes cantidades de materiales nutritivos de los cuales se alimentan los organismos microscópicos del área prodelta. La sedimentación rápida en este ambiente preserva gran parte del material orgánico, que se convierte prontamente, después de ser enterrado, en petróleo. Muchos cuerpos arenosos, porosos y discontinuos, quedan depositados en y alrededor de los deltas, de manera que hay trampas estratigráficas siempre dispuestas para recibir el petróleo y el gas conforme se van formando. También se desarrollan estructuras tales como «fallas de crecimiento» (resbalamientos locales en dirección al mar de los depósitos de la margen del delta), se facilita el crecimiento de los diapiros, debido a la rápida sedimentación, si es que hay series gruesas de sales o de arcillas plásticas prodeltaicas, subyacentes en el área.»

Los estratos generadores de petróleo de muchos de los campos más importantes mundiales de petróleo pueden ser relacionados con cuencas o surcos donde se desarrollaron concomitantemente un hundimiento prolongado y la rápida acumulación de sedimentos de grano fino, adyacentes a masas continentales importantes, por un lado, y separados por el otro lado del océano abierto, por lo menos en parte o intermitentemente, por una barrera de carácter tectónico, volcánico, o de crecimiento arrecifal. La pasada existencia de una barrera queda sugerida en algunos casos sólo por la presencia de evaporitas en el corte estratigráfico. En otros casos, la margen exterior del surco lleno de sedimentos, o de la depresión sedimentaria, puede no haberse manifestado nunca como una barrera opuesta a la sedimentación y puede acusarse actualmente sólo como una elevación estructural que separa los estratos de la cuenca de las zonas oceánicas profundas. En cualquier caso, es difícil pensar que un campo petrolífero importante, cenozoico o mesozoico, situado en la margen de un continente, no estuviera contenido por tal tipo de barrera en dirección al océano. Esta disposición se aprecia en el Golfo Pérsico, en la cuenca de Maracaibo, en el «buñuelo» de hundimiento que rodea la fosa de Sigsbee en el Golfo de Méjico, en la región costera occidental de Africa, y en muchos otros sitios. Conocemos muy pocos campos de petróleo importantes que se hayan formado en una sábana sencillamente isoclinal de sedimentos extendida desde la margen continental hasta las profundidades oceánicas.

VII. ESCENARIO SEDIMENTARIO APROPIADO PARA LA GÉNESIS DEL PETRÓLEO

A. Producción abundante de materia orgánica del tipo apropiado

Requisito para la génesis del petróleo en cantidades comerciales ha tenido que ser la existencia de un ambiente deposicional favorable a la acumulación de abundante materia orgánica de naturaleza apropiada, bajo condicio-

nes que permitan su transformación biogenética hasta convertirse en petróleo y su conservación subsecuente. Qué clases de materia orgánica hayan sido las más apropiadas para la generación del petróleo, es todavía objeto de bastante discusión (ver particularmente, Hanson (1960) págs. 235-239, que expone unas consideraciones acertadas acerca de la naturaleza del material original).

Las trazas de petróleo, probablemente indígenas, que existen en el Proterozoico (Precámbrico superior), sugieren que los restos de aquellas formas biológicamente primitivas (pero no necesariamente de composición química sencilla) eran adecuadas para producir algo de petróleo. Sin embargo, se conocen abundantes yacimientos de petróleos indígenas en las eras paleozoica y posteriores, cuando se disponía ya de abundante variedad de formas de vida, suministradoras de posible material orgánico. Si este material primario haya sido predominantemente animal o vegetal, marítimo o terrestre, es materia todavía sujeta a discusión.

La existencia de petróleo abundante indígena en rocas de edad paleozoica temprana, antes del advenimiento de las plantas y animales terrestres abundantes, indica claramente que los restos de organismos terrestres no eran forzosamente necesarios para la génesis de todo el petróleo. Sin embargo, debemos reconocer que las plantas terrestres constituyen un suministro extremadamente abundante de materia orgánica en los tiempos actuales, e indudablemente lo fueron también a través del pasado geológico, desde el Paleozoico medio en adelante. Por su composición, que consiste predominantemente en lignina y carbohidratos, parece materia prima aún muy alejada del petróleo, y todos los elementos de juicio parecen indicar que la vegetación terráquea tuvo como resultado dominante la constitución de depósitos de lignitos y carbones. Al mismo tiempo, como ha sido señalado de nuevo recientemente por Corbett (1955), gran cantidad de materia orgánica de origen vegetal es transportada anualmente a los mares, lagos y otros cuerpos permanentes de aguas, en disolución, bajo la forma de ácido húmico coloidal o como complejos arcilloso-orgánicos. No parece que haya razón geológica por la cual gran parte de este material no haya contribuido al material orgánico madre del petróleo, si es que tales compuestos orgánicos pueden ser considerados químicamente aceptables. Corbett (1955) y otros han llamado la atención hacia el hecho de que los periodos Carbonífero, Cretáceo y Terciario, en que la vida vegetal era extraordinariamente abundante en la Tierra, han sido también unos abastecedores sobresalientes de petróleo al suministro mundial. Erdman (1964), señala que los «lignitos, carbones bituminosos, canel y las pizarras bituminosas contienen más material afín al petróleo, kilogramo por kilogramo, que el que se encuentra en las más ricas margas marinas», incluso aunque la relación de materiales de tipo petróleo, al contenido de materia orgánica total pueda ser más reducida.

Banks (1959) sugiere que es importante, desde el punto de vista genético, la íntima relación existente entre la abundancia cuantitativa del petróleo y la abundancia cuantitativa del carbón, para determinados intervalos estratégicos, en la formación Oficina de Venezuela oriental. Encuentra que en esa formación, tanto el petróleo como el carbón son más abundantes en los intervalos menos marinos, de agua entre dulce y salobre.

Lovely (1946, págs. 1.452-1.453) menciona que «se ha obtenido cantidad de petróleo crudo en algunas localidades, procedente de las formaciones carboníferas del Hullero medio, en casi todos los campos hulleros de Inglaterra, con la excepción de los de Northumberland y Durham». Este petróleo está en relación, al parecer, con fallas de menor categoría en las labores mineras, y no se presenta impregnando normalmente areniscas. Según Lovely «hay suficientes razones para pensar, por consiguiente, que estas manifestaciones son indígenas a las formaciones hulleras, y se han constituido *in situ* con escasa migración subsecuente, excepto la que haya podido tener lugar a lo largo de los planos de fractura».

Patijn (1964) atribuye el gas contenido en los depósitos permianos del gran campo de gas de Slochteren, del noreste de Holanda, al calentamiento originado por el profundo enterramiento de los carbones de las formaciones hulleras infrayacentes. Este gas contiene más o menos 81,3 por 100 de metano, 14,4 por 100 de nitrógeno y 3,5 por 100 de hidrocarburos más altos.

Es interesante que Eckelmann y otros (1962) encuentren que las proporciones de isótopos del carbono para los sedimentos que contienen materia orgánica derivada de materiales terrígenos se aproximen más a los petróleos crudos que no los que proceden de materia orgánica marina, y de esta manera encuentra apoyo la información previa suministrada por Rankama (1948), quien mostró, en lo referente a esta proporción, una mayor coincidencia con respecto al petróleo en los carbones de origen vegetal que en los carbones de origen animal. Por el contrario, Breger y Brown (1962) llegan a la conclusión de que las margas de Chattanooga, que contienen por lo menos un 25 por 100 de materia orgánica, no son rocas madres de petróleo, porque su contenido orgánico está constituido en mucha mayor medida por material húmico de origen terrestre, en detrimento del material sapropélico de origen marino con contenido más alto en hidrógeno.

En contraste con la vegetación terrestre, la vida acuática sencilla se remonta muy atrás en el Precambriano, y las partes blandas de diversos animales y plantas planctónicas, tales como algas (incluyendo en tiempos posteriores las diatomeas), bacterias y otras varias formas, suministran al parecer un porcentaje mucho mayor de compuestos orgánicos más afines al petróleo. Tal vida acuática se desarrolla prolíficamente en los ambientes que parece que hayan estado asociados a la mayor parte de los depósitos de petróleo importantes y podrían también afrontar las exigencias requeridas para

ser consideradas como su material de origen desde el punto de vista cuantitativo. Brongersma-Sanders (1951) ha subrayado el impresionante desarrollo local de abundante plancton en aquellas áreas caracterizadas por aguas oceánicas ascendentes, ricas en materiales nutritivos. Parece que tanto geológica como científicamente, tanto la vida acuática vegetal como animal, ofrecen el material primario más prometedor para el conjunto de nuestro petróleo, aunque este origen pueda haber sido suplementado en mayor o menor grado, en determinados casos, por materia continental terrígena en estado coloidal, disuelta, o por materia orgánica asociada con arcillas transportadas por los cursos de agua.

Aunque se ha afirmado que casi todos los organismos vivos contienen en alguna medida hidrocarburos, parece, según Hanson (1959), que no pueden representar directamente los únicos constituyentes del petróleo, sino que tienen que haber sido suplementados por otros hidrocarburos, de desarrollo secundario. Considera que el origen más atractivo de estos últimos productos, debe estar constituido por «materiales grasos incluidos por los pigmentos polienos, y las proteínas» (1).

Algunos han considerado que la cuestión de la naturaleza de la materia orgánica primaria en los sedimentos es de poca importancia con respecto a la génesis del petróleo, y que es su ambiente diagenético lo que verdaderamente tiene trascendencia (Krejci-Graf, 1963). Sin embargo, la mayor semejanza de proporciones C^{13}/C^{12} en los petróleos, con respecto a las de determinados tipos de materia orgánica, sugiere que el hecho de que el material primario sea apropiado constituye también un factor interesante. Por otra parte, la falta de diferencias marcadas que presentan los petróleos a lo largo del transcurso de los tiempos geológicos, parece indicar que el tipo de materia orgánica no era de importancia.

Es necesaria, sin duda, una determinada concentración cuantitativa de materia orgánica apropiada para que se constituya una roca madre eficaz. La materia orgánica es relativamente más abundante en las aguas depositadoras de sedimentos situados en la vecindad de los continentes, que en las más in-

(1) Como oposición suplementaria a la idea, antes prevalente, de que el petróleo podría ser resultado de una mera acumulación de productos generados en organismos vivos tenemos la siguiente afirmación reciente de Erdman (1964): «Un estudio de la literatura acerca de productos naturales muestra que los organismos vivos no sintetizan, o, por lo menos, no suelen sintetizar corrientemente, determinados compuestos o familias de compuestos abundantes en el petróleo, en la materia orgánica de rocas madres, y posiblemente en otros betunes fósiles. Un grupo comprende el etano, propano, los butanos y los exanos de las series parafínicas. Otro grupo está constituido por miembros de las series bencénicas de sustitución alquímica por debajo del cymeno y de los miembros más bajos de las series naftalénicas, incluyendo los compuestos de origen, benceno y naftaleno. Todavía otras están constituidas por los hidrocarburos aromáticos polinucleares, antraceno, fenantreno y perileno. Finalmente, tenemos la enorme cantidad de material que ha sido definida como asfáltica».

ternas en el mar, tanto como consecuencia de la mayor proximidad de aquellas a las procedencias de la vegetación terrestre, como también porque los materiales nutritivos, alimentadores de abundante vida marina, son por lo general más abundantes relativamente cerca de la costa que en medio del mar. Schrayner y Zarrella (1963) han encontrado que las manifestaciones petrolíferas del Cretáceo Inferior de Wyoming denotan determinada relación con respecto a las áreas de máximo contenido orgánico en la marga de Mowry y han llamado la atención acerca de la sugerencia hecha por Ronov (1958) de que es necesario un cierto contenido mínimo de carbono orgánico (entre 0.4 y 1.4 por 100) para el desarrollo de cantidades de petróleo susceptible de explotación económica. Hedberg, Sass y Funkhouser (1947) señalan la falta de petróleo en la formación Freites de Venezuela oriental, con respecto a la formación Oficina, tan semejante, y la atribuyen a la ausencia de materia carbonácea en las margas de Freites si se compara con la abundancia de materia carbonácea, finamente dividida, de las margas de Oficina.

B. *Circunstancias favorables para la conservación del material primario y del petróleo*

I. *Ambiente reductor.*

Puesto que la materia orgánica (y particularmente las clorofilas), así como el petróleo mismo, son destruidos rápidamente en presencia de oxígeno abundante, la existencia de un ambiente reductor parece constituir una necesidad primordial para la génesis del petróleo. Aquí de nuevo, las acumulaciones permanentes de agua —mares, golfos, bahías, estuarios, albuferas, lagos— no sólo ofrecen los mejores materiales primarios de la índole más favorable de materia orgánica cruda —plancton acuático—, sino que también ofrecen las mejores circunstancias en sus fondos, favorecedoras de las condiciones reductoras bajo las cuales esta materia orgánica puede ser considerada.

La materia orgánica que se acumula en la tierra firme tiene muy pocas probabilidades de conservación permanente, excepto para las partes que son arrastradas por las corrientes temporales de agua hasta las corrientes permanentes, o que se filtran descendiendo en disolución a través de los suelos, hasta llegar a las formaciones subsuperficiales, o que se acumulan en las marismas próximas al nivel del mar. *Geológicamente* hablando, no parece que haya razón por la cual tal materia vegetal, transportada al mar, o a los lagos, por cursos de agua en una u otra forma, no pueda haber contribuido al material primario de algunos yacimientos de petróleo, en el caso de que tal material sea aceptable *químicamente* hablando. Por otra parte, me parece que hay poca probabilidad de que el agua que se filtra a través de los suelos,

y que llega a alcanzar las formaciones subsuperficiales, pueda haber producido ninguna proporción apreciable de nuestro petróleo comercial. Ni tampoco creo que la materia vegetal, enterrada bajo forma de depósito de marisma o de pantano, produjera mucho crudo comercial, excepto, quizá, bajo circunstancias muy extraordinarias, puesto que parece que normalmente haya suministrado, sobre todo, turba o carbón, que han retenido los hidrocarburos líquidos que pudieran generarse, aunque es posible que suministrase abundante gas hidrocarburado.

El registro geológico muestra que han existido mares, lagunas, estuarios y lagos similares a los de los tiempos actuales en todas las épocas del pasado geológico. Por lo que conocemos de las circunstancias presentes, sabemos que las depresiones cerradas y los senos profundos en las masas de agua en que la circulación de fondo resulta seriamente restringida o impedida, ofrecen grandes posibilidades reductoras. Semejantes áreas «muertas», subacuáticas, han debido existir en el pasado y deberán haber constituido ambientes favorables para la génesis del petróleo.

Además Brongersma-Sanders (1951) ha señalado muy acertadamente que no es necesaria la existencia de aguas estancadas para que dominen condiciones reductoras en el fondo, puesto que el desarrollo excesivo de placton (condiciones hipertróficas) puede por sí mismo producir circunstancias reductoras en los fondos favorables a la conservación de sedimentos orgánicos, tanto en ambientes marinos, como en aguas dulces y lagos. De esta manera la posible existencia de un ambiente favorable para la génesis del petróleo no queda de ninguna manera limitada a los senos estancados, sino que puede también haberse presentado frecuentemente en aguas más abiertas, en las que floreciese abundante vida planctónica, debido a la abundancia local de elementos nutritivos originados por inundaciones o afluencias fluviales, y pudiera haber creado sus propias condiciones reductoras en los fondos.

Bramlette (1946) ha señalado que «la laminación fina, u otra clase cualquiera de delgada estratificación rítmica, puede... constituir una característica corriente de las capas madres del petróleo, puesto que las condiciones que permitieron la formación de tales características y su conservación, son las que favorecerían la acumulación de cantidades poco corrientes de materia orgánica», bajo circunstancias adecuadas para su conservación.

Cate (1960) afirma que también los suelos «suministran con frecuencia un ambiente que se aproxima al que ofrecen las circunstancias normales de reducción marina postuladas para la génesis del petróleo». Sin embargo, parece que deba haber obstáculos formidables para la conservación y almacenamiento de petróleos originados en suelos.

2. Ausencia de organismos destructivos.

Gran parte de la materia orgánica producida por plantas fotosintéticas es consumida por otras plantas y animales; de aquí que no se conserve permanentemente ni se convierta en petróleo. Consecuentemente, todo ambiente suministrador de materia prima debería estar caracterizado por la falta de abundante vida aeróbica y en el que existiesen solamente organismos cuyos procesos vitales pudieran contribuir a la conversión de la materia orgánica en el sentido del petróleo. Estas exigencias quedarían implicadas por aquellos fondos acuíferos reductores habitados exclusivamente por microorganismos anaerobios. La abundancia de fósiles bentónicos en rocas sedimentarias podrían sugerir un ambiente desfavorable para la génesis o conservación de los hidrocarburos. Por el contrario, una concentración de fósiles planctónicos, con exclusión de las formas bentónicas, parecería favorable.

3. Deposición activa de sedimentos de grano fino.

La deposición de sedimentos inorgánicos de grano fino parece que tenga que ser una circunstancia esencial para la génesis de cantidades sustanciales de petróleo. Las aguas relativamente tranquilas que favorecen la sedimentación de partículas inorgánicas finas, favorecen también la deposición de materia orgánica. El sedimento inorgánico de grano fino suministra una cobertura protectora para la conservación de la materia orgánica al impedir la putrefacción drástica, y suministra además una matriz rica en agua en cuyo seno puede desarrollarse la diagénesis de la materia orgánica diseminada. Finalmente, el sedimento de grano fino con sus aguas intersticiales, suministra también el medio mediante el cual el petróleo generado puede ser expelido durante el transcurso de la compacción hasta alcanzar los lechos de depósito.

La deposición rápida de sedimentos inorgánicos de grano fino ha sido subrayada frecuentemente como constitutiva de un factor particularmente favorable. La deposición rápida supone un rápido enterramiento y, consecuentemente, una conservación más eficaz de la materia orgánica. Cuando la sedimentación es rápida y guarda el compás con un hundimiento rápido, se llega a la constitución de un depósito grueso dotado de una gran proporción de agua intersticial que ayuda a la remoción y concentración de los recién generados componentes del petróleo. El concepto de que los deltas situados en la desembocadura de los grandes ríos constituyen un ambiente particularmente favorable para la generación y acumulación del petróleo se basa

en parte en que corresponde a áreas de deposición rápida y prolongada de sedimentos de grano fino.

Estudios llevados a cabo por Orr y Emery (1956) indican que en las cuencas del Channel Island, de California meridional, «el sedimento de la cuenca más somera caracterizada por el ritmo rápido de sedimentación, es el que contiene la mayor proporción de material soluble en solventes orgánicos, así como el mayor contenido en hidrocarburos, incluso aunque el contenido total de materia orgánica en el sedimento sea bajo».

4. *Existencia de depósitos fácilmente accesibles.*

Para que se conserve el petróleo de manera tal que se manifieste claramente la evidencia perceptible que quede de su génesis, es necesario que haya alguna clase de depósitos o almacén en cuyo seno pueda concentrarse. No es improbable que, aparte cual sea su modo exacto de origen, la mayor parte de todo el petróleo jamás engendrado, o bien no ha tenido nunca la oportunidad de concentrarse en depósitos, o bien se ha perdido junto con ellos como consecuencia de la erosión. Si el petróleo es indígena de los lodos del fondo de senos de aguas tranquilas, sólo puede escapar de ellos mediante la expulsión del fluido durante el proceso de compacción, y si no hay depósitos que atrapen este fluido, cualquier petróleo expulsado únicamente volverá al medio de deposición donde, o bien se elevará hasta la superficie, para resultar oxidado, o bien se disipará de alguna otra manera. El que resista a la expulsión permanecerá encadenado en el lodo en proceso de compacción.

Una característica esencial del origen de las acumulaciones importantes de petróleo es, por consiguiente, que exista un depósito poroso y permeable próximo a la localidad de génesis.

El que tenga lugar la deposición contemporánea de sedimentos adyacentes en la inmediata vecindad susceptible de constituir depósitos, puede representar frecuentemente una ventaja importante para la eficacia de una formación madre. Por consiguiente, una interlaminación o interestratificación fina de arenas con rocas madres margosas, tal como tiene lugar en el Eoceno de la cuenca de Maracaibo y en muchos otros campos, debería haber constituido un factor muy favorable para proporcionar una inmensa área de superficie de contacto entre la marga de origen y las arenas portadoras. Youngquist (1958) ha subrayado la trascendencia de este factor para el campo de La Brea-Pariñas. Podría esperarse que la presencia de una serie ininterrumpida y muy gruesa de margas suscitase dificultades para el transvase del petróleo a depósitos adecuados. Por otra parte, demasiada poca marga en una serie arenosa padría haber resultado desfavorable como consecuencia de que hubiera habido demasiado poco material de roca madre que pudiese llenar los

abundantes espacios de las rocas depósito con petróleo. Parte este concepto comúnmente invocado, de que existe una proporción óptima de arena-marga favorecedora de la génesis eficaz de petróleo, y su acumulación se basa en esta consideración. Es muy interesante, sin embargo, que Donald Baker (1962) no encontrase gradiente alguno en el contenido de hidrocarburos en la roca madre, constituida por la marga de Cherokee, en dirección a las arenas de deposición.

Scholten (1959) ha subrayado la relación existente entre las acumulaciones de petróleo y «los alzamientos sincronos» en el interior o adyacentes a las cuencas madres. Gran parte de la importancia de tales alzamientos ha de consistir en que durante su crecimiento han conducido a la deposición, o al cernido de lechos almacén interdentados con las facies madres, y de esta manera han facilitado la concentración y conservación del petróleo a medida que se formaba.

La mayor parte de las acumulaciones conocidas de petróleo están asociadas a facies neríticas. Esta circunstancia ha sido reconocida desde hace tiempo y sustenta la teoría denominada de la línea de costa, en la acumulación de petróleo. Las facies más favorables parecen residir en la transición entre las aguas moderadamente profundas del ambiente nerítico, en que sedimentan los depósitos de grano fino, ricos en materia orgánica, y las facies más próximas al litoral en que se están formando las rocas apropiadas para la constitución de depósitos. Y las circunstancias resultan especialmente favorables cuando entre ambas se constituye una zona de interdentación. La importancia de los arrecifes para la acumulación de petróleo se debe probablemente en gran medida al hecho de que han suministrado buenos depósitos muy próximos a las áreas madre favorables.

Se ha sugerido también la posibilidad de que depósitos extensos de corrientes turbias puedan resultar eficaces como medios apropiados de comunicación entre las facies de depósitos y los sedimentos madres de grano fino (Barbat, 1958). También, a este respecto, debería prestarse atención al reciente comentario de Emery (1965) de que los deslizamientos que tienen lugar en los sedimentos inconsolidados, al pie de los declives continentales, podrían crear acumulaciones ricas, gruesas y bien conservadas de material primario en potencia.

C. *Importancia de las cuencas con circulación restringida y significado de las evaporitas*

En una publicación clásica, Woolnough (1957) subraya la importancia que con respecto al origen del petróleo ofrecen las cuencas de deposición cerradas por barreras o por diques; Weeks también ha subrayado de una manera

especial la importancia que tienen las cuencas restringidas y las fosas cerradas en el seno de las cuencas mayores. Como ya se dijo, y debido, sobre todo a la circulación restringida, suministran en los fondos las circunstancias reductoras favorables para la conservación de materia orgánica y enemigas de los depredadores de suelos. Al mismo tiempo pueden constituir «trampas» especialmente eficaces para el abundante plancton.

La presencia habitual de depósitos de evaporitas en los cortes estratigráficos y en las áreas en que enclavan muchos campos petrolíferos, es impresionante. Moody (1959) ha comentado que de las 39 provincias petrolíferas importantes del mundo libre, se sabe que 17 presentan asociaciones importantes entre evaporitas y yacimientos importantes de petróleo. La razón de esta asociación no reside probablemente en que la deposición de evaporitas tenga ninguna relación directa con la génesis del petróleo sino, más bien, en que tanto las evaporitas como el petróleo son productos comunes de las cuencas restringidas. Además, las evaporitas han desempeñado corrientemente un papel importante como cobertura o cierre para las acumulaciones de petróleo.

Ambiente marino contra ambiente no marino.

Como consecuencia de que la mayor parte de la producción mundial de petróleo está asociada a sedimentos marinos y también porque, en general, los sedimentos marinos ofrecen los ejemplos más corrientes para la conservación bajo ambientes reductores, creo que la mayoría de los geólogos se verían obligados a confesar que tienen una mayor o menor inclinación a considerar que las posibilidades petrolíferas son mayores en el caso de formaciones marinas que en el caso contrario. Sin embargo, se conocen desde hace tiempo acumulaciones de petróleo en series sedimentarias de origen continental. Es frecuente atribuir las migraciones procedentes de rocas madres marinas y también es frecuente que esto se admita todavía como una explicación válida. Sin embargo, es constante el incremento de la cantidad de campos de petróleo y de gas, comercialmente productivos, procedentes de acumulaciones de aguas dulces, aguas salobres o sedimentos continentales de otros tipos, en que actualmente parece poco razonable buscar otra explicación distinta de la de un origen local en el seno de estos mismos sedimentos.

Es poco dudoso que se están acumulando en los tiempos actuales depósitos ricos en plancton o en otros materiales orgánicos bajo condiciones reductoras en el fondo de muchos senos de aguas dulces, salobres o de lagos salinos, caracterizados por escasa circulación de oxígeno y que van quedando reducidos por sedimentos lacustres de grano fino. Donde quiera que hayan prevalecido en el pasado tales circunstancias y donde quiera que estos depósitos

hayan quedado exentos y preservados de la erosión, es difícil ver por qué estas áreas no hubieran podido suministrar petróleo igual que si las aguas hubieran sido marinas. No resulta nada claro que la presencia de seres marinos constituya circunstancia particularmente favorecedora de la génesis del petróleo, aunque es cierto que la salinidad puede haber jugado un papel importante en la migración primaria al favorecer la solubilidad. Swain (1956), Judson y Murray (1956), y otros, han comprobado la presencia de hidrocarburos líquidos y sólidos en los depósitos recientes de varios lagos de agua dulce.

Entre otros campos en que las pruebas de que el origen no es marino, son contundentes para depósitos petrolíferos en lagos salados, o en aguas frescas o salobres, podemos mencionar Powder Wash (Nightingale, 1938), East Hyawatha (Dobbin, 1947), algunos de entre los campos de petróleo de la cuenca de Uinta, en Utah (Hunt, Stewart y Dickey, 1954; Picard, 1956-1962), Farmington (Wengerd, 1958), el campo de Yumen, de la provincia de Shensi, China (Pan, 1941), gran parte de la cuenca petrolífera de Viena (Janoschek, 1958), parte de la producción inglesa de los Midlands (Kent, 1954), el campo de Sabán, en Venezuela (Renz y otros, 1958), parte de la producción del lago de Maracaibo, parte de la producción del área de Gran Oficina de Venezuela Oriental, el campo de Las Cruces en Venezuela Occidental, el campo de Recóncavo en Brasil, La Cira-Infantas en Colombia, Comodoro Rivadavia y Mendoza en Argentina, y muchos otros.

Incidentalmente, en el Simposio de las regiones donde se han descubierto nuevos campos que tuvo lugar durante el VI Congreso Mundial de Petróleos en Frankfurt, en junio de 1963, me llamó la atención el hecho de que la gran mayoría de los nuevos descubrimientos en todo el mundo (desde 1959), aparecen asociados a formaciones de aguas dulces o salobres. Entre éstos podría mencionar el descubrimiento de Moonie en Australia, el de Kenai y (en parte) los campos de Swanson River de Alaska, el campo de Cambray en la India, los nuevos campos de los Midlands en Inglaterra, los campos neocomienses de la cuenca de París, los descubrimientos silurianos y devonianos de Libia Occidental, y los campos de Santa Cruz de Bolivia. En ninguno de estos campos parece que la asociación con aguas frescas o salobres fuese debida al desplazamiento o alteración de las aguas madres, sino que al menos para la mayor parte de ellos se llegó a la conclusión de que el petróleo había tenido su origen en sedimentos en aguas de salinidad menor que la marina.

Harris, Pallister y Brown (1956) han suministrado una relación interesante de indicios de petróleo y gas en los sedimentos lacustres de aguas dulces plio-pleistocenas del Lake Albert Rift Valley en Uganda occidental. El petróleo parece proceder de estos sedimentos de aguas dulces y no se ve que haya ninguna probabilidad de otro origen.

Stamp (1934) manifestó que en Birmania, «tanto el gas como el petróleo parecen haber sido constituidos en facies de aguas salobres, y no se encuentran ni en los sedimentos de agua dulce, ni en los depósitos marinos de aguas profundas».

Redfield (1958) ha suministrado un cuadro convincente de la capacidad que ofrece el lago Maracaibo, cuenca de agua dulce cerrada por dique, para producir una cantidad inmensa de materia orgánica y para conservar esta materia orgánica en los sedimentos como consecuencia del bajo contenido en oxígeno de las aguas del fondo y de la gran velocidad de sedimentación.

En resumen, parece ser cierto que podemos encontrar petróleo, tanto en los sedimentos marinos y salobres, como en los de agua dulce, pero también parece que las condiciones marinas parecen haber sido en general más favorables para la génesis de grandes acumulaciones, así como también resulta mucho menos probable, que lleguen a ser afectadas por la erosión y disipados sus hidrocarburos a lo largo de su historia subsecuente.

Silverman y Epstein (1958) han llamado la atención acerca de los más altos valores que presentan las relaciones C^{13}/C^{12} de los organismos marinos que en los terrestres, y señalan que existen las mismas diferencias entre las proporciones análogas correspondientes a los petróleos emparentados geológicamente con depósitos marinos y las relaciones con sedimentos no marinos. «Los petróleos tienen relaciones más bajas, C^{13}/C^{12} , que sus manantiales biológicos». Eckelman y otros (1962) han suministrado datos suplementarios que muestran la diferencia de proporción de C^{13}/C^{12} entre la materia orgánica marina y la de agua dulce. Estos datos, y de manera bastante sorprendente, también sugieren que los petróleos crudos ofrecen una relación más estrecha con respecto a los materiales orgánicos de las aguas dulces o salobres que con los de las marinas.

VIII. IMPORTANCIA DE DETERMINADOS PROCESOS Y FACTORES EN LA GÉNESIS DEL PETRÓLEO

A. Acción microbiana

Es sabido que la acción microbiana constituye un potente agente en el proceso de alteración de la materia orgánica sedimentaria, desde el momento de la muerte de la planta o animal, durante toda la duración del proceso de aposamiento y deposición en el fondo, y durante las primeras etapas de la diagénesis del sedimento acumulado. Tal acción microbiana puede desarrollarse, tanto en los depósitos marinos como en los de agua dulce, así como en los suelos y bajo circunstancias ampliamente variables de temperatura y ambiente. Tiende a crear e intensificar un ambiente reductor y producir

un avance general hacia la remoción del oxígeno y nitrógeno contenido en la materia orgánica, que de esta manera se acerca a la composición del petróleo. También sabemos que el metano es un producto comúnmente producido por este proceso. Pero más allá de lo dicho, el papel desempeñado por la acción microbiana en el transcurso directo de la génesis del petróleo es menos claro. Aunque se ha supuesto por lo general, que su capacidad potencial en ese sentido sea grande, no parece que haya prueba conclusiva alguna de que haya habido en la naturaleza generación de cantidades apreciables de hidrocarburos de petróleo, que no sea el metano, mediante la acción de microorganismos. Por consiguiente, y en la medida de la información de confianza de que disponemos, parecería que la principal función de los microorganismos consiste en constituir el ambiente reductor necesario para la formación y conservación del petróleo, más bien que la creación del mismo. Sin embargo, todavía hay lugar para especular acerca de la posibilidad de que tengan un papel más directo en lo que se refiere a la intervención de los microorganismos y es necesario, por consiguiente, que prosigan las investigaciones. Constituyen cuestiones de importancia crítica las siguientes: ¿hasta qué profundidad por debajo de la superficie de producción permanecen activos los microorganismos?, ¿son susceptibles de desencadenar la hidrogenación de los residuos orgánicos?, ¿cuál es la importancia de la acción física de los gases generados por los microorganismos? Cox (1956) ha pasado revista de los posibles papeles desempeñados por las bacterias en la génesis del petróleo, basándose ampliamente en datos procedentes de Zobell.

B. Acción catalítica

Los agentes catalíticos desempeñan un papel importante en las operaciones de refinado de petróleo, puesto que facilitan y aceleran las reacciones a temperaturas más bajas, que de otra manera no serían posibles. De la misma manera pudieran jugar un papel igualmente importante en la transformación natural de la materia orgánica en petróleo. Brooks (1954) ha subrayado de manera especial la influencia que ejercen los catalizadores de tipo silicato ácido, como explicación de alguna de las características de las manifestaciones de petróleo. Landes (1959) acepta muchos de los argumentos de Brooks, pero suscita la posible objeción de que la acción catalítica podría haber sido impedida en los procesos naturales por falta de contacto directo entre el material originario del petróleo y el catalizador, debido a la interposición de películas de agua. Llega a la conclusión, sin embargo, que «la teoría más plausible que hasta ahora se ha desarrollado para explicar la evolución natural del petróleo es la de que ciertos minerales, como son los silicatos ácidos, hayan actuado como catalizadores a lo largo de los

tiempos geológicos». El contacto directo entre el catalizador y el material de origen podría haber sido suministrado por adsorción superficial durante su historia temprana.

Dobryansky (1963) ha subrayado recientemente con énfasis cuál sea la importancia de los catalizadores del tipo de silicato de alúmina, e incluso llega a decir: «es posible probar que no podrían existir los petróleos crudos sin la acción catalítica en las rocas terciarias, e incluso en los sedimentos paleozoicos, puesto que la transformación no catalítica de sustancias orgánicas profundamente soterradas desde el Precambriano llevara solamente a la formación de maltenos semi-sólidos, con un débil contenido de hidrocarburos ligeros».

C. Radiactividad

Levorsen (1954) ha pasado revista a las ideas de estos últimos años acerca del posible papel de la radiactividad en el origen del petróleo. Se sabía que los elementos radiactivos, uranio, torio y potasio, han suministrado un manantial de radiación casi universal en los ámbitos de acumulación de materia orgánica, y también se sabía que los hidrocarburos pueden ser producidos en el laboratorio mediante bombardeo de compuestos orgánicos. Sin embargo, comenta Levorsen que, si se invoca la radiactividad para la génesis del petróleo nos encontramos con la desventaja de que este proceso debería tender a fragmentar el hidrógeno y de esta manera produciría petróleos progresivamente más pesados, pero lo cierto es que parece haber pocos o ningún dato de observación que apoye ni la generación prolífica de hidrógeno en las rocas madres, ni una tendencia hacia petróleos más pesados cuando incrementa la edad. Por consiguiente, si la radiactividad hubiera constituido un factor muy eficaz parecería que debería encontrarse mayores cantidades de petróleo libre en la vecindad de las pizarras carbonosas negras, de tan alta radiactividad como lo son las del Cambriano en Suecia o del Devoniano en Estados Unidos. Otra dificultad que presenta la teoría del origen radiactivo parece ser la improbabilidad de que sustancias tales como las porfirinas hubieran sobrevivido a la acción de intensa radiación.

Se ha llevado a cabo muchísima y excelente investigación acerca del posible papel de la radiactividad, por Whitehead, Goodman, Sheppard, Colombo y otros. Whitehead (1953 ?) llegó a la conclusión de que la producción de hidrocarburos radiactivos era cuantitativamente inadecuada para dar cuenta de las cantidades que realmente contienen las rocas sedimentarias. La radiactividad, sin embargo, puede haber tenido otros efectos importantes en las rocas madres. Colombo y otros (1963), han hecho la sugerencia muy interesante de que «algunas margas pizarreñas radiactivas, que fueron consideradas como probables rocas madres de petróleo, pueden, por el contrario,

haberse comportado como filtros con respecto a los hidrocarburos migrantes y provocado su alteración mediante radiaciones de inducción radiactiva». Así, por consiguiente, la radiactividad natural puede haber producido alteraciones que ahora enmascaran el carácter original de las rocas madres.

C. Asociación con determinados elementos

Los petróleos muestran característicamente un considerable contenido en elementos metálicos, entre los cuales el vanadio y el níquel son particularmente abundantes, especialmente interesantes por sus posibles influencias en el origen. Venezuela llegó a ser el país más productor de vanadio durante la Segunda Guerra Mundial, solamente mediante el metal que se recuperaba de los residuos de los tanqueros que llevaban el petróleo desde Maracaibo por el lago hasta las refinerías.

El vanadio y el níquel parecen presentarse en el petróleo en combinaciones orgánicas. También existen en la materia orgánica viviente, especialmente en las plantas. Degens y otros (1957) lo encuentran concentrado en la fracción orgánica de las margas marinas, si se las compara con las margas de agua dulce. La procedencia original de estos metales en el petróleo todavía ofrece algunas dudas. Dunning y Moore (1957, págs. 2,411), creen que «los complejos corrientes de porfirinas de níquel y vanadio deben su existencia a reacciones de cambios metálicos con pigmentos metabólicos de animales y plantas, tales como la hemoglobina y la clorofila, que estaban aún presentes durante las primeras etapas de la formación del petróleo». Hodgson y otros (1953) encuentran que el vanadio y níquel contenido en los aceites crudos está en la relación con la presencia de porfirinas, pero sugieren que «la compilación del ión de vanadio con el pigmento no es necesariamente una reacción que tiene lugar en los ambientes de génesis, sino más bien una reacción anterior desarrollada en las plantas», y es de ellas de las que cree que derivan estos pigmentos. Encuentran que los pigmentos de vanadio están especialmente asociados con los petróleos de alto contenido en azufre y los de níquel con las de bajo contenido.

La asociación casi universal del azufre con los aceites crudos, en proporciones que varían desde trazas hasta un nivel tan alto como el de 12-14 por 100 contenido en Roze Point, Utah, y los intermedios de los diferentes crudos, suministra otro punto de ataque interesante para las especulaciones acerca del origen del petróleo. Las proporciones entre isótopos del azufre, sobre todo, han sido objeto de mucha atención en tiempos recientes. Thode, Monster y Dunford (1958) han utilizado la relación S^{34}/S^{32} como clave para el estudio de las circunstancias ambientales y encuentran que tiende a confirmar el origen no marino del petróleo de la cuenca de Uinta.

Galley (1958), Krejci-Graff (1962) y muchos otros, han estimado que debe existir una relación entre un alto contenido en azufre y un presumible origen en calizas.

E. Compacción

La combinación de (1) la sedimentación de materia inorgánica de grano fino que tiene como consecuencia la creación de un depósito inicialmente lleno de agua por su alta porosidad (2), con el consiguiente estrujamiento de una gran parte del agua contenida en este sedimento mediante compacción, parece constituir una conjunción de circunstancias esencialmente crítica para la formación de acumulaciones sustanciales de petróleo. Ambos son procesos físicos sencillos, bien sustanciados, directamente observables, y casi inevitables, de tal manera que no se exige ningún esfuerzo hipotético para aceptar su intervención en la operación.

Ha descrito previamente Hedberg (1936, págs. 269-276) las relaciones agua-sólido actuantes en un sedimento de grano fino durante la deposición en las etapas tempranas de la compacción. El agua es retenida en un estado «semi-sólido» como una película de adsorción de moléculas de agua orientadas alrededor de cada partícula de arcilla que se deposita. También existe como agua *libre* que llena la muy laxa estructura porosa, constituida en la superficie de la deposición por las fuerzas de atracción entre partículas o cadenas de partículas que se ligan entre sí mediante entrelazamiento de sus películas de adsorción. Bajo el peso incrementante del sedimento que se acumula, junto con los efectos de movimientos de tierras de categoría menor, se origina un apelmazamiento que trae consigo la rotura de las frágiles estructuras, inicialmente formadas, de partículas de arcilla, y el retorno persistente del exceso de agua al medio depositante o a los acuíferos que existan. Conforme progresa la compacción, la mayor parte de los poros, cuya cavidad es suficientemente grande como para retener aguas libres, quedan gradualmente eliminados, aunque haya una dificultad constantemente incrementante para la expulsión del agua de los poros, conforme la porosidad y la permeabilidad van disminuyendo. El contenido en agua del sedimento llega finalmente a consistir, sobre todo, del agua semisólida retenida, que rodea cada partícula de arcilla. Incluso mucha de esta agua retenida llega a ser exprimida eventualmente, conforme las superficies de las partículas sólidas de arcillas se ven obligadas ellas mismas a un contacto más y más cerrado, bajo las presiones incrementantes de sobrecarga.

Sabemos que los lodos recién depositados, por lo general tienen un espacio de poros albergadores de agua que llega hasta el 80 por 100, o más, de su volumen. También sabemos que con sólo unos pocos cientos de pies de carga de recubrimiento, la porosidad (y el agua contenida) queda reducida rápida-

mente al 30 por 100, y que, con un progresivo incremento de la sobrecarga, la porosidad se reduce gradual, pero continuamente (con el inevitable acompañamiento de la expulsión del agua) hasta llegar a ser menos del 10 por 100 bajo presiones de 10.000 pies de sobrecarga, o bien como consecuencia de presiones tectónicas. Por consiguiente, la expulsión del agua contenida en un sedimento arcilloso es un proceso continuo que progresa desde el nacimiento del sedimento hasta la época en que le oprime la máxima sobrecarga, aunque a ritmo por lo general decreciente. Puesto que el movimiento del petróleo procedente de una roca madre margosa o arcillosa puede estar asociado con el movimiento de las aguas expulsadas de ella durante el proceso de compacción, tendremos, por consiguiente, un proceso de migración primaria de los crudos, continuo a lo largo de toda la historia de la roca, aunque con eficacia firmemente decreciente.

La compacción tiene lugar en casi todas clases de sedimentos. Es mucho más pronunciada en los lodos que en las arenas; de aquí que sean mucho mayores los volúmenes de agua exprimidos de las margas, que de espesores semejantes de areniscas. En los lodos carbonatados puede haber ciertamente una porosidad inicial muy alta (contenido en agua), pero, debido a la recristalización del carbonato, la etapa de compacción puede alcanzar su fin más pronto que en un lodo puramente arcilloso, y la roca puede alcanzar mucho más rápidamente un estado más rígido, relativamente resistente a una progresión de la compacción, con independencia del incremento de la sobrecarga.

F. Transporte del petróleo por el agua

Un problema persistente en las teorías de la génesis del petróleo procedentes de sedimentos de grano fino reside en encontrar un mecanismo satisfactorio por medio del cual el petróleo que se supone engendrado allí, pueda escapar de estos lodos saturados de agua, puesto que se van volviendo más y más impermeables, como consecuencia del proceso de compacción. En las etapas tempranas del proceso es fácil concebir que, tanto el petróleo como el agua puedan ser expelidos de forma más libre, pero, conforme la compacción progresa y los espacios porosos son más diminutos, resulta muy difícil idear o imaginar cuál sea el movimiento capaz de transportar una fase independiente de aceite a través de los sedimentos saturados de agua, en contra de los efectos de las tensiones superficiales. Las cuestiones involucradas en tal migración han sido discutidas por Illing (1939), Van Tuyl, Parker y Skeeters (1945), Levorsen (1954), Gussow (1956), Roof y Rutherford (1958), Landes (1959, págs. 245-265), y muchos otros. La posible efectividad de los movimientos de los constituyentes de petróleo en *solución* acuífera ha sido con-

siderada por muchos. E. G. Baker (1959, 1960, 1962) ha propuesto la hipótesis de que el agua exprimida de los sedimentos sujetos a compacción pueda contener solubilizadores que la capacita para que transporte, *en disolución coloidal*, los hidrocarburos engendrados en estos sedimentos, que más adelante surgirán de la solución como gotitas de aceite en las capas almacén, bien como resultado de reducción por aguas meteóricas, por cambios de temperatura y presión, cambios químicos u otros factores.

Según Baker, «como consecuencia de la notable semejanza existente entre determinadas series homólogas de hidrocarburos de diversos crudos, incluso aunque procedan de ambientes disimilares, resulta evidente que existe algún proceso de categoría universal y corriente, que actúa por remoción selectiva de los hidrocarburos en las rocas madres y posterior deposición, ya en las proporciones correctas, en los depósitos. Sugiero que este proceso selectivo consiste precisamente en la disolución y migración de los hidrocarburos contenidos en los sedimentos mediante aguas que contienen solubilizadores naturales». E insiste, «los depósitos de aceites crudos se componen de hidrocarburos que han emigrado de los sedimentos madres y han sido extraídos de aguas portadoras que contienen solubilizadores naturales». Llega a la conclusión Baker de que, «existe una relación entre la composición de los crudos y la solubilidad de sus componentes hidrocarburos en soluciones diluidas electrolítico-coloidales, relación que sugiere que los aceites crudos se componen de hidrocarburos que estuvieron en tiempo solubilizados en las aguas madres. No es la solubilidad en agua corriente o la solubilidad en una solución jabonosa saturada lo que tiene relación con la composición de aceite, sino, más bien, la solubilidad en micelas jabonosas... Así, parecería que el petróleo crudo se engendra durante la compacción de una cuenca sedimentaria, en virtud de que los hidrocarburos de sedimento se disuelven en aguas que contienen solubilizadores naturales y que luego abandonan la disolución como gotitas de petróleo». Baker especula que «los procesos de descarga» pueden ser debidos a la disolución por aguas meteóricas o puede involucrar adsorción, concentración salina, temperatura u otros factores. Meinschein (1959) ha delineado lúcidamente la imagen del origen y acumulación del petróleo de acuerdo con este concepto. Hobson (1961) ha llamado la atención acerca de las dificultades que resultan de involucrar cambios de presión, de temperatura, o dilución, como medio de liberar el aceite «solubilizado».

Brod (1960) cree que los hidrocarburos se desplazan desde la roca madre a su depósito en forma de disolución o como películas moleculares, y que son transformadas en petróleo, solamente cuando alcanzan los poros supercapilares de la roca depósito.

Sokolov y otros (1963) han invocado la formación de petróleos en profundidad, bajo presiones y temperaturas moderadamente altas, la disolu-

ción de hidrocarburos líquidos en gas hidrocarburado, las disoluciones tanto de hidrocarburos gaseosos como líquidos en agua, y la transferencia del gas y del agua, o del agua a depósitos, en que, tanto los hidrocarburos como los líquidos, quedan liberados por disminuciones de presión. Afirman «que el proceso principal de la acumulación de gas y de petróleo tiene el carácter de una remoción del gas y petróleo contenido en disoluciones acuíferas, condensación de petróleo procedente de soluciones gaseosas y flotabilidad del gas y del petróleo, sobrenadando el agua contenida en rocas porosas».

Whitehead y Breger (1958) extrajeron materia orgánica procedente de lodos recientes en la zona marina costera de Cuba y encontraron que se separaban hidrocarburos no saturados y cíclicos, gaseosos, cuando el residuo soluble en agua se calentaba a 125° C. Sugieren que «los componentes solubles en agua de este lodo pueden contener agentes catalíticos que participan en la conversión del material en hidrocarburos a 135° C. o a temperaturas más bajas», y que en tal caso sería posible postular que la formación del petróleo tiene lugar después de la migración de las sustancias constituyentes de los hidrocarburos y catalizadores en disolución acuífera, a través de barreras geológicas impermeables al petróleo.

Dvali (1962) subraya el carácter esencial que tiene la intervención del agua en el origen y migración del petróleo. Sin embargo, dice, «se ha demostrado que no pueden moverse a través de un medio saturado de agua de tamaño pequeño de poro» pequeñas gotitas aisladas (de petróleo) y «que las concentraciones iniciales son de un orden muy reducido, de modo que resulta improbable que estos materiales puedan ser expulsados durante la consolidación», y llega a la conclusión de que «estudios recientes han demostrado que los mecanismos probables de migración tienen que afectar la intervención de gases o vapores, así como disoluciones (quizá coloidales) en agua». Le preocupa, sin embargo, cómo pueda llevarse a cabo tal desorción del petróleo constituido a partir de partículas orgánicas e inorgánicas de la roca madre.

Las hipótesis que exigen, para la explicación del proceso de la migración del petróleo a partir de sus rocas madres, fenómenos de disolución, suspensión coloidal, o formación de películas moleculares en agua, son atractivas desde el punto de vista geológico, porque tales mecanismos evitan muchas de las dificultades que en todo caso arrastra el movimiento de petróleo procedente de sedimentos primarios densos de grano fino. Como sugirió Walters (1960), las teorías de disolución pueden, por consiguiente, constituir una contestación al enigma de por qué el petróleo no deja más pistas de su migración a través de las rocas.

La gran dificultad respecto a las teorías de disolución es la falta de datos conclusivos que demuestren que las solubilidades del petróleo, o de los constituyentes del petróleo, en el agua, son cuantitativamente adecuadas para

explicar las acumulaciones específicas de aceites crudos, teniendo en cuenta que incluso la gran cantidad de agua de compacción de que se dispone es limitada. Los datos estadísticos de que disponemos respecto a las solubilidades de hidrocarburos en el agua, bajo circunstancias normales de laboratorio, tienden a indicar que este tipo de procesos no tendría la suficiente eficacia o rendimiento. Sin embargo, no nos es posible evaluar completamente la capacidad de disolución de las aguas sedimentarias intersticiales, y las presiones y temperaturas que dominan en las regiones subsuperficiales, ni tampoco el efecto eficaz de los solubilizadores o catalizadores naturales en disolución.

La hipótesis de los solubilizadores de Baker es ingeniosa e interesante, pero hasta que se pueda demostrar la existencia general, y la eficacia de sus micelas jabonosas en los sedimentos naturales, no se puede avanzar más en esa dirección. Al considerar el posible papel de los mecanismos de disolución deberíamos tener presente que, aunque éstos contribuyan con sólo una pequeña parte de la totalidad de los crudos acumulados, de todas maneras ayudarían a explicar la liberación hasta los depósitos de los petróleos que puedan haber sido aportados *después* de que la compacción ha alcanzado un grado avanzado.

Algunos pocos datos analíticos acerca de las cantidades de los diversos hidrocarburos contenidos en solución en aguas naturales, han sido expresados en la sección II, F. Otros datos originales pertinentes, por lo que se refiere a determinación experimental de solubilidades de hidrocarburos, han sido dados por Dodson y Standing (1944), Conley (1948), Reamer, Sage y Lacey (1952), y Baker (1956).

En relación con «las teorías de disolución», debería hacerse mención de las hipótesis que implican un origen directo del petróleo a partir del agua del mar o de las aguas subterráneas. Bruderer (1956) ha mantenido durante largo tiempo que los depósitos comerciales de petróleo proceden de la circulación, a través de las rocas de depósito, de aguas de mar portadoras de hidrocarburos en disolución. Al'tovskii y otros (1958) advocan que la formación del petróleo tiene lugar en las aguas de acuíferos subsuperficiales que se desplazan hasta la trampa, tanto bajo forma de emulsión acuifera, como en disolución acuifera. Consideran que la materia prima es la vegetación terrestre, que suministra la materia orgánica transportada hasta los acuíferos por las aguas de percolación descendente. Una hipótesis muy semejante fue sugerida por Cate (1958).

Quizá no todas las hipótesis de este tipo pueden ser rechazadas mediante argumentación geológica, pero en general parece que haya pocas razones para creer que, o bien aguas marinas o aguas subterráneas de origen meteórico hayan podido circular libremente a través de la roca de depósito, en las

que se presentan muchos de nuestros yacimientos de petróleo, reemplazando las aguas intersticiales originales de estos depósitos y las que han sido aportadas después de ellos procedentes de la compacción de los sedimentos de grano fino adyacente. Es bien cierto que estas hipótesis no pueden explicar la presencia del petróleo en lentejones aislados de arena y en arrecifes rodeados por margas marinas.

(Continuará)

G. TISCHER

DATOS GEOMORFOLOGICOS SOBRE LA CUENCA SUPERIOR DEL RIO ALHAMA

OBSERVACIÓN PRELIMINAR

En continuación de investigaciones geológicas en las Montañas Ibéricas, el autor ha hecho, en el año 1963, un estudio de la estructura del anticlinal del Pégado (en las cercanías de Aguilar del Río Alhama, Logroño). En el curso de este trabajo tenía ocasión de hacer también algunas observaciones acerca del Neógeno que cubre el Mesozoico deformado en la margen oriental de la Sierra, y acerca del relieve. Este relieve y la red hidrográfica muestran varios aspectos interesantes, pero al mismo tiempo indican un complicado desarrollo geomorfológico.

A excepción de la pequeña área de depósitos villafranquienses en el borde norte de la Sierra de los Cameros (Villalta Comella 1952, Brinkmann 1956, Crusafont Pairó et al. 1957, Remy 1958), desde el Neógeno toda la región estaba casi exclusivamente bajo régimen de erosión. Al Este del Pégado las calizas de los páramos pontienses, en posición horizontal, están situadas a 1.000 m. Entre este nivel y los suelos de los valles actuales faltan, en la parte oriental de la Sierra de los Cameros, anchas terrazas de grava y extensas llanuras o superficies de arrasamiento «bonitas», fácilmente identificables en el campo. Sin embargo, en el campo se tiene la impresión de que hay niveles de concordancia de cumbres, varios «pisos» de la Sierra diferenciados por el carácter de su relieve, configuraciones de ampliación de valles que no parecen fortuitas, etc. Como en geomorfología impresiones aisladas en el campo pueden resultar engañosas, se ha hecho un tratamiento cuantitativo de algunos aspectos geomorfológicos de la región. Esto tiene varias ventajas: se adquiere un fundamento más sólido para la coordinación de observaciones en el campo; se pueden plantear, bien apuntadas, las futuras investigaciones; se obtienen también detalles adicionales para la hidrografía del gran conjunto peninsular sobre la que se ha tratado en la memoria de Masachs Alavedra (1948). Todavía no es posible establecer un cuadro detallado y sistemático del desarrollo neógeno-postneógeno del relieve de la Sierra de los Cameros oriental; pero el tratamiento cuantitativo preliminar, en conjunto,

con observaciones de campo, ya provee algunos datos interesantes sobre la geomorfología de esta parte de las Montañas Ibéricas.

El autor da las gracias al profesor I. Quintero por repasar el manuscrito de este artículo.

I. DATOS HIDROGRÁFICOS

Para un inicial estudio cuantitativo de la morfología de la parte oriental de la Sierra de los Cameros se ofrece la cuenca superior del río Alhama como gran unidad natural hidrográfica. Su situación orográfica es, por así decir, ambigua. Respecto a la Meseta, está situada entre la altiplanicie de Soria —prolongación oriental de la Submeseta superior (Solé Sabarís 1952, p. 157)— y el valle del Ebro; respecto a las cadenas Ibéricas, está situada entre la altiplanicie de Agreda al Oeste del Moncayo y las serranías que son prolongaciones orográficas hacia el Sureste del macizo Sierra de la Demanda —Urbión— Cebollera (compárese también lám. XXIX en Gómez de Llarena 1955).

La cuenca superior del río Alhama, con alcance total de relieve de casi 1.300 m., tiene un contorno bastante redondeado; su superficie es casi de 1.190 km² y comprende en su mayoría terrenos mesozoicos deformados.

Cerca de Baños de Fitero, el río Alhama, a 440 m. de altitud, cruza el borde tectónico de las Ibéricas, marcado allí por fallas y un diapiro de Triásico yesífero.

La cuenca inferior, extramontana, es muy diferente de la superior, tanto en sentido geomorfológico como geológico. Se restringe a una banda de 10-15 km. de anchura, con alcance total de relieve de 400 m. aprox., y superficie vertiente de unos 200 km², que sólo abarca capas horizontales del Neógeno del valle del Ebro (compárese también el bloque-diagrama en Solé Sabarís 1952, pág. 367).

Los rasgos principales del contorno de la cuenca superior del río Alhama son los siguientes (lám. 1): Su margen nordeste está situado en el complejo tectónico del borde nordeste de las Ibéricas (Fischer 1965, lám. 2) y cruza varias series de rocas y estructuras. En esta zona el borde de la cuenca se eleva poco a poco hasta alcanzar los 1.300 m. cerca de la Peña Isasa. La divisoria se extiende desde esta montaña en dirección general suroeste hasta el Puerto de Oncala, cruzando series wealdicas, entre 1.100 y 1.700 m. de altitud. Al Oeste de San Pedro Manrique, el borde de la cuenca superior del río Alhama no está constituido por importantes cumbres y crestas, sino allá la divisoria se extiende desde esta montaña en dirección general suroeste hasta en otros aspectos muestra interesantes relaciones geomorfológicas.

Al Sureste del Puerto de Oncala, la divisoria sigue las serranías de Oncala, de Ahuerzo y Matute, con altitudes entre 1.250 y 1.600 m., hasta los montes del borde sur de la altiplanicie de Agreda. Entonces pasa, con rumbo general

norte, por colinas predominantemente de rocas neogénicas, bajando suavemente de 1.100 m. a 500 m., hasta volver a la salida de las montañas del mencionado río.

Toda la cuenca superior del río Alhama puede inscribirse aproximadamente en un círculo de 20 km. de radio, con centro situado pocos kilómetros al Sureste de la Sierra de Alcarama.

A pesar de la unidad redondeada del contorno de la cuenca, la red hidrográfica en el interior es bastante heterogénea. Hay tres arterias principales con longitud parecida, pero con diferentes superficies vertientes: en el Oeste, el río Linares (L = 49 km., superficie vertiente = 536 km².); en medio, el curso intermontano del propio río Alhama (L = 46 km. s. v. = 389 km².); en el Este, el río (Fuentestrún-) Añamaza (L = 40 km. s. v. = 262 km².). Estas tres arterias principales confluyen solamente a poca distancia del borde nordeste de la Sierra.

También la subdivisión según cuencas de los afluentes muestra particularidades. A excepción de barrancos y tajos de poca extensión y de caudal intermitente, existen los siguientes afluentes principales, de longitud mayor de 10 km. (lám. 1):

Arroyo de Cañizal (I a)	L = 17 km.	s. v. = 74 km ²
Barranco de Valdecerezo (I b)	18	54
Barranco de Carnanzún (I c)	13	25
Barranco de Canejada (I d)	17	45
Río Mayor (II a)	12	46
Río Valdeprado (II b)	15	61
Barranco de La Nava (II c)	11	28
Barranco de Guttur (III a)	12	23

En las longitudes hay una notable discontinuidad entre las tres arterias principales con cursos de 40 a 50 km., y los afluentes: no hay afluentes más largos de 18 km.

La lámina 1 muestra la particular configuración de las cuencas de los afluentes.

En el Norte, la oblonga cuenca del Arroyo de Cañizal se extiende a lo largo del borde orográfico y tectónico de la Sierra de los Cameros oriental. Los otros tres afluentes principales del Río Linares nacen en la ladera norte de la Sierra de Alcarama y corren todos paralelos hacia el Nordeste, acompañados por estrechas bandas de superficies vertientes; constituye su conjunto un «dibujo parrilla» (trellis pattern).

Cosa parecida se nota con los dos altos afluentes del río Alhama: río Mayor y río Valdeprado con cursos paralelos hacia el Sureste, mientras que el Barranco de La Nava, con curso primero meridional, después incurvándose hacia el Este, ocupa una posición privilegiada.

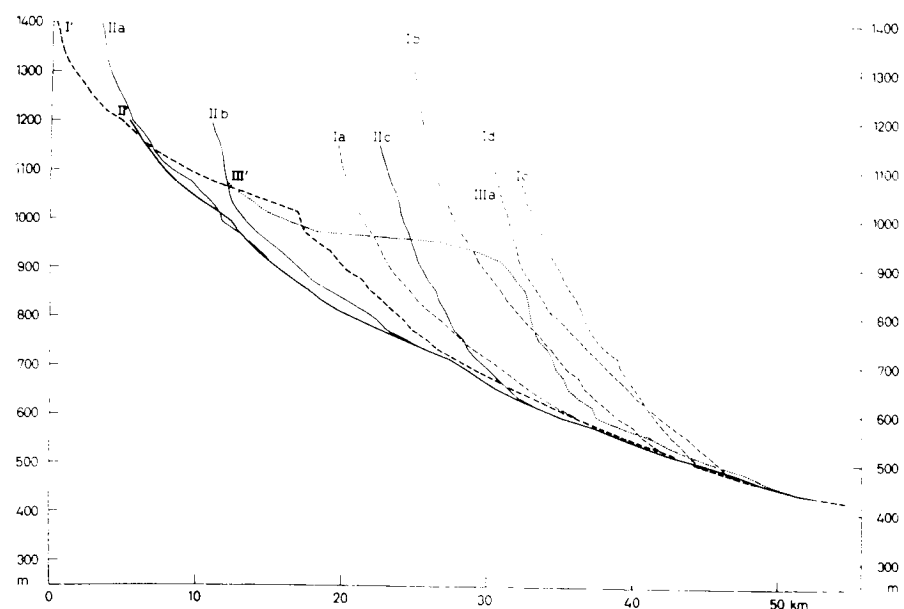
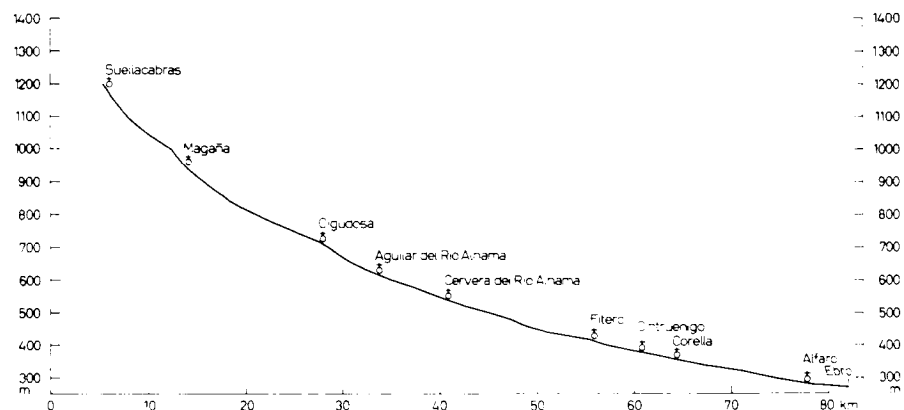


Fig. 1, en alto. —Perfil longitudinal del Río Alhama. Abajo. —Perfiles longitudinales de los ríos y afluentes principales (> 10 km.) de la cuenca superior del Río Alhama; numeración como lám. 1.

La más curiosa situación se observa respecto al Barranco de Gatur: acompañado por una cuenca estrecha que no rebasa los 2,5 km. de anchura, este barranco corre paralelo al río Añamaza.

También en los perfiles longitudinales hay anomalías notables. Todo el río Alhama tiene un perfil longitudinal en cierto modo normal, aunque no muy evolucionado hacia la madurez, y con algunos pequeños rellanos y codos (fig. 1, parte superior). Las más fuertes irregularidades se observan en su cuenca superior (fig. 1, parte baja). Allá, el río Añamaza (III') tiene un perfil longitudinal de extrema irregularidad, con rellano muy acentuado en el nivel de 1.000 m., y siguiente escarpe abrupto. La parte alta de su curso está situada en un relieve heredado.

Es curioso que el perfil del barranco de Gatur (III a), afluente al río Añamaza, no tiene correlación con éste, sino que es parecido a los perfiles longitudinales de los dos afluentes más orientales del río Linares: Barrancos de Carnanzún (I c) y de Canejada (I d).

El curso intermontano del propio río Alhama muestra rellanos en su perfil hacia los 1.000 m. y 750 m. de altitud. También en el perfil longitudinal del río Linares se destaca un rellano acentuado a los 1.050 m. de altitud.

De los afluentes en la cuenca superior del río Alhama, el arroyo de Cañizal muestra el más regular y más evolucionado perfil longitudinal, pero esta misma regularidad es un problema, porque el arroyo de Cañizal corre en la zona de fallas del borde nordeste de la Sierra, donde se han comprobado movimientos tectónicos aún intra-cuaternarios (Brinkmann 1956).

II. DATOS SOBRE SUPERFICIES ENVOLVENTES

Las superficies extremas o envolventes (de tangencia superior y de tangencia inferior) de un relieve topográfico no son naturalmente definidas, sino que necesitan convenciones. Para la construcción de tales superficies hay varios métodos y definiciones, con diferentes grados de esquematización y abstracción: algunos de los métodos ya presuponen conocimientos acerca del desarrollo geomorfológico de la región investigada. Como no existían datos sobre la cuenca superior del río Alhama, se ha empleado aquí el llamado método de la red contadora uniforme, por ser el más neutral.

Frecuentemente se utiliza una red rectangular con células cuadradas, con orientación de ejes N-S y O-E. Pero en el caso presente tal red podría causar distorsión de los resultados, porque el rumbo general tectónico de las Montañas Ibéricas es NO-SE —dirección de anisotropía de la red— y no se podía excluir *a priori* que estructuras tectónicas en esta dirección, y en su perpendicular, tal vez hubiesen influido en el desarrollo de detalles del relieve topográfico. Tampoco era recomendable la orientación de una red cuadrática según dirección intermedia ONO-ESE, porque también en esta dirección hay alineaciones estructurales, en particular en el borde norte de la Sierra.

Se evitaron estas dificultades con el uso de una red contadora uniforme de triángulos equiláteros con ejes de dirección 30°, 90° y 150°.

Una red contadora de este tipo ofrece la adicional ventaja de que el hexágono regular, constituido por cada seis células contiguas coapicales, puede utilizarse para determinaciones a base de mayores unidades más simétricas, con séxtuple área.

Para evitar una precipitada generalización exagerada, el tamaño de las células contadoras se ha dispuesto a 1 km² solamente. Se observaron las altitudes máxima y mínima del relieve dentro de cada célula, y se las agregaron al centro de la célula como niveles representantes. La conexión de estos niveles por curvas de nivel da como resultado una superficie de tangencia, o envolvente, superior resp. inferior «módulo 1 km²».

Este método de red uniforme con triángulos de 1 km² de área implica lo siguiente: El «alcance», o distancia representativa, sobre la que una cumbre (por ejemplo como testigo de una antigua penillanura) puede repercutir en la superficie extrema, es 1,4 km. aprox.; según el conocimiento del relieve en el campo, esto seguramente no constituye una extrapolación exagerada. El error máximo de posición que puede causar la agregación de un punto de elevación máxima al centro de la célula como nivel representativo, no rebasa los 800 m. aprox., límite de tolerancia de todos modos aceptable para un primer plan sinóptico, vista la escala de la lámina 2. La determinación de las superficies extremas aquí empleada tiene la importante propiedad de que no entran suposiciones *a priori* sobre pendientes regionales de penillanuras etc.

No obstante la poca generalización y abstracción, inherentes al método usado, se observan ya algunos aspectos interesantes del relieve de la cuenca superior del río Alhama (lám. 2).

Primero se nota que, en grandes rasgos, existe concordancia entre las superficies de tangencia superior e inferior «módulo 1 km²». En comparación con el mapa topográfico, las dos superficies extremas son, en cierto modo, conformes a la gran configuración del relieve topográfico actual; esto significa que la generalización empleada no ha sido exagerada, y las superficies extremas de la lámina 2 no son ficticias. Admiten, pues, conclusiones fundadas.

En la parte sureste de la cuenca superior del río Alhama se destaca netamente un rellano muy acentuado de cerca de 1.000 m. de altitud. Este rellano de la superficie de tangencia superior «módulo 1 km²», es una efectiva llanura en el relieve topográfico y se identifica fácilmente: es el nivel de las calizas de los páramos del Pontiense, prolongación oriental del que, en el pie del Moncayo, fue descrito por Solé Sabarís y Riba (1952).

Al Este del Pégado, en las cercanías de Débanos y Añavieja, esas calizas

están en posición absolutamente horizontal, a 1.000 m. de altitud (fig. 2), y forman anchas llanuras sin depósitos suprayacentes.

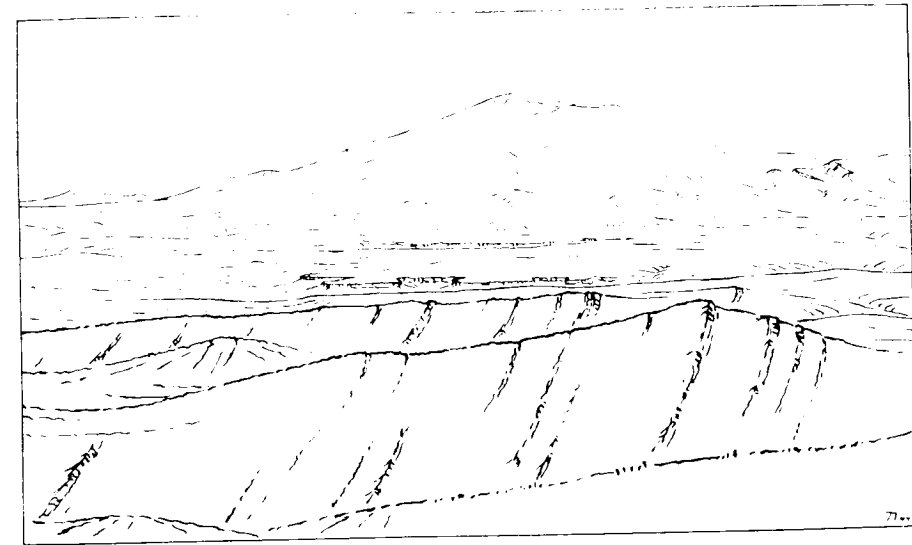


Fig. 2.— Vista del Monegro (1187 m., al Sur de Aguilar del R. A.) hacia el Moncayo.

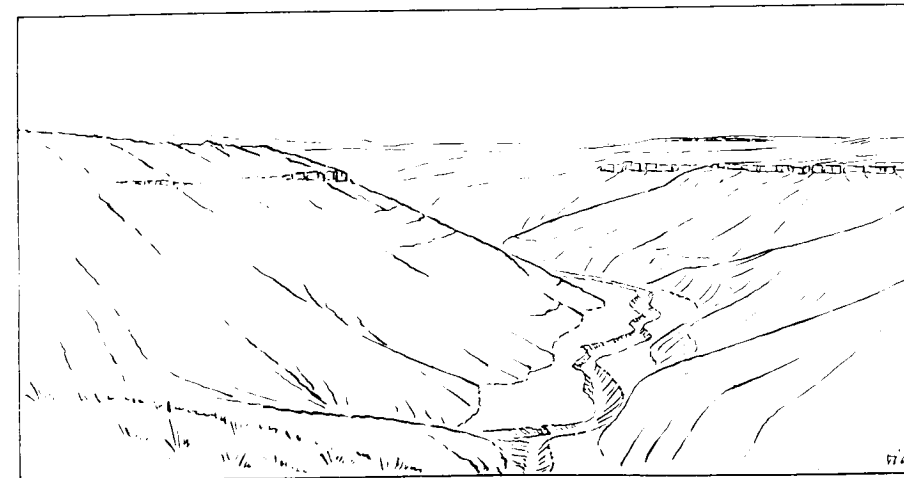


Fig. 3.— Vista hacia el Nordeste sobre la parte alta del Barranco de Guttur (cerca del camino San Felices - Débanos).

En la parte alta del Barranco de Guttur se puede observar lo siguiente (fig. 3): Al Este del barranco, las calizas del Pontiense están en su habitual posición regional, a 1.000 m. de altitud, con absoluta horizontalidad (escarpes en la parte derecha de la figura), cubren las series conglomeráticas mioceanas; pero al lado Oeste se nota que, persistiendo en el mismo nivel, van

acuñándose, y se acaban a poca distancia hacia el Oeste (pequeño escarpe disminuyendo, en la parte izquierda de la figura).

Al Sureste del lugar descrito se observa que las calizas de los páramos del Ponticense, en el mismo nivel de 1.000 m. y en posición horizontal, transgreden directamente sobre el Mesozoico deformado, sin intercalación de importantes series conglomeráticas.

En el flanco noroeste del Pégado hay otro retazo de depósitos del Ponticense (fig. 4). Se observa que en las laderas, aunque algo retocadas por la



Fig. 4.—Vista de cerca P. 942 (SE Aguilar del R. A.) hacia ONO sobre el flanco Norte del anticlinal del Pégado

ulterior erosión, hay un rellano a 1.000 m. de altitud aprox., que se prolonga hasta la pequeña plataforma horizontal en el fondo a la izquierda de la figura: los pequeños escarpes allá marcan las calizas de los páramos que cubren, sobre una delgada capa (1-10 m.) de conglomerados, parte del flanco Noroeste del anticlinal del Pégado.

De estas observaciones, conjuntamente con otros datos cuantitativos (véase más adelante), se llega a las siguientes conclusiones:

En la margen suroeste de la Sierra de los Cameros, las calizas del Ponticense, tanto como su base de transgresión directa sobre el Mesozoico, están en posición horizontal; en consecuencia, no había allá importante plegamiento o flexura ulterior a su sedimentación. El acuñamiento de las calizas y su intercalación entre conglomerados en el lado este del Pégado, demuestran que anteriormente no existía una penillanura total uniforme que hubiese arrasado

todas las montañas, sino que al final del Mioceno existieron relieves residuales tal como el Pégado, enmarcando los bordes del lago del Ponticense (compárese también Riba 1955). Los declives de estos relieves residuales, respecto a la entonces base local de erosión (el lago del Ponticense), fueron suaves, y corresponderían a un estado de avanzada madurez, con erosión reducida, del desarrollo geomorfológico. Como el espesor de conglomerados miocenos entre las calizas de los páramos y la superficie del Mesozoico deformado aumenta rápidamente hacia el Nordeste (como se observa a lo largo del Barranco de Guturi), había allí un relieve más antiguo y bastante fuerte, de edad pre-ponticense *sensu lato* = intramioceno. Las partes bajas de este relieve fueron rellenadas progresivamente por los derrubios derivados de la erosión y denudación progresiva de las partes más altas del relieve.

En tal conjunto de denudación y colmatación progresivas del relieve mioceno (pre-ponticense *sensu lato*) del borde oriental de la Sierra de los Cameros, sería difícil la identificación de una particular superficie de arrasamiento en las partes altas y correspondiente nivel de sedimentación en las partes bajas, tanto más, porque la superficie de transgresión de los conglomerados miocenos no solamente tiene un relieve regional con pendiente general hacia la cuenca del Ebro, sino que a veces muestra considerable relieve local (en el lado este del Pégado se observan hasta 80 m. de desnivel en una distancia de pocos centenares de metros). Constituye el conjunto una zona de «encajamiento de relieves» (Klüpfel 1927, en particular su figura 5). Lo más acentuado es el rellano de edad ponticense *sensu lato*, que no es una penillanura general y única que hubiese arrasado todas las rocas preexistentes; si bien en la parte de colmatación del relieve anterior es la superficie de capas anteriores (conglomerados miocenos), en otros sitios es una superficie de arrasamiento sobre el Mesozoico deformado con subsecuente sedimentación de calizas de los páramos, y en otras partes existe una planicie arrasando el Mesozoico deformado, sin ulterior sedimentación importante, planicie que se eleva, como «rampa somontana» (Solé Sabarís 1952), en suave transición a los flojos y ligeramente cóncavos declives «maduros» de las colinas residuales de la época. En la parte oriental de la Sierra de los Cameros, esta época del Ponticense no marca, pues, un estado de penillanura total y uniforme, sino un intervalo de parada, de suspensión, del desarrollo geomorfológico neógeno-postneógeno, con disminución de actividad erosiva y amplia evolución de rampas somontanas elevándose suavemente sobre un lago de contornos irregulares, que funcionó como base local de erosión durante algún tiempo y en parte fue bordeado por muelas y suaves colinas residuales.

Desde la región precitada en el Sureste de la cuenca superior del río Alhama, la superficie de tangencia superior, módulo 1 km² (lám. 2), baja poco a

poco hacia el Norte y se convierte en una ancha plataforma entre 650 y 800 m. de altitud que abarca gran parte de la región al Nordeste de la Sierra de Alcarama.

A lo largo del borde norte de la sierra se observa también un rellano de dicha superficie, elevándose suavemente hacia el Oeste. Otro rellano importante existe al Oeste de la Sierra de Alcarama con 1.200 m. aprox. de altitud.

Podría suponerse que, a excepción de las calizas de los páramos, los rellanos de la superficie de tangencia superior, módulo 1 km², sean efectos de la variable resistencia de las rocas respecto a la erosión: por ejemplo, menor resistencia de las lajas calizas wealdicas en la parte oriental de la región y al Suroeste de la Sierra de Alcarama, margas y limolitas poco resistentes del grupo de Enciso (Tischer 1965) en el Nordeste de la Sierra, etc.; pero en la cuenca superior del río Alhama, la resistencia variable de las rocas sirve de explicación solamente para detalles locales y no para la configuración regional de los precitados rellanos. Obsérvese también la fig. 2: la mencionada superficie de arrasamiento en el nivel de 1.000 m. aprox. se extiende sin interrupción sobre las inclinadas series calcáreas y elásticas del Wealdense del flanco nordeste del anticlinal del Pégado: la influencia de la erosionalidad diferencial de las rocas se limita a detalles, como la pequeña muela a la derecha, causada por la frecuencia de bancos de conglomerados y cuarzo-arenitas en la serie wealdica. Solé Sabarís y Riba (1952) notan también, en la región de Teruel, el poco control estructural y petrográfico de rampas y arrasamientos neógenos.

Resulta interesante la comparación de la red hidrográfica actual de la cuenca superior del río Alhama con la configuración de la superficie de tangencia superior módulo 1 km². Como se ha empleado poca generalización en la determinación de dicha superficie, es natural que las grandes arterias, con valles en general más anchos, se destaquen según depresiones: sin embargo, aún en ellas, aparecen particularidades: valle del río Linares al Oeste de la Sierra de Alcarama, valles del río Valdeprado y río Alhama al Oeste del Pégado, y valle del río Añamaza cerca de su desembocadura en el río Alhama.

Las anomalías más notables se observan con los barrancos de Carnanzún, Canejada y Gutur. No obstante la poca generalización, «módulo 1 km²», de la superficie envolvente superior, sus cursos son netamente disconformes. Los barrancos de Carnanzún y Gutur están situados en salientes, y parte del curso del Barranco de Canejada se extiende a lo largo de un declive de esa superficie. Se recuerda que estos tres afluentes destacan también por sus irregulares perfiles longitudinales (fig. 1) y por la curiosa configuración de sus superficies vertientes (lám. 1).

De otros muchos detalles interesantes de la superficie de tangencia superior, sólo dos merecen especial mención: Uno es la posición asimétrica del

actual Arroyo de Cañizal respecto a la depresión de dicha superficie que se extiende a lo largo del borde norte de la Sierra. El otro, es la curiosa y ancha «censuada» en la parte alta de la Sierra al Suroeste de Cornago. Su suelo está constituido por la superficie envolvente de largas crestas aplanadas entre 1.050 y 1.200 m. de altitud, hoy separadas por hondos barrancos: el borde es un semicírculo o anfiteatro de montañas, abierto hacia el Este, con alturas entre 1.350 y 1.450 m.

III. DATOS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DEL GRADO DEL RELIEVE Y SUS RELACIONES CON LOS VALLES ACTUALES

De un estudio del grado de relieve y su distribución se obtienen datos adicionales sobre la geomorfología de la cuenca superior del río Alhama.

Como en la determinación de las superficies extremas, era oportuno tomar al principio células contadoras de pequeño tamaño como base unidad. Primero se han utilizado los máximos desniveles dentro de las células de 1 km² de la red contadora uniforme descrita anteriormente: a continuación, estos desniveles se señalan con $1 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}} h$.

La lámina 3 representa la distribución de estos desniveles en la cuenca superior del río Alhama.

Aunque pequeñas irregularidades y flojos máximos y mínimos aislados en las curvas de igual desnivel sean efectos fortuitos de la posición de la red contadora respecto de escarpes, etc., locales del relieve topográfico, los grandes rasgos de la distribución del grado del relieve, o «entallado» erosivo, de la Sierra, se destacan ya por medio de la determinación a base de unidades tan pequeñas como 1 km².

Es cierto que el alcance total del relieve de la cuenca superior del río Alhama, de casi 1.300 m., es bastante grande y parecido, por ejemplo, a las cuencas de algunos ríos marginales de los Pirineos, pero tanto por el aspecto del relieve en el campo como por su comprobación cuantitativa, se llega a la conclusión de que la parte oriental de la Sierra de los Cameros es muy distinta de las montañas de carácter alpino. Aunque los $1 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}} h$ varían prácticamente entre cero (llanura del nivel de las calizas de los páramos) y más de 500 m., no existe correlación sistemática de las partes más altas de la Sierra con áreas extensas de máximo grado de relieve.

Hay una excepción: la Peña Isasa en la margen norte de la Sierra. Pero esta montaña pertenece al complejo tectónico marginal de las Ibéricas (Tischer 1965) y constituye un bloque estructural limitado a ambos lados por fallas longitudinales, todavía perceptibles en el actual relieve por cambio de pendiente (en particular, al Noroeste de Muro de Aguas); allá, pues, hay un caso de considerable control estructural sobre el relieve.

La ancha zona de montañas centrales Ayedo —Sierra de Alcarama— Pégado es una región con grado de relieve generalmente algo mayor que el término medio de toda la cuenca superior del río Alhama. Pero de ambos lados, zonas de menor relieve, independientes de la actual altitud, atraviesan la región de las montañas centrales, y es un hecho notable que las dos mayores áreas donde $1 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h alcanza sus valores máximos no coinciden con las cumbres más altas, sino con los valles: valle del río Alhama cerca del Pégado, y valle del río Linares al Noroeste de la Sierra de Alcarama.

De la comparación de las láminas 2 y 3 se deduce otra correlación que no es trivial: las áreas donde hay rellanos de la superficie de tangencia superior coinciden, en general, con zonas donde el grado de relieve es menor que su término medio en toda la cuenca.

Esta correlación será significativa para la interpretación del desarrollo geomorfológico de este sector de las Montañas Ibéricas, pero antes de sacar conclusiones hay que hacer una comprobación por medio de un cálculo de control por otro método y con otras unidades base.

Un primer control consiste en el mismo empleo de los desniveles dentro de unidades contadoras de 1 km^2 , pero con allanamiento estadístico sobre áreas más amplias, con el fin de ver si con allanamiento que haga desaparecer los pequeños efectos fortuitos, persiste aún la configuración general. Para esto se consideraron juntos los máximos desniveles de cada seis unidades contiguas y su media aritmética se agregó como representativa al centro del hexágono.

La media aritmética de estos valores $6 \cdot 6 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h, debe aproximarse naturalmente a la media aritmética de los $1 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h; resultó unos 160 m., o sea un error de menos del 1 por 100, tolerancia de todos modos aceptable dentro del primer plan sinóptico.

El mapa de la distribución del grado de relieve a base de $6 \cdot 6 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h (aquí no reproducido) muestra la misma configuración general de la lámina 3, con la sola, y lógica, diferencia de que las curvas de igual desnivel son algo menos detalladas y más lisas.

Pero se debe hacer todavía otra prueba, por las siguientes razones: Hasta ahora se han empleado los desniveles máximos dentro de unidades contadoras de 1 km^2 , sea directamente por los $1 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h, o sea con allanamiento estadístico por los $6 \cdot 6 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h. Sin embargo, esto no excluye *a priori* la posibilidad de que resulte otra distribución del grado de relieve en la región si se utilizan directamente para la determinación los máximos desniveles dentro de unidades contadoras considerablemente mayores. Aunque tal caso no parecía muy probable según la impresión del relieve de la Sierra que se observa en el campo, de todos modos, la comprobación cuantitativa resulta más segura.

Se han determinado, pues, los máximos desniveles del relieve topográfico dentro de los hexágonos constituidos por cada seis triángulos de la red precitada: así estas nuevas unidades contadoras tienen seis veces el área (6 km^2) y con 2,8 km. (doble) el diámetro máximo = «alcance máximo representativo». La media aritmética de estos desniveles $6 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h para toda la cuenca superior del río Alhama tiene una propiedad que no es trivial: no aumenta en proporción al doble diámetro de las unidades contadoras, sino que solamente asciende a 271 m. Sin embargo, el mapa de la distribución de los $6 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h (aquí no reproducido) muestra la misma configuración general que los $1 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h de la lámina 3.

La lámina 4 resume el resultado principal de los diferentes métodos de determinación de la distribución del grado de relieve. Se señalan los límites de las áreas donde los máximos desniveles dentro de las unidades contadoras son menores que la correspondiente media aritmética para toda la cuenca (el dentellado de las curvas señala las áreas de menor relieve).

No obstante las diferencias de los métodos de determinación y verificación usados, la conformidad de los resultados es buena, no sólo en general, sino también en muchos detalles.

Esto permite obtener algunas conclusiones: (1) como los diferentes métodos dan distribuciones conformes de áreas de menor relieve, estos métodos son practicables y se controlan mutuamente; (2) como la distribución de áreas de menor relieve no muestra una confusa dispersión de pequeñas manchas irregulares, sino grandes conjuntos regionales, esta distribución es un fenómeno geomorfológico significativo que necesitará una explicación; (3) el carácter del relieve de este sector de las Montañas Ibéricas es tal, que la distribución regional de su grado ya puede determinarse a base de unidades contadoras tan pequeñas como 1 km^2 —fenómeno geomorfológico de cierta importancia, que también habrá que tener en cuenta para una interpretación del desarrollo geomorfológico de la región—.

En las consideraciones siguientes se utiliza la distribución de las áreas con $1 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h < 159 m. Las láminas 5 y 6 dan, por así decir, diferentes aspectos del mismo conjunto de fenómenos geomorfológicos.

La lámina 5 representa, en plan sinóptico, la morfología de los valles de las tres arterias principales de la cuenca superior del río Alhama, y de sus más importantes afluentes (> 10 km.).

La lámina 6 muestra las áreas con $1 \text{ km}^2 \Delta_{\text{max}}$, h < 159 m. en blanco); en estas áreas está representada la superficie de tangencia superior módulo 1 km^2 del relieve (lám. 2) por sus curvas de nivel a equidistancia de 100 m.; las áreas con mayor grado de relieve están señaladas por punteado; además están representados los cursos de los ríos y afluentes principales.

Se observa que las áreas con menor grado de relieve son distribuidas de la manera siguiente:

En la parte suroeste de la cuenca superior del río Alhama se extiende una zona de menor relieve del Noroeste hacia el Sureste. En esta zona, la superficie de tangencia superior módulo 1 km² baja de los 1.300 m. en el Noroeste hacia el Sureste, donde se une en suave transición con el ancho rellano marcado por el nivel del Ponticense a 1.000 m. Es interesante resaltar que hay ramales de esa zona de menor relieve que suben, con pendientes flojas de la superficie de tangencia superior, hacia el Norte sobre las laderas de la Sierra de Alcarama y hacia el Sur sobre los flancos de los montes al Sudeste del Puerto de Oncala.

Otra zona más estrecha de menor relieve se extiende por el Norte a lo largo del borde nordeste de la sierra. También allí existe un ramal que sube con suave pendiente de la superficie de tangencia superior, sobre las serranías al Este del Ayedo. En la zona septentrional de menor relieve, la superficie de tangencia superior muestra un acentuado rellano entre 850 y 950 m. de altitud, que está marcado por los depósitos del Villafranquiense, en particular sus capas superiores de conglomerados, al Sur de Villarroya. Desde allí hacia el Este, la superficie de tangencia superior en la zona de menor relieve baja poco a poco hasta los 600 m. de altura en la región de confluencia de las tres arterias principales de la cuenca superior del río Alhama.

El borde oriental de la cuenca está marcado por la tercera zona de menor relieve, la que une, con suave ascensión de la superficie de tangencia superior módulo 1 km², la precitada región baja con el rellano a 1.000 m. del nivel del Ponticense en el Sureste. Desde la zona marginal del Este se extiende un ancho ramal a considerable distancia hacia el Oeste, elevándose al flanco este de la Sierra de Alcarama hasta 1.200 m. de altitud de la superficie de tangencia superior.

Lo mismo que los rellanos de la superficie de tangencia superior módulo 1 km² (lám. 2), las áreas de menor relieve atraviesan zonas de diferentes rocas y varias estructuras tectónicas. No pueden explicarse, pues, como resultados de erosión selectiva.

Además, las zonas de menor relieve son netamente disconformes respecto a grandes porciones de la actual red hidrográfica, disconformidad que tiene también su expresión en la morfología de los valles (lám. 5). Esto demuestra que el actual relieve de la cuenca superior del río Alhama no puede ser el resultado de un proceso de erosión integral y monótono, efectuado por un sistema de ríos conforme al actual. Porque en tal caso existirían correlaciones, por lo menos a grandes rasgos, entre la red hidrográfica actual, la distribución del grado de relieve y la configuración de la superficie de tangencia superior. Por ejemplo, se podría suponer que la anchura de los valles aumentara río abajo, y que las partes altas de los ríos fueran las regiones con mayor grado de relieve: pero no es así.

Los tres ríos principales nacen en áreas con menor relieve, donde sus valles son más anchos. El caso más extremo es el del río (Fuentestrún-) Añamaza. Su cuenca superior no es, en realidad, un sistema de valles sino una cubeta muy ancha con suelo casi llano de apenas 1.000 m. de altitud, parcialmente bordeado por muelas y colinas con alturas relativas de pocos centenares de metros y declives suaves, generalmente algo cóncavos. La vista, por ejemplo, de la carretera entre Matalebreras y Castilruiz, sobre este relieve suave y muy evolucionado respecto a la base local de erosión del Ponticense, no deja sospechar que a poca distancia este «piso superior» del relieve de la Sierra está en proceso de ser fuertemente subcortado: en el flanco Oeste del Pégado hay un desnivel de 350 m., a distancia de 750 m. solamente entre un retazo de horizontales calizas de los páramos a 1.000 m. y el suelo del hondo y estrecho valle del río Alhama.

Entre Débanos y Valdegutur, el río Añamaza baja rápidamente por un valle muy estrecho, en parte de tipo garganta con cascadas, y a 550 m. de altitud entra, casi «de improviso», en un valle mucho más ancho.

Parcidos cambios de la morfología del valle se observan también a lo largo del río Linares: primero, un rellano importante alrededor de su curso alto entre 1.200 y 1.050 m., un muy estrecho valle «garganta» cruzando las serranías centrales, después acentuada ampliación del valle debajo de Cornago entre 720 y 620 m., otra garganta cerca del borde norte de la Sierra, y al fin entrada en la ancha zona de menor relieve en el Nordeste de la Sierra.

También el curso intermontano del propio río Alhama atraviesa alternativamente zonas de mayor y menor relieve con estrechamientos y ampliaciones de su valle.

Muy notable es la curiosa cubeta oblonga que se extiende por el flanco norte del Pégado en dirección OSE-ENE. Río arriba, esta cubeta no sigue el actual curso del río Alhama, sino se prolonga más al Oeste, acompañando al Barranco de La Nava. Un ramal de la cubeta se extiende hacia el Norte al flanco de los montes de divisoria entre el Barranco de Canejada y el río Alhama.

La fig. 5 muestra la parte central de esta cubeta, vista desde el Monegro (1.187 m., al Sur de Aguilar del Río Alhama). Enfrente están las calizas y margas de las «Capas de la Cuesta Colorada» del Wealdense, buzando 30-35° hacia el NNE en el flanco norte del anticlinal del Pégado. En el centro de la figura está Inestrillas, cerca de la que el río Alhama entra en un valle estrecho, bordeado por declives abruptos de las calizas wealdicas, cuya superficie está acorazada por gruesas cortezas calizas.

La formación de este tipo de cortezas calizas empieza por hendimiento y disgregación de una parte de las láminas de la roca, proceso probablemente fomentado por solubilidad diferencial. El aumento de esta disgregación produce una rotura completa, acompañada por continua recemen-

tación de los pequeños fragmentos; el estado final es una uniforme y gruesa corteza caliza de color gris que enmascara la estratificación de la roca; en vista frontal, las cortezas tienen apariencia de intercalaciones de calizas macizas en la serie de las lajas calizas wealdicas.

Estas formaciones de cortezas calizas se restringen a ciertas capas del Wealdense: sólo se encuentran en las cercanías del Pégado y de Cervera del Río Alhama, en particular alrededor del nivel estratigráfico donde hay una intercalación de láminas de yeso en las lajas calizas al Suroeste de Cervera.

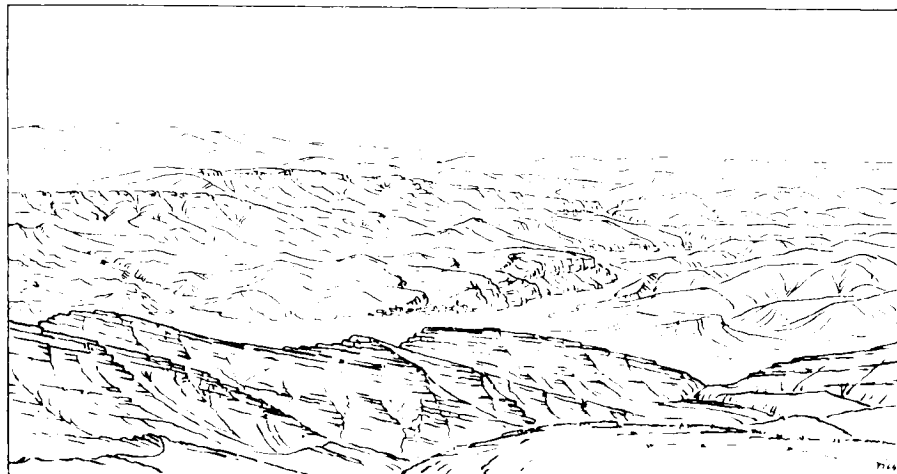


Fig. 5. — Vista del Monegro (1.187 m, al Sur de Aguilar del R. A.) hacia el Norte.

Pero esta situación estratigráfica y petrográfica solamente ofrece la condición previa de formación de las cortezas mencionadas. Si realmente se forman o no, depende de condiciones geomorfológicas y también probablemente climáticas; por lo que se puede observar, actualmente no están en proceso de formación, sino de destrucción; se desconchan en grandes lajas, como se puede ver a ambos lados del valle del río Alhama entre Aguilar y Cervera.

La situación de favorecidas zonas de formación de tales cortezas sobre las lajas calizas wealdicas es notable por lo que respecta particularmente a la precitada cubeta al pie norte del Pégado. El ondulado suelo de la cubeta baja de 750 m. en el Suroeste a los 650 m. aprox. en el Nordeste; su borde oeste es un escarpe alzándose hasta 150 m. sobre el suelo de la cubeta. Desde el puertecillo al Noroeste de Cigudosa se puede observar bien cómo las cortezas (partes macizas, abruptas en fig. 6) no siguen constantemente la misma capa de las lajas calizas del Wealdense, sino que están escalonadas y predominan en el escarpe; su zona de formación favorecida cruza la estratificación oblicuamente, en ángulo muy agudo.



Fig. 6. — Vista hacia el Nordeste, desde el puertecillo de 850 m. en el camino Cigudosa - Valdemadera

Por otro lado, se observa una relación de la red hidrográfica con las zonas de formación de tales cortezas. Se encuentran en particular en los bordes de valles estrechos que están tallados en zonas de rellano del relieve de la Sierra, no sólo en el mismo valle del río Alhama, sino también en el Barranco de Canejada al Oeste de Cervera del Río Alhama.

Se acumulan, entonces, varios indicios acerca de la formación de las precitadas cortezas calizas. Datos geomorfológicos: posición en los flancos de valles estrechos que, por su parte, ocupan también una posición geomorfológica particular, a saber: que están tallados en zonas de rellano de la superficie de tangencia superior módulo 1 km². Dato climatológico: en la actualidad las cortezas calizas probablemente no continúan formándose en cantidad considerable. Dato cronológico: un «terminus ante quem» para las cortezas que acompañan los lados del valle del río Alhama entre Cervera y Aguilar, es el foso de la antigua ciudad «Clunia» del mapa topográfico (al Sr. Moreno Rubio, de Cervera del Río Alhama, agradezco la información de que el nombre más acertado es «Leocadi Contrevia») que está tallado en lajas calizas, en parte ya brechificadas; esta ciudad es de la época ibérico-romana (Numancia, etc.).

Caso de que esta acumulación de indicios se compruebe por las futuras investigaciones, resultarán interesantes los datos acerca de la evolución de los sistemas de valles en la Sierra de los Cameros oriental, en particular en los alrededores del río Alhama. Es posible que el escarpe occidental de la precitada cubeta sea el borde de un valle más antiguo, a mayor altitud. Esto implicaría que allí acontecieron considerables traslaciones de valles y altera-

ciones del sistema hidrográfico entre la época del lago del Pontiense y la actualidad, alteraciones que hubieran influido sobre el curso del río Alhama por debajo de Magaña tanto como en los barrancos de La Nava y de Canejada.

Se recuerda en este conjunto que las áreas al Suroeste del Pégado (valle del río Alhama en los alrededores de Cigudosa, y valle del río Valdeprado) se destacan por depresiones de la superficie de tangencia superior módulo 1 km² y por menor grado de relieve (láms. 2-6).

En la cubeta al Norte del Pégado se encuentran aislados vestigios de fases anteriores del desarrollo post-neógeno del sistema del río Alhama. Al Oeste de Aguilar, en los pequeños barrancos afluentes del barranco de La Nava, a 60-70 m. de altitud sobre el lecho actual del río Alhama, se observan pequeños retazos, con espesor de hasta 8 m., de gravas cuyos cantos se componen de areniscas wealdicas; debajo yacen brechas duramente cementadas que contienen muchos componentes de calizas wealdicas de color rojo, que contrasta con la actual meteorización local, que produce suelos pardos (Mapa de los Suelos de España, ed. Minist. de Agricult., 1958).

También al Norte del camino vecinal Aguilar-Gutur se encuentran restos de tales brechas cementadas con componentes rojos, a una altitud de 50-60 m. sobre el nivel del lecho del río Alhama. Encima yacen gruesos conglomerados no cementados, de areniscas wealdicas en su mayoría. La morfología permite la identificación de un antiguo cono de deyección bajando del flanco de las colinas al Oeste del Alto del Carril. Este cono es disconforme respecto a la hidrografía actual, porque está cortado por estrechos barrancos que han evolucionado por ajuste del Barranco del Tajo respecto al río Alhama como base local de erosión. Es interesante que este cono de deyección se compone de gruesos cantos de areniscas wealdicas, que no pueden provenir del ápice actual del cono donde afloran las lascas calizas wealdicas. El material procede de las colinas situadas más al Nordeste, a saber, de los conglomerados neógenos que cubren el Mesozoico deformado y en consecuencia, los cantos de este cono constituyen un depósito secundario. Esta situación tiene cierta importancia por lo que respecta a la interpretación de la geología regional, porque a primera vista tales conglomerados pueden confundirse con los genuinos conglomerados neógenos, cercanos y de altitudes parecidas, que tienen la misma composición y que a veces tampoco están bien cementados.

Parecidos conglomerados se encuentran en el flanco oeste del valle del río Añamaza, más abajo de Valdegutur, a 30-40 m. sobre el lecho del río.

Si se consideran juntos los valles del río Alhama, barranco de Canejada y barranco de Carnanzún al Suroeste de Cervera del Río Alhama, constituyen un curioso conjunto de gradería (lám. 5): todos tienen cursos aproximadamente paralelos hacia el Nordeste a distancia de 3-4 km., y la altitud disminuye 100 m. aprox. de valle en valle hacia el Este.

Todos los datos precitados muestran, entonces, que en la cuenca superior del río Alhama existen notables discrepancias y disconformidades entre la red hidrográfica actual y las zonas de menor relieve, que son, al mismo tiempo, las áreas donde se rellana la superficie de tangencia superior módulo 1 km². Se puede admitir la conclusión de que hubo considerable alteración de la situación geomorfológica después del Pontiense y antes del comienzo del desarrollo del actual sistema hidrográfico. Pero todavía resulta difícil el problema referente al modo de formación y cronología de las mencionadas zonas de rellano y menor relieve, y de las ampliaciones de valles, en la parte oriental de la cuenca.

Antes de emprender investigaciones detalladas en este sentido será ventajoso obtener datos de otro tipo cuantitativo sobre la geomorfología de la región, a saber, datos hipsométricos.

IV. DATOS HIPSEMÉTRICOS

Como aquí se trata de obtener las relaciones hipsométricas solo en un primer plan sinóptico, no se ha empleado el método convencional de determinar las respectivas áreas pertenecientes a las divisiones de la escala de altitud (circunscribir las curvas de nivel del mapa topográfico con el planímetro), sino que se han utilizado los datos ya obtenidos con la mencionada red contadora uniforme. Se ha puesto la máxima altitud dentro de cada unidad de la red como representativa para área unidad (Tanner 1957, citado en Tanner 1959), y sobre esta base se han construido el histograma de porcentajes de frecuencia de áreas correspondientes a los intervalos de altitud (fig. 8) y las curvas hipsométricas en láminas 7 y 8. Pero además se han construido curvas hipsométricas a base de la frecuencia de las mínimas altitudes de las unidades contadoras, lo que produce informaciones adicionales interesantes.

Este método es mucho más rápido que el convencional, aunque sea aproximado; la seguridad de los resultados es suficiente para el primer plan sinóptico, como lo demuestra la verificación siguiente: Se ha hecho una prueba comparativa en la cuenca del Barranco de Gutur; como es la cuenca de mínima área, los errores inherentes al método resultarían los más acentuados en comparación con otro de mayor grado de precisión. La fig. 7 da el resultado de esta prueba. Las curvas finas, continua y rayada, resultan de la determinación a base de la frecuencia de las altitudes máxima, resp. mínima, de las unidades de 1.000 km² de la precitada red; la curva gruesa, continua, está construida a base de la frecuencia de altitudes de los puntos de intersección de una red mucho más fina, donde los puntos son representados para áreas de 0.0625 km² solamente. Se ve que la tendencia de esta curva de

mucho mayor grado de precisión está enteramente conforme con las otras dos, y que su posición es intermedia entre ellas, en el 75 por 100 del diagrama. Solo en los valores marginales más altos y más bajos aparecen pequeñas diferencias que se explican fácilmente por la mejor adaptación de la más fina red a los contornos de la cuenca. Como las cuencas de los otros afluentes

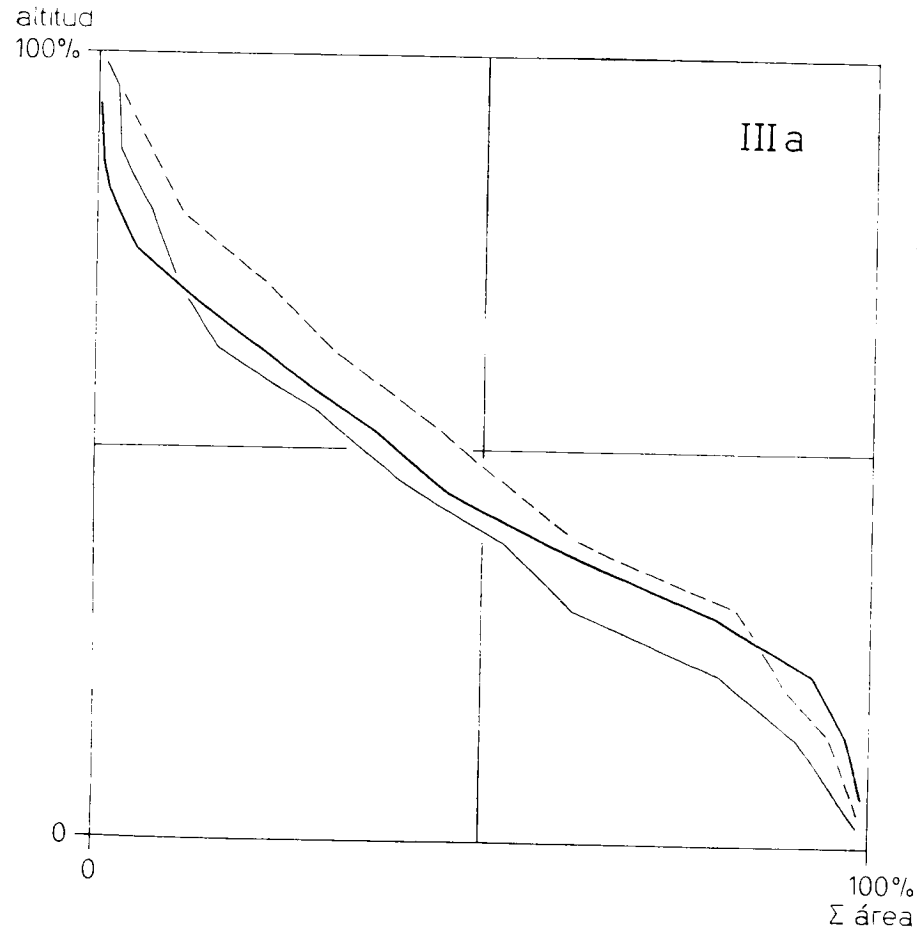


Fig. 7.—Curvas hipsométricas de la cuenca del Barranco de Guter, según diversos modos de determinación (explícite véase el texto).

son mayores que la del Barranco de Guter, los errores marginales de sus curvas hipsométricas son aún menores.

La fig. 8 es una representación del conjunto de la hipsometría de la cuenca superior del río Alhama. Están representados, en forma de «pirámide de población» según intervalos de 50 m. de altitud, los porcentajes de frecuencia de áreas unitarias de 1 km² de la red precipitada con las respectivas altitudes máximas.

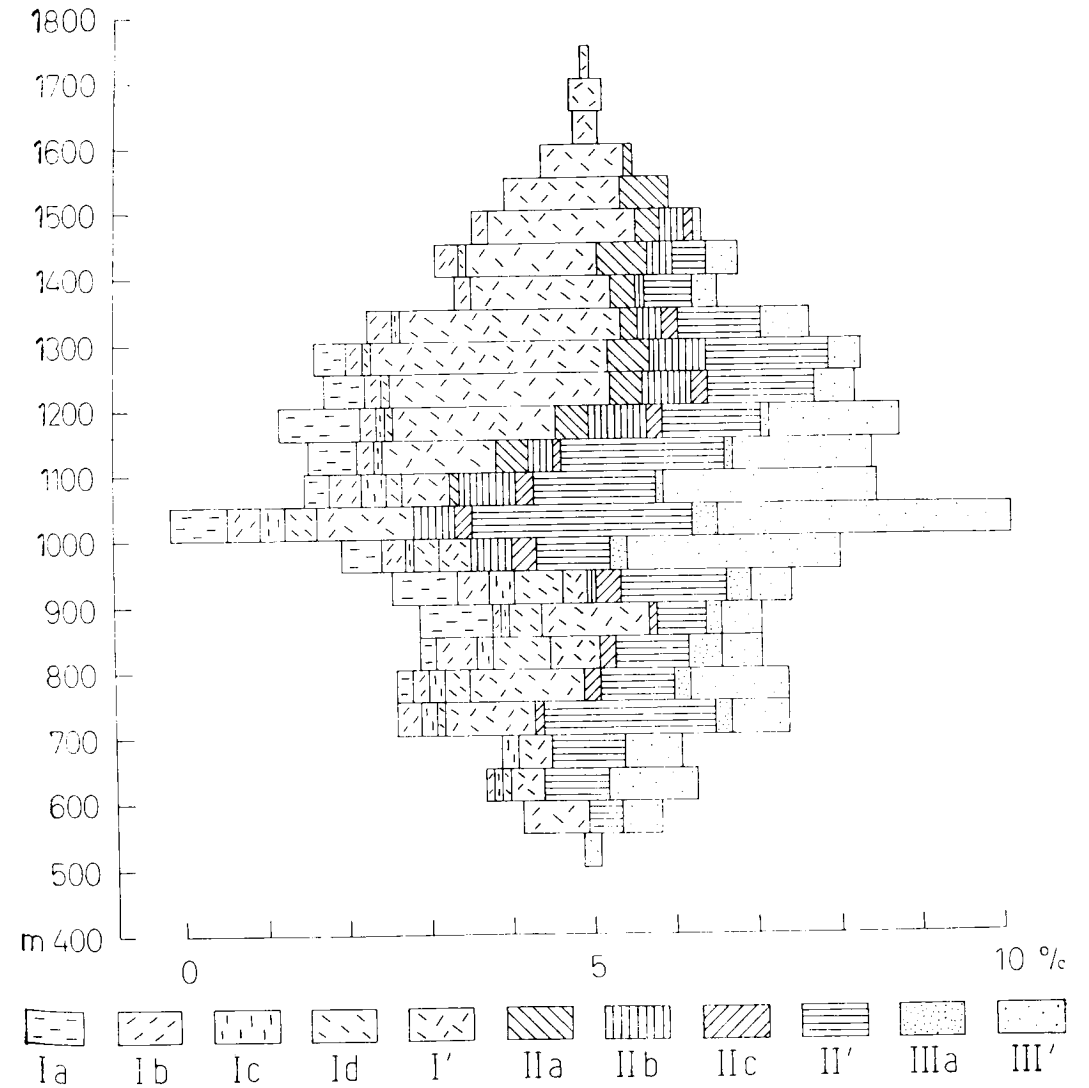


Fig. 8.—Hipsometría de la cuenca superior del Río Alhama, en porcentajes de frecuencia de las células 1 km². de una red contadora uniforme, según sus elevaciones máximas; numeración de las cuencas individuales como en la lám. 1.

Una primera ojeada es suficiente para comprender que aquí no se trata de un relieve formado por un «ciclo de erosión» único e integral, y que el relieve de la cuenca no presenta un estado general de madurez; porque la frecuencia de áreas con altitudes máximas correspondientes a los intervalos de la ordenada no aumenta y después disminuye en progresión monótona de arriba abajo, sino que hay varias anomalías e irregularidades.

La irregularidad más alta, entre 1.700 y 1.600 m., puede ser fortuita. Pero la siguiente frecuencia excepcional, entre 1.500 y 1.400 m., no solo es acumulativa para toda la cuenca superior del río Alhama, sino que se destaca notablemente en ciertas cuencas individuales, tanto en la estadística como en el campo. Se trata sobre todo de las sierras al Sureste del Puerto de Oncala, y de la Sierra de Alcarama: en la fig. 9 está representada la vista de Valdelagua del Cerro hacia el Noroeste: en el fondo se extiende la Sierra de Alcarama (cumbre más alta 1.531 m.), con acentuada concordancia de cumbres entre 1.400 y 1.500 m. Es interesante el hecho de que hay notables concordancias de cumbres de igual nivel también, en otras partes de la Sierra de los Cameros,

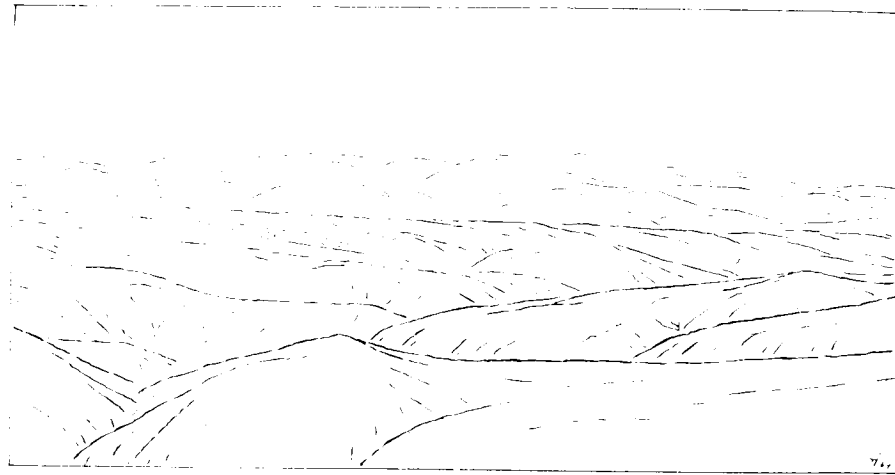


Fig. 9. — Vista de Valdelagua del Cerro hacia el Norte.

por ejemplo, en los montes situados entre los ríos Cidacos y Leza al noroeste de Zarzosa, y en la Sierra de la Laguna entre los ríos Leza e Iregua.

Por debajo de 1.350 m., hasta el máximo entre 1.100 y 1.000 m., la frecuencia de áreas, en general, aumenta poco en el conjunto de la cuenca superior del río Alhama. Pero respecto a cuencas individuales hay irregularidades en esta división, algunas de las cuales son identificables. Por ejemplo, es muy acentuada la frecuencia de áreas con altitudes máximas entre 1.350 y 1.200 m. en la cuenca del propio río Linares (I'); influye aquí la zona con rellano de la superficie de tangencia superior (lám. 2) atravesada por el río al Oeste de la Sierra de Alcarama. La fig. 10 representa una vista, en las cercanías de Villar del Río, de la prolongación oeste de esa cubeta intermontana; al fondo están las sierras que son prolongaciones de la Sierra de Alcarama hacia el Oeste, y largas crestas y cumbres entre 1.500 y 1.700 la unen orográficamente con las montañas situadas alrededor del Puerto de Piqueras; en frente y en el centro se destacan colinas aplanadas y pequeñas mesetas con cumbres y superficies entre 1.200 y 1.300 m. de altitud.

También en la cuenca del Arroyo de Cañizal (I a) hay un máximo de frecuencia de áreas con altitudes máximas entre 1.150 y 1.200 m., representando en particular la ladera este de la Peña Isasa y los montes al oeste de Ambas Aguas; se recuerda en este conjunto el curioso ramal de la zona septentrional de menor relieve (lám. 6).

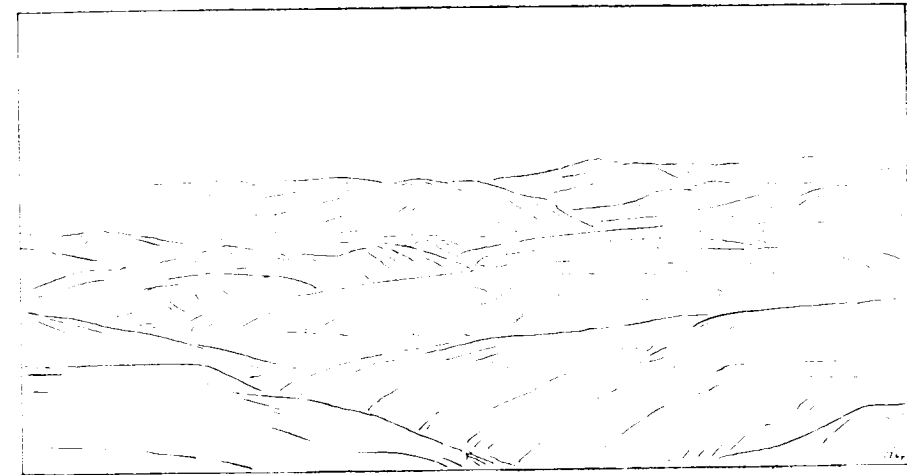


Fig. 10. — Vista de las colinas entre Villar del Río y Aldeacardo hacia el Noroeste.

Como es natural, se destaca por un gran máximo de frecuencia de áreas, el nivel de alrededor de 1.000 m. del Ponticense en el Sureste de la cuenca superior del río Alhama, en particular en la cuenca superior del río (Fuentes-trín) Añamaza. Respecto de esta cuenca particular, en el histograma se notan también las extensas áreas de suaves declives bordeando la llanura de Matalebreras Añavieja-Castilruiz (lám. 5). Ahora es interesante resaltar que la cuenca del propio río Alhama (II') y del río Valdeprado (II b) muestran un parecido máximo: las respectivas áreas están en posición intermedia entre la llanura del nivel del Ponticense en el Sureste y la región precitada (lám. 5 y fig. 10) en la cuenca superior del río Linares. En la fig. 9 (centro) se notan las largas lomas alrededor del río Valdeprado, con sus crestas entre 1.000 y 1.100 m.

Por debajo de 1.000 m. hasta 800 m. el histograma (fig. 8) muestra una abrupta disminución de frecuencia respecto a la totalidad de la cuenca superior del río Alhama. Sin embargo, dentro de este sector existen algunas particularidades que merecen futuras investigaciones detalladas.

Una de ellas ya puede identificarse. En la cuenca del Arroyo de Cañizal (I a) hay un notable máximo de frecuencia de áreas con máximas altitudes entre 950 y 850 m. En este intervalo privilegiado del relieve se encuentran allí

los depósitos del Villafranquiense al Sur de Villarroya. Es interesante que este intervalo de altitud se destaca en el relieve no sólo por concordancia de cumbres, sino por un efectivo rellano. En la fig. 11 está representada la vista del Portillo (1.067 m., al Norte de Grávalos) hacia el OSO. Se nota en el centro una altiplanicie entre 850 y 950 m., en proceso de ser atacada por la reciente erosión. Su parte sur (a la izquierda) está constituida por las capas superiores del Villafranquiense («serie roja superior», Brinkmann 1956). Las pequeñas cuevas de enfrente se alzan, casi como montes-islas, sobre la planicie: están constituidas por calizas jurásicas y carniolas. Se continúan en la topografía hacia el Oeste por una serie de colinas aplanadas y pequeñas muelas oblongas, separadas de las cuevas sólo por un abra de poca profundidad.

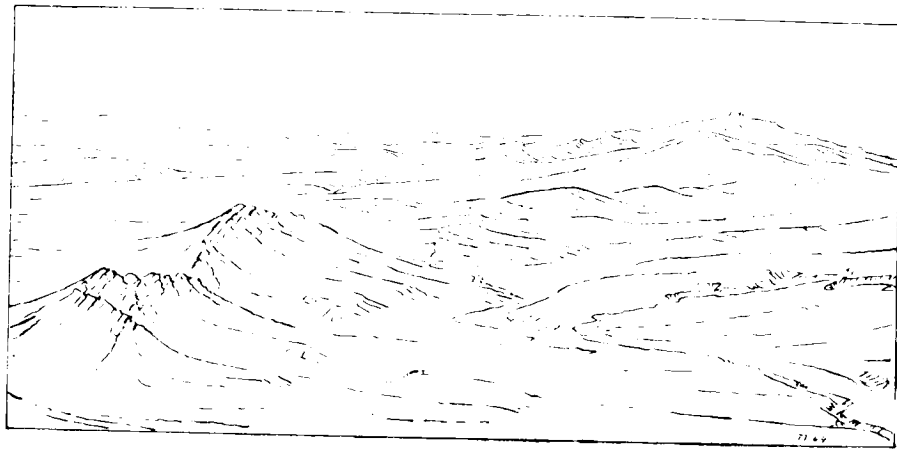


Fig. 11. — Vista del Portillo (1.067 m., al norte de Grávalos) hacia el Oeste.

Allá hay, pues, un conjunto de rellano topográfico con capas horizontales o de poca inclinación derivadas de las cercanías, y el rellano está bordeado por relieves residuales con declives cóncavos —una réplica, a menor escala, del conjunto geomorfológico descrito respecto al Pontense en el Sureste de la sierra—. También el rellano morfológico marcado por el Villafranquiense tiene sus prolongaciones de «rampa somontana» (Solé Sabarís 1952), por ejemplo, más al Oeste en las cercanías de Ambas Aguas, entre los 900 y 950 m. de altitud.

Del conjunto geomorfológico descrito del Villafranquiense se saca la impresión de que ya durante esta época en gran parte de la zona marginal de la Sierra entre Grávalos y Villarroya había desagüe hacia el Sur, mientras que durante el Neógeno el desagüe generalmente se efectuó hacia el Norte. Si el complejo morfotectónico neógeno allá (alzamiento del bloque de la Sierra por flexura y rotura, erosión, transporte y deposición en el flanco norte) hubiese funcionado a continuación, no hubiera podido

producir una reversión hacia el Sur del sistema de desagüe de este sector de la zona marginal de la Sierra. La situación morfotectónica al Sur de esa zona, no contradice por lo menos una hipótesis de reversión pre-villafranquiense del desagüe: porque existe la enorme falla normal que separa el Wealdense de la Sierra y la zona tectónica marginal en sentido estricto (Fischer 1965, lám. 2). Esta falla puede haber sido activa también en esa época; sólo una pequeña fracción, de entre 200 y 300 m. de su desnivel total (> 1.500 m.) hubiese sido necesaria para efectuar la reversión por hundimiento del flanco sur de la zona marginal. La factura que corta el Villafranquiense mismo, sería una tardía falla secundaria, antitética, como lo supone Brinkmann (1956). Se nota (Fischer 1965, lám. 2) que la parte Nordeste de la Sierra de los Cameros al Sur de su borde exterior, a saber, el segmento entre Muro de Aguas, Cornago, Baños de Fitero y Grávalos, constituye un bloque hundido en relación con sus alrededores, y fracturado por varias fallas normales. Es interesante que, en el borde exterior de la Sierra, el relieve original producido por fallas, aun las más importantes, ha sido arrasado ulteriormente, y en parte cubierto por depósitos subsecuentes (véanse las figuras en Brinkmann 1956); pero en el precitado segmento interior, la mayoría de las fallas se destacan todavía en la morfología, p. e. entre Igea y Cornago; es posible que éstas hayan influido aún sobre muy recientes fases del desarrollo del sistema fluvial del río Linares (lám. 5). Se recuerda que este conjunto de la configuración de zonas de menor relieve (lám. 6) en el Nordeste de la Sierra, también parece tener ciertas relaciones tectónicas.

En el histograma de la fig. 8 hay un máximo de frecuencia de áreas con altitudes máximas entre 800 y 700 m., tanto en la cuenca del río Linares como en las del propio río Alhama y río Añamaza, y otro máximo menos acentuado entre 650 y 600 m. En la topografía se hacen notar estos máximos por concordancias de cumbres. Será interesante un futuro estudio detallado que permita establecer una correlación con el nivel del Villafranquiense, o bien que trate de un conjunto geomorfológico perteneciente a otro proceso, a saber, la más reciente denudación y erosión en el precitado segmento nordeste de la sierra, evolucionando en ajuste a una base local de erosión (partes bajas de los cursos de las tres arterias principales), que en grandes áreas queda entre 450 y 550 m. de altitud.

En las láminas 7 y 8 está representada la hipsometría de la cuenca superior del río Alhama y sus subdivisiones hidrográficas naturales, por medio de las convencionales curvas hipsométricas, construidas a base de la determinación descrita anteriormente. Se dan las curvas según dos modos de representación: en la lám. 8 de la manera habitual, con el alcance total del relieve de cada cuenca puesto como 100 por 100 altitud en la ordenada; y en la lám. 7 con la actual elevación en la ordenada, lo que facilita la comparación y paraleli-

zación de los niveles actuales de codos, puntos de inflexión y rellanos de las curvas.

Strahler (1952) ha establecido un sistema de variación del carácter de la hipsometría de cuencas fluviales en correlación con su desarrollo geomorfológico desde juventud y madurez hasta vejez del relieve, o sea en correlación con el «ciclo de erosión». Este sistema está concebido en un primer plano para pequeñas cuencas individuales que evolucionan enteramente bajo régimen de un solo, integral y monótono proceso de erosión progresiva. En consecuencia, es cierto que este sistema no debe aplicarse precipitada y esquemáticamente a heterogéneas cuencas de carácter poligénico como la cuenca superior del río Alhama y gran parte de las cuencas de sus afluentes. Tampoco será posible una rígida aplicación del esquema del «ciclo de erosión»: habrá que emplear este término en sentido más restringido y más neutral, como lo formula, por ejemplo, Louis (1957) «... que el término 'ciclo' ya no está empleado en el comprensivo sentido supuesto por W. M. Davis, sino que significa, en general, una sucesión de formas de relieve que tiende directamente a un específico, limitado y discernible fin de desarrollo geomorfológico». Además habrá que tener en cuenta algunos conceptos del análisis de W. Penck (1924): no cabe duda de que procesos allá precisados teóricamente, de la evolución de declives, pueden influir en ciertas circunstancias sobre el carácter y el desarrollo de la hipsometría estadística de una cuenca fluvial en otro sentido que el del 'puro' ciclo de erosión, a condición, naturalmente, de que tales procesos afecten porcentajes del área de la cuenca suficientemente amplios para repercutir en la estadística.

No obstante todas estas restricciones y precauciones, el sistema de clasificación de curvas hipsométricas de Strahler provee indicaciones aún, si se aplica con la debida precaución, al estudio de cuencas heterogéneas; sirve de instrumento muy eficaz especialmente desde el punto de vista heurístico: si la hipsometría de una actual cuenca fluvial muestra desviaciones del sistema teórico, y si tales desviaciones se acumulan con otros indicios geomorfológicos y geológicos, entonces estará justificada la suposición de que se trata de un complejo geomorfológico significativo que merece futuras investigaciones detalladas. Esta ventaja heurística se aumenta si se utiliza, en adición, las curvas hipsométricas a base de la frecuencia de las altitudes mínimas dentro de las células de la red contadora.

Antes de discutir las indicaciones que resultan de la comparación de los dos tipos de curvas hipsométricas, se hacen algunas observaciones acerca del carácter general de la hipsometría de la cuenca superior del río Alhama y sus subdivisiones, a base de las curvas determinadas por la frecuencia de las máximas elevaciones dentro de áreas unidad.

La cuenca superior del río Alhama tiene una curva hipsométrica (diagrama «total» del renglón inferior, láms. 7 y 8) que indicaría, según la clasifi-

cación de Strahler, una región donde el relieve está en la fase de madurez dentro de un ciclo de erosión. Pero la cuenca es heterogénea y se compone de varias partes que poseen relieves en diversos grados de desarrollo, aún en diferentes divisiones de altitud (otros diagramas). Sin embargo, es curioso el fenómeno de que las hipsometrias diferentes de varias áreas en conjunto se acumulen en una curva hipsométrica tan regular y simétrica, cuyas ramas se aproximan a parábolas casi cuadráticas.

La mayoría de las («superiores») curvas hipsométricas de las cuencas afluentes muestran irregularidades en parte muy acentuadas.

De las pocas curvas medianamente regulares y lisas, la de la cuenca del Barranco de Valdecerezo (I b) sería la menos evolucionada hacia la madurez según el sistema de Strahler. Esto confirma la impresión que se tiene en el campo, del accidentado y abrupto paisaje del valle hondo y estrecho con tajos laterales, que está entallado en la ladera norte de la Sierra de Alcarama. Se recuerda que este afluente del río Linares tiene un perfil longitudinal liso, sin codos, pero con pendiente muy elevada (fig. 1).

Hipsometrias más evolucionadas hacia la madurez se observan en las cuencas de los barrancos de Canejada (I d), La Nava (II c) y Gutur (III a). Si se prolongan, con poca extrapolación, los rellanos en las partes bajas de sus curvas hipsométricas, terminarían en el intervalo del relieve entre 800 y 700 m.

Las otras cuencas se caracterizan por curvas hipsométricas («superiores») no homogéneas, con codos y rellanos a veces muy acentuados, en varias altitudes.

En la curva hipsométrica de la cuenca del propio río Añamaza (III') se destacan netamente dos «pisos», uno por encima y otro por debajo de 1.000 m. El «piso alto» muestra todas las características de un relieve en estado de «vejez» según la clasificación de Strahler. Así se traduce el heredado relieve que está muy evolucionado en su ajuste a la base de erosión del Pontense (lám. 5). Naturalmente no persiste el antiguo relieve con todo detalle en su estado original, porque la ulterior erosión nunca ha cesado completamente, aunque todavía no ha logrado borrar los rasgos fundamentales del paisaje antiguo.

Es interesante resaltar que hacia el Noroeste, en las cuencas II' y III', persiste la bipartición en dos «pisos» con la base del superior elevándose hacia el Oeste. Compárense en este conjunto la configuración de la superficie de tangencia superior módulo 1 km² (lám. 2), la zona suroeste de menor relieve (láms. 3 y 6) y sus correspondientes ampliaciones de valles de los ríos (lám. 5), los rellanos en los perfiles longitudinales (fig. 1), y también el carácter del relieve topográfico en el campo (figs. 2-4, 9 y 10).

El conjunto de los datos hipsométricos y lo que se ha dicho anteriormente acerca de esta zona Suroeste de la cuenca superior del río Alhama, constituye

una base suficiente para la hipótesis de que allá persisten los rasgos principales de un paisaje de la época miocena superior-pontiense; la base local de erosión se extiende sierra adentro con carácter de plataforma, o rampa somontana, de flojo grado de relieve. Este rellano, por así decir, cubeta o ensenada intermontana bordeada por colinas con suaves declives, se une hacia el Sureste en suave transición con el nivel de las calizas depositadas en el lago del Pontiense, que probablemente se extendió aún más hacia el Este hasta el pie del Moncayo (Solé Sabarís & Riba 1952).

Es interesante que los pequeños barrancos posteriores cortando el relieve y alzándose sobre el nivel de base de la época del Pontiense, muestran desarrollo de declives, en parte de tipo «evolución ascendente» de W. Penck (compárense figs. 9 y 10), mientras que por debajo de 1.000 m. cambian de carácter a «evolución rectilínea» (fig. 3) o aún «descendente». Vista la intrincación topográfica y la geología regional (Tischer 1962, lám. 36), no puede ser la causa de esto un juego de mosaico de bloques tectónicos elevándose, sino que influyen otros factores, principalmente el carácter y la configuración del antiguo relieve mismo, anteriores bases locales de erosión intermedias entre la base pontiense y la actual, y hasta posiblemente factores climáticos.

En los escarpes de las curvas hipsométricas I', II', III' por debajo del precipitado «piso alto» se presenta, en principio, el relieve formado ampliamente por la erosión de subsecuentes épocas, subcortando al relieve anterior. Pero no se puede tratar solamente de un nuevo ciclo de erosión en sentido esquemático, porque dentro del «piso bajo» existen varios rellanos y escarpes que están relacionados con otros datos geomorfológicos que indican un desarrollo complicado sobre el que han influido varios factores, incluso subdivisiones locales causadas por la tectónica. Por ejemplo, las precisadas extrapolaciones de las curvas hipsométricas de las cuencas I d, II c y III a, se pueden paralelizar con rellanos en las partes bajas de las curvas hipsométricas I', II' y III', en los niveles de las cuales se destacan áreas de concordancia de cumbres. Se recuerda, por otra parte, el borde oeste de la cubeta al norte del Pégado y la privilegiada posición de zonas con formación de cortezas calizas. Aunque en el presente estado del conocimiento de la geomorfología de la región sea prematura una interpretación sistemática del desarrollo del relieve en el intervalo entre 900 y 700 m., las precisadas relaciones hipsométricas en conjunto con otros datos ya proveen interesantes indicaciones, por lo menos de valor heurístico.

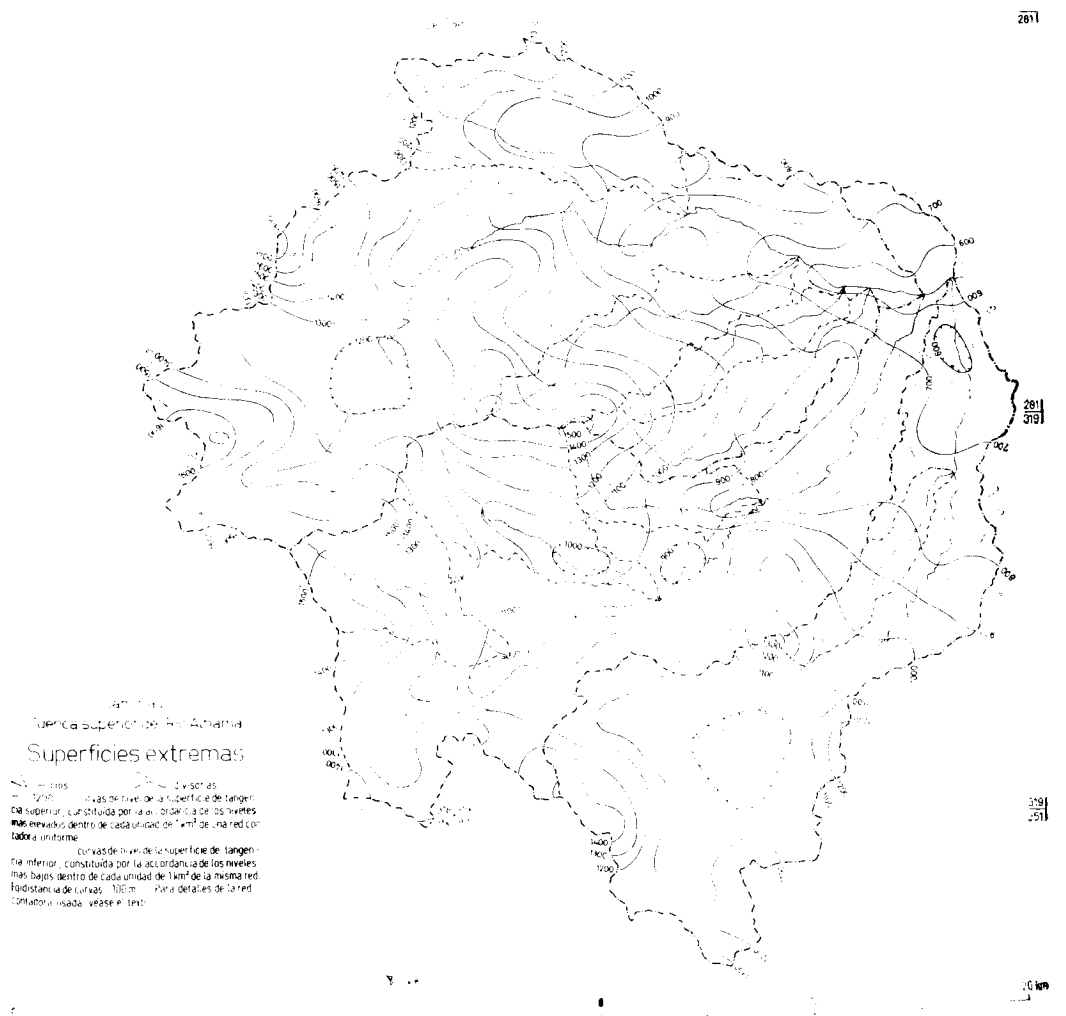
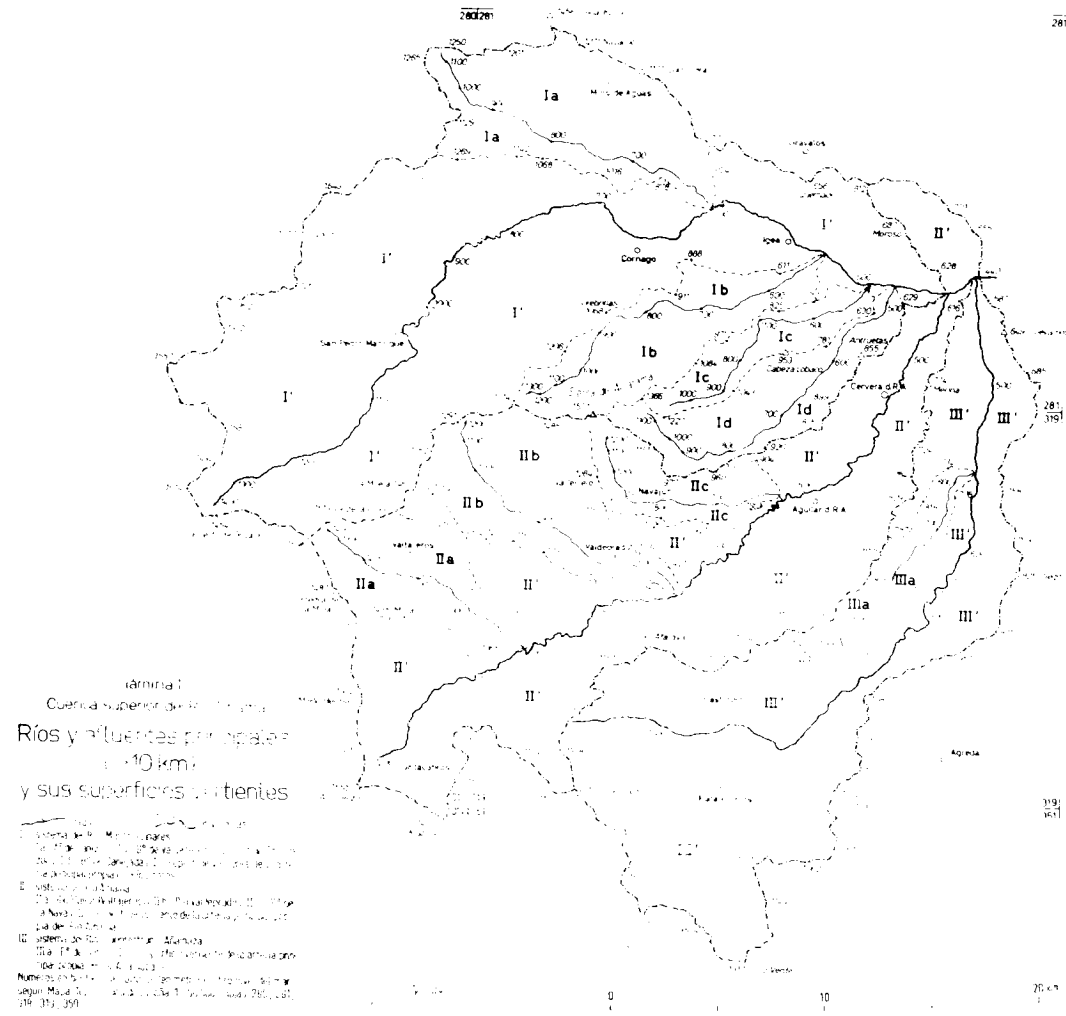
Indicaciones adicionales interesantes resultan de la comparación de los dos precisados tipos de curvas hipsométricas. Del modo de determinación usado se saca la consecuencia de que las curvas «superiores», a base de las frecuencias de altitudes máximas dentro de las células-unidad de la red contadora, acentúan en mayor grado la hipsometría de las cumbres, superficies de plataformas y lomas, etc., o sea la convexidad y los residuos del relieve. Por

otro lado, las curvas «inferiores» (rayadas en láms. 7 y 8), a base de las frecuencias de las mínimas elevaciones dentro de las células-unidad, acentúan más la hipsometría de los suelos de valles y barrancos, cubetas, etc., o sea: la concavidad y el «entallado» del relieve.

También en este conjunto se puede utilizar el sistema de clasificación de Strahler, aun sin aceptarlo como equivalente a una efectiva interpretación física, pero sí en sentido heurístico, como índice para contrastar las tendencias y caracteres de las dos curvas. Si se encuentran notables discrepancias entre los caracteres de las dos curvas hipsométricas de la misma cuenca, entonces es justificada la suposición de que allí existe una configuración de significado geomorfológico, cualquiera que sea la causa.

En la cuenca superior del río Alhama, el carácter de las curvas inferiores generalmente está más avanzado hacia la madurez en el sentido de erosión y denudación progresiva, lo que es natural en paisajes todavía no arrasados completamente; pero en los detalles existen particularidades curiosas: Se observa que la diferencia en grado de evolución de las dos curvas, en el sentido de la clasificación de Strahler, muestra la tendencia a disminuir hacia el Este y Nordeste de cuenca en cuenca (lám. 8: I b-d, II a-b), hasta la notable cuenca del barranco de Gutur, donde la curva hipsométrica «inferior», que acentúa la concavidad o el «entallado» del relieve, está netamente menos evolucionada que la curva «superior». Este es otro dato excepcional sobre dicha cuenca, que se suma a los precisados.

En la hipsometría de la cuenca del río Mayor (II a) se nota también una discrepancia entre las dos curvas, en particular en la parte alta. La curva «superior» está abombada entre 1.350 y 1.500 m. Se produce allí la concordancia de cumbres de las sierras al Sureste del Puerto de Oncala; debajo hay un distinto codo en la curva, y después un rellano terminando en el nivel de 1.100 m. Pero la curva «inferior» de la hipsometría del entallado del relieve no deja ver ni abombamiento ni codo en sus partes altas, sino que se desarrolla como curva de madurez avanzada, según la clasificación de Strahler, tendiendo hacia el nivel de 1.100 m. como base. Es posible que estas relaciones hipsométricas sean indicio de que el curso superior del actual río Mayor utiliza un ancho valle preexistente de dirección O-E, que antes desembocó en el rellano de la rampa somontana que se extiende sierra adentro en prolongación del nivel del Pontiense: suposición interesante que merece futura investigación más detallada (compárense también la precisada ancha «ensenada» en otro sitio de la alta sierra). En los escarpes de las curvas hipsométricas de la cuenca del río Mayor por debajo de 1.100 m. repercute naturalmente la ulterior erosión más lineal, procediendo en ajuste al hondo valle del río Alhama.



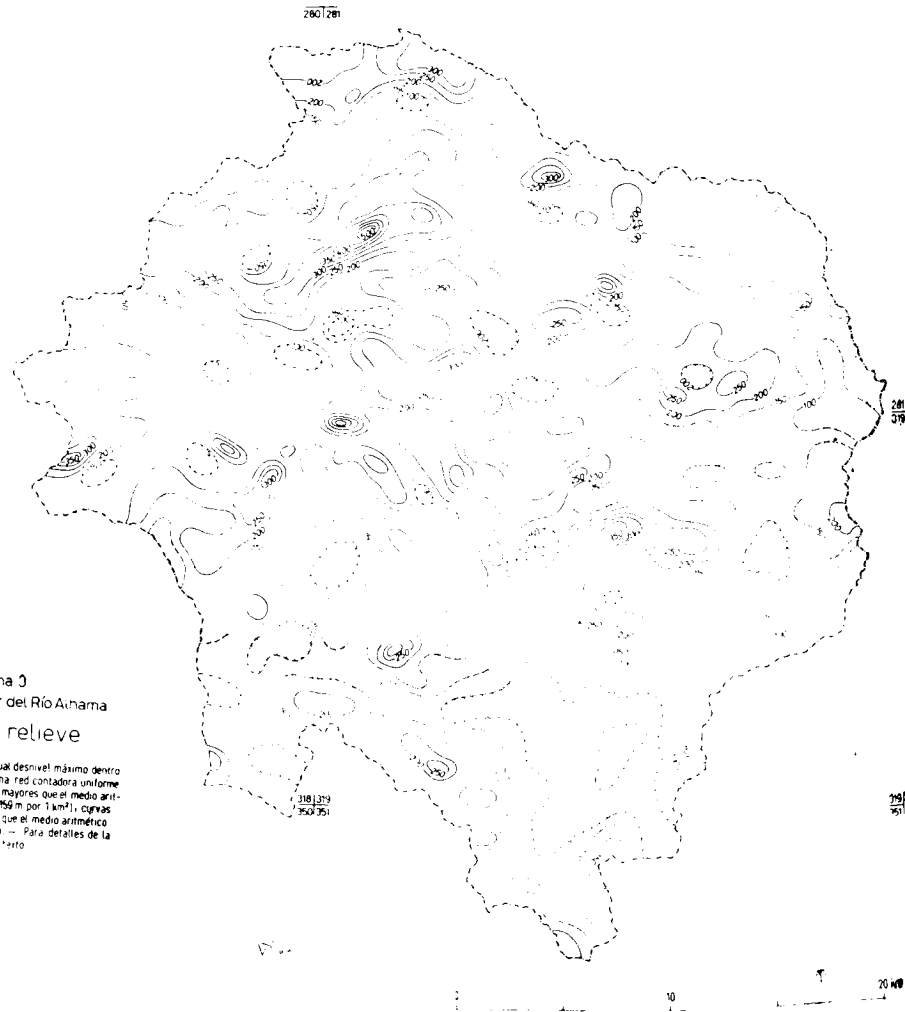


lámina 3
Cuenca superior del Río Alhama
Grado de relieve

representado por curvas de igual desnivel máximo dentro de las unidades de 1 km² de una red contadora uniforme. Curvas continuas: desniveles mayores que el medio aritmético por toda la cuenca (>150 m por 1 km²); curvas rayadas: desniveles menores que el medio aritmético. Equidistancia de curvas: 50 m. Para detalles de la red contadora véase el texto.

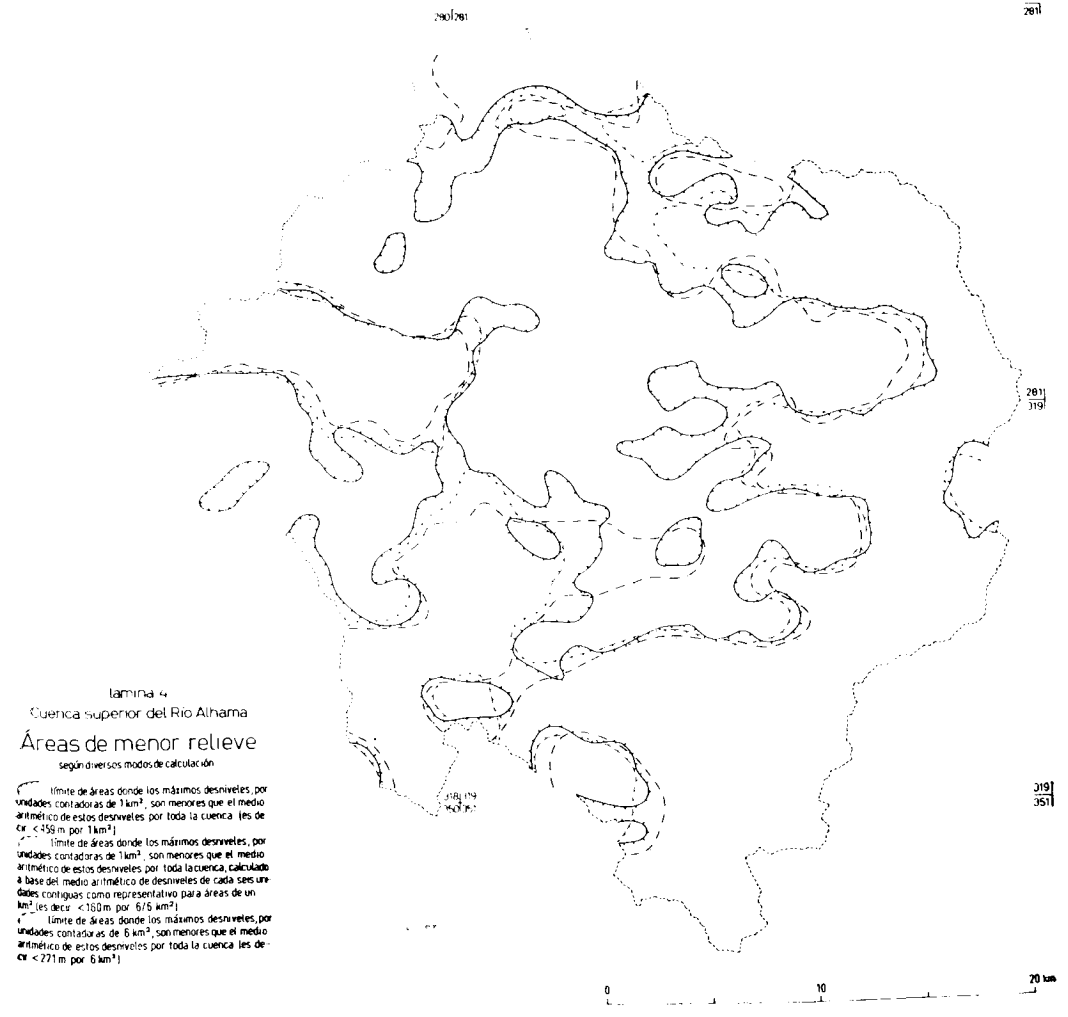


lámina 4
Cuenca superior del Río Alhama
Áreas de menor relieve
según diversos modos de cálculo

1. Límite de áreas donde los máximos desniveles, por unidades contadoras de 1 km², son menores que el medio aritmético de estos desniveles por toda la cuenca (es de $Cx < 150$ m por 1 km²).

2. Límite de áreas donde los máximos desniveles, por unidades contadoras de 1 km², son menores que el medio aritmético de estos desniveles por toda la cuenca, calculado a base del medio aritmético de desniveles de cada ses unidades contiguas como representativo para áreas de un km² (es decir: < 160 m por 6/5 km²).

3. Límite de áreas donde los máximos desniveles, por unidades contadas de 6 km², son menores que el medio aritmético de estos desniveles por toda la cuenca (es de $Cx < 271$ m por 6 km²).

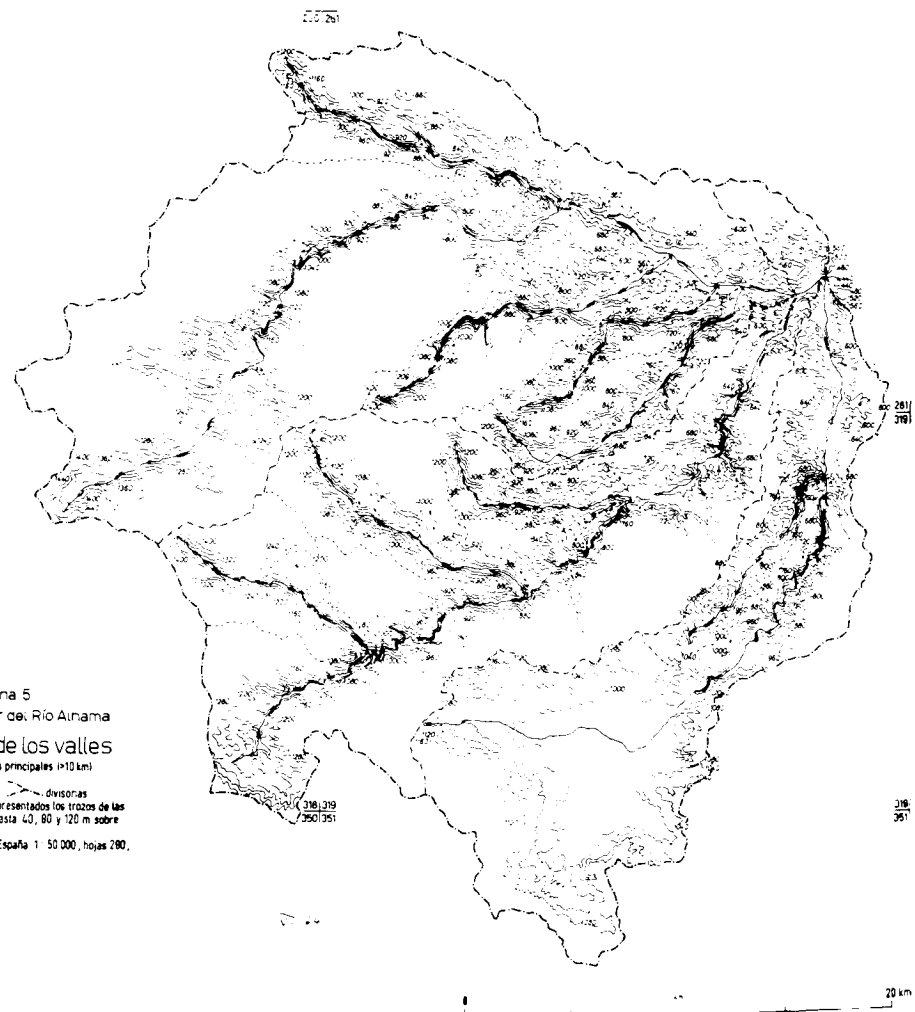


lámina 5
Cuenca superior del Río Alhama
Morfología de los valles
de los ríos y afluentes principales (>10 km)

— ríos — divisoria
A lo largo de cada río son representados los tramos de las curvas de nivel elevándose hasta 40, 60 y 120 m sobre el suelo del valle.
Base: Mapa topográfico de España 1:50.000, hojas 280, 281, 318, 319, 350, 351.

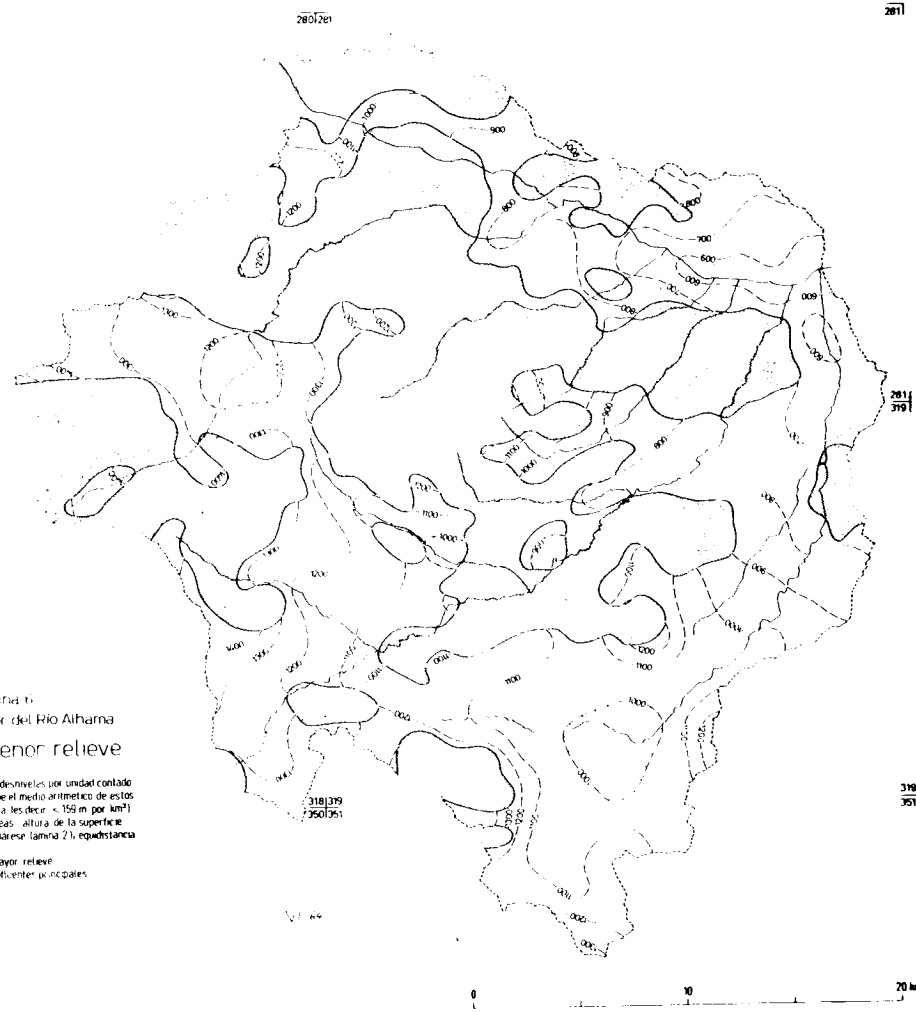


lámina 6
Cuenca superior del Río Alhama
Áreas de menor relieve

En blanco: áreas donde los desniveles por unidad contada (a de 1 km² son menores que el medio aritmético de estos desniveles por toda la cuenca; es decir < 155 m por km²).
Curvas de nivel en estas áreas: altura de la superficie de la cuenca superior (compárese lámina 5); equidistancia 100 m.
En puntillado: áreas con mayor relieve.
Líneas rojuzgadas: ríos y afluentes principales.

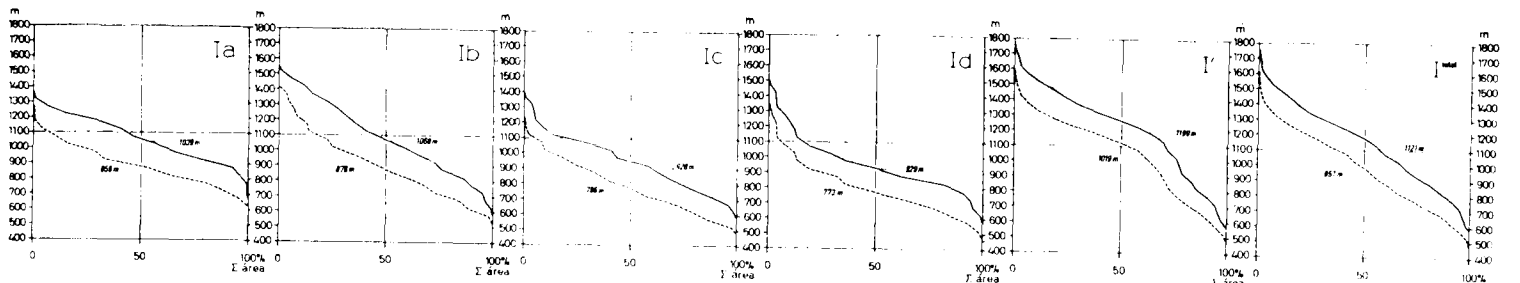


Lámina 7
Cuenca superior del Río Athama
Curvas hipsométricas

De las superficies verticales de los ríos y afluentes por
cuentas en referencia a su actual nivel como una
red.

Curvas continuas: curvas hipsométricas a base de las
elevaciones más altas como representantes de las un-
dades de 1 km² de área del contorno uniforme.

Curvas rotadas: curvas hipsométricas a base de las ele-
vaciones más bajas como representantes de las unidades
de 1 km² de su contorno.

Numeros en la parte inferior de los diagramas: número
arbitrario de las frecuencias de las curvas más altas
y más bajas de las unidades contadas de 1 km².

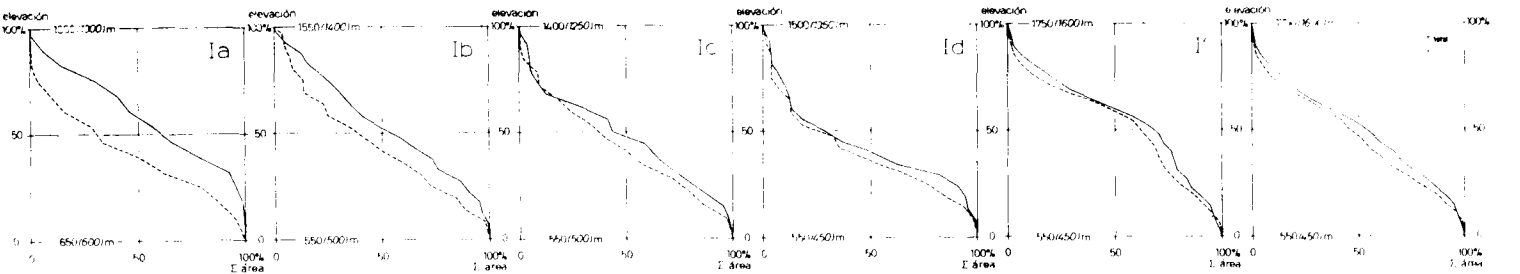
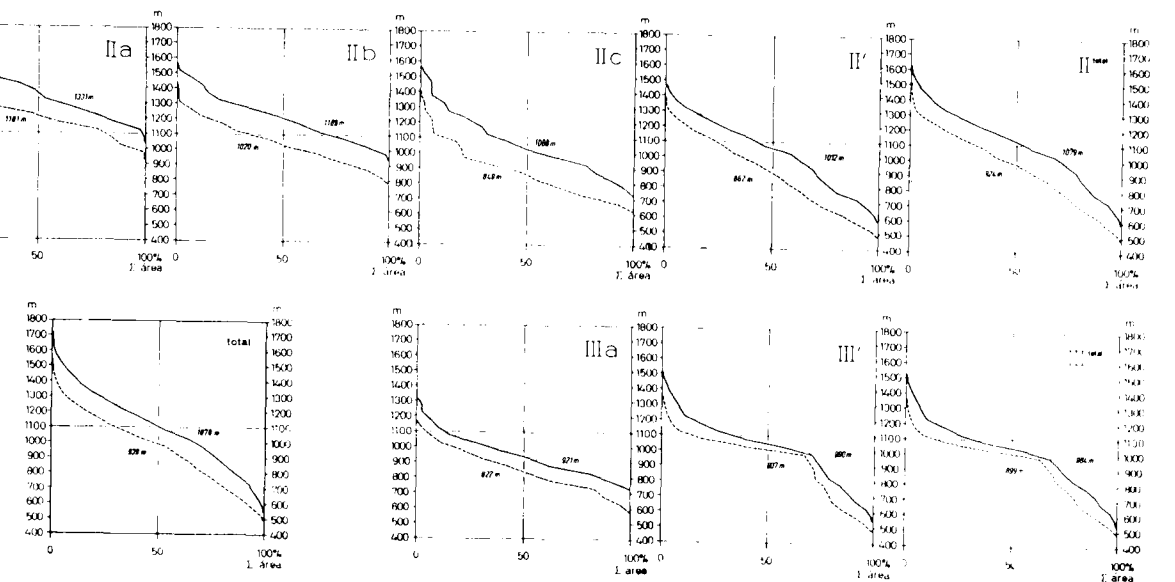
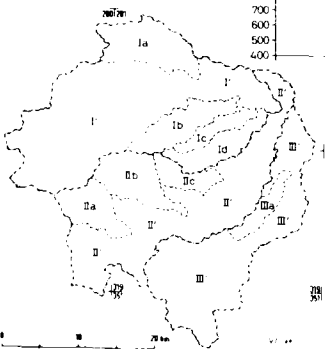


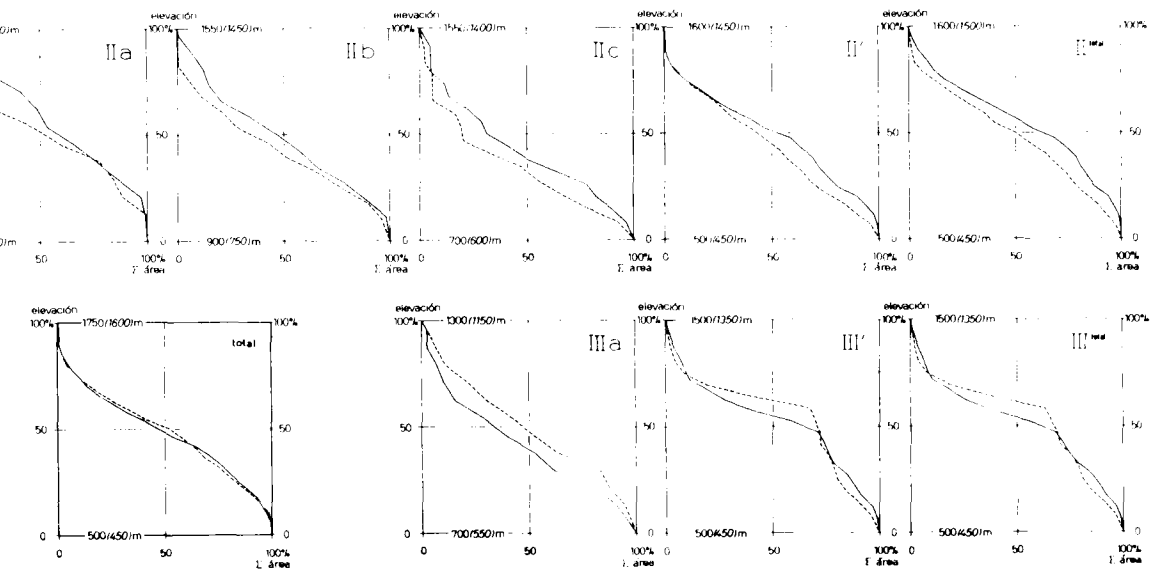
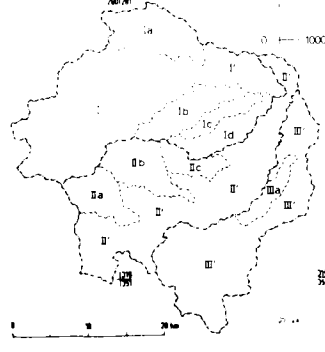
Lámina 8
Cuenca superior del Río Athama
Curvas hipsométricas

De las superficies verticales de los ríos y afluentes por
cuentas en referencia al máximo descenso de cada cuenta
contada como 1 km² de área de su contorno.

Curvas continuas: curvas hipsométricas a base de las ele-
vaciones más altas como representantes de las unidades
de 1 km² de su contorno uniforme.

Curvas rotadas: curvas hipsométricas a base de las ele-
vaciones más bajas como representantes de las unidades
de 1 km² de su contorno.

Los números en la parte inferior de los diagramas de cada
perfil se refieren a elevaciones máximas y mínimas (orden
ascendente) de las unidades que abarcan los ríos más altos de un
contorno de 1 km², número en la parte superior de
los diagramas: orden de los ríos más bajos de las
unidades contadas.



REFERENCIAS CITADAS

- BRINKMANN, R.: *Tertiär und Altquartär in den nordwestlichen Iberischen Ketten*. «Geotekton. Symposium zu Ehren v. H. Stille», pp. 77-84. Stuttgart, 1956.
- CRUSAFONT PAIRÓ, H., VILLALTA COMELLA, J. F. DE, & RIBA, O.: *Livret guide de l'excursion N3, Villafranchien de Villoroya*. «INQUA, 5e Congr.», Madrid, 1957.
- GÓMEZ DE LLARENA, J.: *Geografía física (geodinámica externa)*. «Enciclopedia Labor», vol. I. Barcelona, 1955.
- KLÜPFEL, W.: *Über Reliefmorphogenie und zyklische Landschaftsgenerationen*. «Geolog. Rundschau», vol. 17, pp. 401-417, 1926.
- LOUIS, H.: *Rumpfflächenproblem, Erosionszyklus und Klimageomorphologie*. «Machatschek-Festschrift». Gotha, 1957.
- MASACHS ALAVEDRA, V.: *El régimen de los ríos peninsulares*. «Inst. Lucas Mallada de investig. geol.». Barcelona, 1948.
- PENCK, W.: *Die morphologische Analyse*. Stuttgart, 1924.
- REMY, H.: *Zur Flora und Fauna der Villafranca-Schichten von Villarroya, Prov. Logroño-Spanien*. «Eiszeitalter und Gegenwart», vol. 9, pp. 88-103, 1958.
- RIBA, O.: *Sur le type de sédimentation du Tertiaire continental de la partie ouest du bassin de l'Ebre*. «Geolog. Rundschau», vol. 43, pp. 363-371, 1955.
- SOLÉ SABARIS, L.: *España. Geografía física*. Pte. 1.ª Barcelona, 1952.
- SOLÉ SABARIS, L. & RIBA, O.: *Evolución del borde N.E. de la meseta española durante el Terciario*. «C. R. Congr. Geol. Internat. XIX (Alger), sect. XIII, 1e pt.», pp. 261-274, 1952.
- STRAHLER, A. N.: *Quantitative geomorphology of erosional landscapes*. «C. R. Congr. Geol. Internat. XIX (Alger), sect. XIII, 3e pt.», pp. 341-354, 1952.
- TANNER, W. F.: *Examples of departure from the Gaussian in geomorphic analysis*. «Amer. Journ. Sci.», vol. 257, pp. 458-460, 1959.
- TISCHER, G.: *Über die Wealdenablagerung und die Tektonik der östlichen sierra de los Cameros in den nordwestlichen Ketten (Spanien)*. «Beihefte z. Geol. Jahrbuch», no. 44, pp. 122-163. Hannover, (1962).
- : *El delta cuádrado de las montañas Ibéricas occidentales y sus enlaces tectónicos*. «Inst. Geol. y Min. de España, Notas y Comunic.», n.º , 1965.
- VILLALTA COMELLA, J. F. DE: *Contribución al conocimiento de la fauna de mamíferos fósiles de Villarroya (Logroño)*. «Bolet. Inst. Geol. y Min. de España», vol. 64/1, 1952.

MAPAS:

- Mapa topográfico de España* 1:50.000, ed. Dir. Gen. Inst. Geogr. y Catast., hojas 280, 281, 318, 319, 350, 351.
- Mapa de los suelos de España peninsular*, ed. Minist. de Agricult., 1958.

Recibido el 1-II 65.

JACQUES PAQUET

OBSERVACIONES SOBRE LA SUBBÉTICA AL SUR DE CALASPARRA (PROVINCIA DE MURCIA)

RESUMEN

La Subbética, capa externa de las Cordilleras béticas, soporta, sobre el meridiano de Calasparra, de Norte a Sur, numerosas unidades tectónicas. Entre la Prebética autóctona al Norte y el Triás base de las unidades subbéticas al Sur, se sitúa la unidad de la Puerta, donde las facies son intermedias entre las de la Prebética y las de la Subbética más septentrional. Esta última está constituida por la unidad de los Rameles, esencialmente cretácica y eocena, presentando facies intermedias entre las de la unidad de la Puerta y las de la unidad de la Loma de Solana más meridional. Esta, caracterizada por facies calizas durante todo el Jurásico, es margosa del Berriasiense al Oligoceno. Superpuesta a la unidad de la Loma de Solana, viene la unidad de la Sierrecica de las Cabras, donde las facies son idénticas a las de la precedente. Esta seguida, hacia el Sur, por la unidad de la Sierra de Burete, donde las facies se unen a la vez a las de las unidades subbéticas septentrionales y a las de las unidades meridionales. La unidad de la Sierra de Ponce, meridional, presenta facies calizas hasta el Lias Medio. El Lias Superior, el Jurásico Medio y Superior, y el Cretácico, son margosos. Viene a continuación una potente serie caliza del Eoceno Superior-Oligoceno.

Se tratan diferentes problemas tectónicos, en particular las relaciones entre las unidades de la Loma de Solana, de la Sierrecica de las Cabras y de la Sierra de Burete. Ciertos hechos, se oponen a las consecuencias de una tectónica simple de capa empujada hacia el Norte, poniendo en evidencia la existencia de una tectónica dirigida hacia el Sureste.

El conjunto subbético, capa externa de las cordilleras béticas, cabalga ampliamente la Prebética, cobertera sedimentaria autóctona de la Meseta ibérica. La característica tectónica de la Subbética con respecto a la relativa compacidad de las zonas internas (Bética de Málaga y Alpujarras) consiste en una «marquetería» sin líneas directrices aparentes, dando la impresión de que el «carácter desordenado de los afloramientos traduce un desorden tectónico íntimo» (Fallot, 1948). En una serie de notas preliminares (Paquet,

(*) Traducción realizada por María Concepción López de Azcona Fraile. «Bull. Soc. Géol. Fr.», (7), V, pp. 1.035-1.040, 1963.

1961, 1962 a y b, 1963 a y b), tuvo el autor la ocasión de describir, después de P. Fallot (1945), diversos sectores de su zona de estudio. Recientes investigaciones del autor han terminado en algunas modificaciones y algunos aportes que se darán a conocer más tarde.

UNIDADES TECTÓNICAS

En el meridiano de Calasparra (NW de Murcia), el conjunto subbético aflora ampliamente, sin estar enmascarado por formaciones neógenas post-orogénicas. Del Norte al Sur (fig. 1) afloran las unidades siguientes:

1. *La Prebética s. s.*—Definida por P. Fallot (1945), después localmente analizada por M. Durand Delga y J. Magné (1958) en la región de Moratalla, al W de Calasparra, se prolonga en la Sierra del Molino, al E de Calasparra (Paquet, 1963 b). Está caracterizada por las facies neríticas, lagunares o continentales.

2. *La unidad de la Puerta* (Paquet, 1962 b y 1963 a) está caracterizada por las facies intermedias, esencialmente del Terciario, entre las de la Prebética s. s. y las de las unidades subbéticas situadas más al Sur. Esta unidad, en posición invertida, se hunde bajo el Triás frontal, base común de las unidades subbéticas más meridionales. Podría tratarse, como ya ha supuesto P. Fallot (1945), del flanco meridional invertido, con facies presentando ya una tendencia «subbética», de un sinclinal donde el flanco septentrional normal tiene facies típicamente prebéticas. En esta hipótesis, el cabalgamiento de esta unidad sobre las margas miocenas prebéticas (Paquet, 1962 b) sería menor. La unidad de la Puerta es en realidad de orden paleogeográfico.

3.—*La unidad de los Ramelos* es la unidad subbética más septentrional, está esencialmente constituida de terrenos que van del Jurásico Superior al Eoceno Superior (Paquet, 1963 b). Sus términos cretácicos y terciarios tienen facies intermedias entre las de la unidad de la Puerta y las de la Loma de Solana, típicamente subbética, situada más al Sur.

4.—*La unidad de la Loma de Solana* (Paquet, 1962 a) o «Subbética Norte» (Paquet, 1962 b, 1963 a) constituye los relieves de la Loma de Solana (Sierras de Quipar y de la Peña Rubia), amplio sinclinal formado por terrenos que van del Lías Inferior al Oligoceno. El Jurásico, dolomítico en la base, es calizo hasta el Titónico. El Cretácico (Fallot, Durand Delga, Busnardó y Sigal, 1958; Paquet, 1961), el Eoceno y el Oligoceno (Durand Delga y Magné, 1958) son casi uniformemente margosos.

La característica esencial de esta unidad es poseer un Malm constituido por calizas nodulosas rojas en lechos, con pasos margosos en el Oxfordiense Superior (en el sentido de Arkell) y en el Titónico. Estos lechos pasan

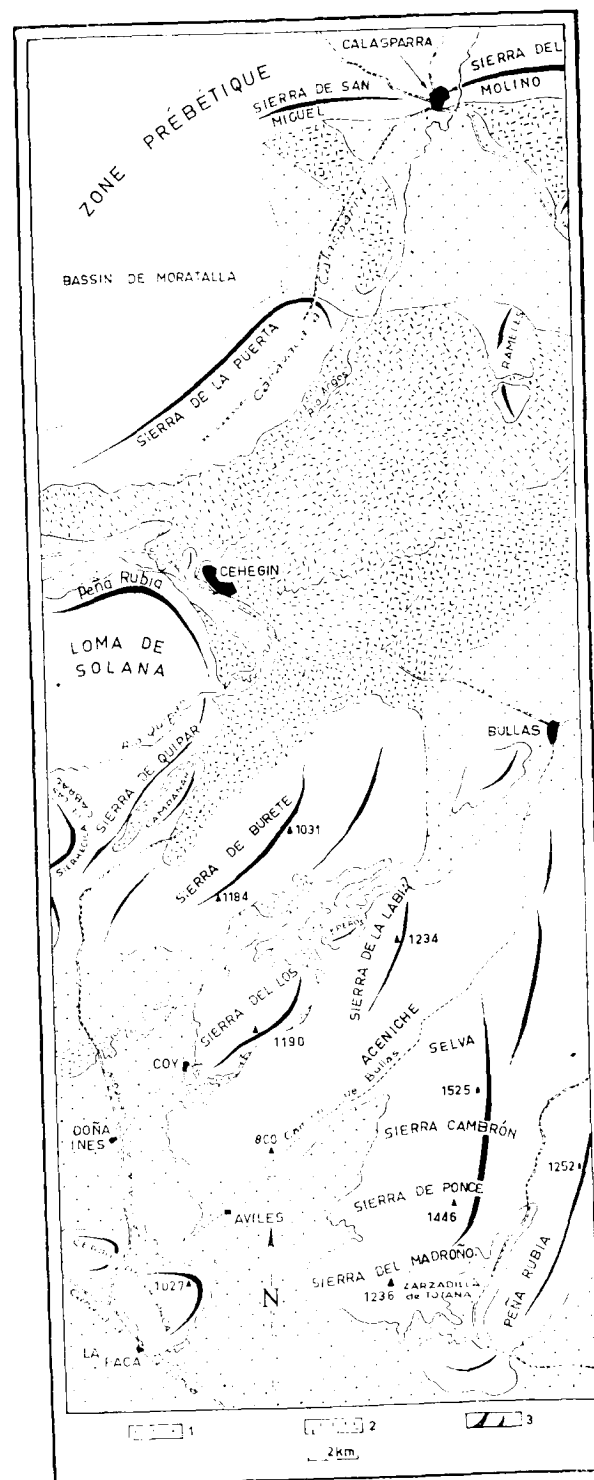


Fig. 1.—Bosquejo orográfico de la región situada al S. de Calasparra.

1: terrenos postorogénicos; 2: Triás subbético basal; 3: principales ejes orográficos.

lateralmente, insensiblemente, sin normas aparentes, a calizas de grano fino, siempre de color rojo. Estas calizas están clásicamente definidas a partir de W. Kilian (1889) como del Jurásico Superior con «facies andalou».

5.—*La unidad de la Sierrecica de las Cabras* forma su último relieve, el Campanario y una gran parte del alto valle del río Burete. Con anterioridad (Paquet, 1962 a), el autor había referido el alto valle del río Burete a la «unidad de Cehegin». Dicha unidad (Paquet, 1962 a), que había calificado después el autor de *subunidad de Cehegin* (1962 b), poco importante en extensión, se sitúa al N. de la unidad de la Loma de Solana. Sus términos, esencialmente *neocomienses* y *barremienses*, reposan sobre el Trías basal al Norte, se sitúan bajo los de la unidad de la Loma de Solana: es por esto por lo que el autor pensó hacer una simple subunidad (de Cehegin).

Necesita el autor definir después de lo anterior la unidad de la Sierrecica de las Cabras: aflora ampliamente y forma los relieves situados entre la Sierra de Quipar, la de Burete y la misma Sierrecica de las Cabras. Esta unidad reposa, en contacto anormal, por intermedio del Trías, sobre las margas cretácicas de la unidad de la Loma de Solana. Las facies de estas dos últimas unidades son, sin embargo, idénticas.

6.—*La unidad de la Sierra de Burete* se sitúa al SE de la precedente. Ya explicará después el autor sus relaciones tectónicas con la unidad de la Sierrecica de las Cabras. Presenta facies intermedias, por una parte entre las de las unidades de la Loma de Solana y de la Sierrecica de las Cabras al Norte, y por otra parte las de las unidades con facies más margosas al Sur.

La Sierra de Burete muestra la serie liásica siguiente, de abajo a arriba:

- una potente serie de dolomías grises del Lías Inferior;
- calizas compactas negras seguidas de calizas con entronques y con trazos ferruginosos del Domeriense;
- calizas más o menos margosas gris-negras y calizas rojas del Toarciense.

Sobre este Lías, viene el Dogger formado por potentes calizas con «filamentos» y con sílex ocres. El Malm ofrece un interés particular cuanto que está constituido tanto por calizas compactas grises de grano fino o de calizas nodulosas rojas en bancos claros (como el Malm de la unidad más septentrional de la Loma de Solana), como por calizas margosas grises y por margo-calizas (como el Malm de la unidad más meridional de la Sierra Ponce). El Cretácico Inferior y Medio está bajo forma de margo-calizas y de calizas margosas grises con Radiolarios, de facies absolutamente idénticas a las del Jurásico Superior, las cuales son aquí margosas. El Cretácico Superior, que presenta un conglomerado con elementos calizos y cemento margo-calizo en la base está formado de calizas margosas con *Globotruncana* de color rojo claramente más violáceo que el de los «dechos rojos» de la unidad de la Loma

de Solana y evidentemente más calizo que estos últimos. El Eoceno Inferior está constituido por calizas verdes con Globorrotálidos. El Eoceno Medio es calizo y tiene en la base un nivel conglomerático remanente del Cretácico Superior. Vienen en seguida las calizas con Nummulites, Orthophragminas y Lithothamniums.

La serie estratigráfica de la Sierra de Burete se para en este nivel.

7.—*La unidad de la Sierra de Ponce* o «Subbética sur» (Paquet, 1962 b y 1963 a). La base de esta serie está formada de dolomías del Lías Inferior. Vienen en seguida las calizas presentando en la cumbre algunos niveles con grandes Lamelibranchios y con sílex (Lías Medio). El resto de la serie jurásica está uniformemente formado por calizas margosas y por margas. Pudo el autor observar por lo menos, en el interior de esta serie margosa, pequeños lentejones de calizas brechosas o nódulos rojos al nivel del Titónico; la extensión de estas facies calizas parece ínfima con respecto a la de las facies margosas. Sin embargo, se debe hacer notar que las margo-calizas y calizas margosas del Titónico presentan localmente el color rojo que caracteriza a las calizas nodulosas del Malm de la unidad de la Loma de Solana. El Cretácico es por tanto, especialmente margoso. Viene a continuación el Eoceno Superior, transgresivo, seguido en continuidad por un conjunto calizo del Oligo-Mioceno.

PROBLEMAS TECTÓNICOS

El estudio tectónico, al terminar un levantamiento detallado al 50.000, ha permitido dilucidar las relaciones entre la unidad de la Loma de Solana, unidad de la Sierrecica de las Cabras, y unidad de la Sierra de Burete. El corte figurado (fig. 2) muestra claramente estas relaciones.

1.—*La unidad de la Sierrecica de las Cabras* parece reposar a la vez sobre la de la Loma de Solana al Norte, y sobre la unidad de la Sierra de Burete al Sur (fig. 2A). En realidad, la sola superposición real es la de la unidad de la Sierrecica de las Cabras sobre la de la Loma de Solana. En efecto, al Sur, la Sierra de Burete constituye, en sus grandes líneas, un pliegue sinclinal tumbado hacia el Sureste. El Trías observable entre la unidad de la Sierrecica de las Cabras y la de la Sierra de Burete podría constituir, en realidad, la base volcada de la unidad de la Sierra de Burete. Este Trías se hunde, actualmente, con un fuerte buzamiento, bajo las margo-calizas del Cretácico Inferior de la unidad de la Sierrecica de las Cabras. Esta disposición resultaría de un derrumbamiento que hubiese afectado a toda esta zona.

2.—*La unidad de la Sierra de Burete* (fig. 2A), cabalgando más o menos inicialmente la de la Sierrecica de las Cabras, al Sur de la cual se sitúa en todo caso, es por consiguiente un pliegue sinclinal con el flanco Noroeste

anterior consideró el autor (1962 b) que el Lías de la Sierra de la Labia era un retazo aislado de la «Subbética norte» reposando sobre la «Subbética sur». Investigaciones más detalladas han establecido que, en realidad, la serie de la Sierra de la Labia se enriquece en términos llegando hasta el Cretácico Inferior y que toda la Sierra pertenece a la unidad de la Sierra de Ponce.

4.—La unidad de la Sierra de Ponce (fig. 2 B) constituye el amplio macizo de Ponce, de Selva y de Cambrón, largo eje orográfico orientado NNE-SSE. Hacia el Noroeste, forma la depresión del Aceniche y los relieves de la Sierra de la Labia. La Sierra de Ponce constituye un gran pliegue anticlinal con el flanco oriental volcado y, según las apariencias, cizallado. El corte del Madroño, cerca de Zarzadilla de Totana, permite observar el cabalgamiento del flanco Noroeste sobre el flanco Sureste, en una longitud de un kilómetro por lo menos.

CONCLUSIONES

1.—Los cabalgamientos ligados a la tectónica, en superficie, están, en la zona subbética, generalmente dirigidos hacia el Norte; la inclinación de los contactos es generalmente hacia el Sur. En el sector de estudio del autor, en un cierto número de casos, aparece lo inverso. Estas «anomalías» tectónicas se traducen por:

- derrumbamientos hacia el Sureste de series enteras y de contactos anormales mayores (unidad de la Sierra de Burete);
- cabalgamientos internos al nivel de términos de rigidez diferente al medio de la unidad de la Sierra de Burete (cabalgamiento del Lías sobre el Cretácico que puede resultar de la ruptura de un anticlinal hacia el Sureste);
- pliegues anticlinales disimétricos o cabalgando hacia el Este-Sudeste (unidad de la Sierra de Ponce).

2.—En la transversal de Calasparra, de Norte a Sur, en encuentran las unidades siguientes:

- a.—la Prebética s. s.;
- b.—la unidad de la Puerta;
- c.—la unidad de los Rameles;
- d.—la unidad de la Loma de Solana, a la cual el autor une la sub-unidad de Cehegin;
- e.—la unidad de la Sierrecica de las Cabras;
- f.—la unidad de la Sierra de Burete;
- g.—la unidad de la Sierra de Ponce.

Habiendo dado los nombres de las diferentes unidades subbéticas y la

diversidad de sus series estratigráficas en el meridiano de Calasparra, conviene abandonar los términos de «Subbética norte» y de «Subbética sur» que introdujo el autor (1962 b, 1963 a) en su sector de estudio, cuyo significado es muy poco preciso, y conservar únicamente las denominaciones de las unidades enumeradas anteriormente.

BIBLIOGRAFÍA

- DUPUY DE LÔME, E. y MARÍN DE LA BÀRCENA, A. 1962: *Mapa Geológico de España*, Hoja núm. 890, Calasparra, Murcia. «Madrid Inst. geol. y min. España».
- DUPUY DE LÔME, E. y TRIGUEROS, E. 1958: *Mapa Geológico de España*, Hoja núm. 932, Coy. «Madrid Inst. geol. y min. España».
- DURAND DELGA, M. y MAGNÉ, J. 1958: *Données stratigraphiques et micropaléontologiques sur le Nummulitique de l'Est des Cordillères bétiques*. (Espagne). «Rev. Micropal.», t. 1, núm. 3, pp. 155-175.
- FALLOT, P. 1945: *Estudios geológicos en la zona subbética entre Alicante y el río Guadiana Menor*. «Mem. Inst. Lucas Mallada, C. S. I. C.», 719 pp.
- — — 1948: *Les Cordillères bétiques*. «Est. geol.», Núm. 8, pp. 83-172.
- FALLOT, P., DURAND DELGA, M., BUSNARDÓ, R. y SIGAL, J. 1958: *El Cretácico superior del sur de Caravaca (Murcia)*. «Notas y Com. Inst. geol. y min. España», núm. 50, pp. 283-298.
- KILLIAN, W. 1889: *Le gisement tithonique de la Fuente de los Frailes. Etude paléontologique sur les terrains secondaires et tertiaires d'Andalousie*. In *Mission d'Andalousie*. «Mém. Ac. Ss.», t. XXX, núm. 2, pp. 581-739.
- PAQUET, J. 1961: *Données nouvelles sur le Crétacé subbétique au Sud Est de Caravaca (prov. de Murcie, Espagne)*. «B. S. G. F.», (7), III, pp. 74-76.
- — — 1962 a: *Observaciones geológicas en la Loma de Solana (sur de Cehegin, Murcia)*. «Notas y Com. Inst. geol. y min. España», núm. 67, pp. 147-158.
- — — 1962 b: *Note préliminaire sur le Prébétique et le Subbétique au N. de la Sierra España (prov. de Murcie, Espagne)*. «Ann. Soc. géol. Nord», t. LXXXII, pp. 235-240.
- — — 1963 a: *Subdivisions principales du Prébétique et du Subbétique au Sud-Est de Caravaca (province de Murcie, Espagne)*. «C. R. Ac. Sc.», t. 256, pp. 458-460.
- — — *Le contact frontal du Subbétique au sud du río Segura (Est. de Calasparra, province de Murcie, Espagne)*. «Ibid.», t. 256, pp. 5.599-5.602.

Recibido el 23-VII-65.

ALBERT F. DE LAPPARENT (Paris)

NOUVEAUX GISEMENTS DE REPTILES MESOZOIQUES EN ESPAGNE

R É S U M É

Énumération de 24 gisements de Reptiles fossiles, récemment découverts en Espagne et se répartissant ainsi :

Dans le Trias: *Cheirotherium* et *Placodus*; dans le Jurassique: Crocodilien marin et Dinosauriens; dans le Crétacé inférieur: *Megalosaurus*, Sauropode, *Iguanodon*; dans le Crétacé supérieur: os de Sauropode et d'Ornithopode, oeufs de Dinosaures.

R E S U M E N

Enumeración de 24 yacimientos de reptiles fósiles, recientemente descubiertos en España, que se distribuyen así:

En el Triásico: *Cheirotherium* y *Placodus*. En el Jurásico: Cocodrilo marino y Dinosaurios. En el Cretáceo Inferior: *Megalosaurus*, Saurópodos, *Iguanodon*. En el Cretáceo Superior: Huesos de Saurópodos y Ornithópodos, Huevos de Dinosaurio.

A l'occasion du XIV^e Congrès géologique international, Madrid, 1926, J. Royo y Gómez avait publié une mise au point des gisements de Reptiles connus à cette date dans les terrains secondaires d'Espagne. Désirant étendre à notre tour la recherche des Vertébrés fossiles dans les séries continentales espagnoles, nous fîmes en 1954 un voyage de reconnaissance avec Bernard Guérangé à Morella, Benageber et Utrillas. Ces gisements, signalés antérieurement, ne nous donnèrent rien de bien nouveau. Mais nous avons alors formé le projet de confier à de jeunes géologues travaillant sous notre direction effective l'étude détaillée de diverses régions, dans les provinces situées à l'Est de la Meseta. C'est ainsi que de 1954 à 1964 des découvertes se sont accumulées. L'amitié de M. José María Ríos nous ayant toujours soutenus dans nos travaux en Espagne pendant ces dix années, nous sommes heureux de lui dédier aujourd'hui une mise au point sur les Reptiles mésozoïques d'Espagne.

Les gisements se répartissent dans les trois grandes périodes: Trias, Jurassique, Crétacé. La carte fig. 1 les situe géographiquement. La liste bibliographique finale fait état de travaux de détail peu connus, dont il sera utile d'avoir la référence.

On sait que les Reptiles fossiles se manifestent au géologue ordinairement par des dents ou par des os du squelette, plus rarement par des coquilles d'oeufs ou des traces de pas. Tels sont, en effet, les objets paléontologiques que nous connaissons maintenant dans les terrains secondaires d'Espagne.

LE TRIAS

Une contre-empreinte de pas de *Chirotherium*, fort bien conservée, fut découverte en 1964 à Boniches [16] (1) dans des grès rouges qu'il faut sans doute rapporter ici à la partie inférieure du Trias moyen (Mathieu 1965). On pense que les traces de cette sorte doivent être attribuées à des Reptiles Pseudosuchiens. Une empreinte semblable avait été trouvée autrefois dans le Trias de Molina de Aragón (Calderón 1897).

Les Placodontes sont des Reptiles marins bien spéciaux à l'époque du Trias. Or des restes de ces intéressants animaux ont été découverts en plusieurs points dans le Muschelkalk :

—une dent, récoltée par nous dans les calcaires vermiculés au Nord de Torrijas [18] ;

—une autre dent a été trouvée à Boniches dans des calcaires dolomitiques [17] (Mathieu 1965) ;

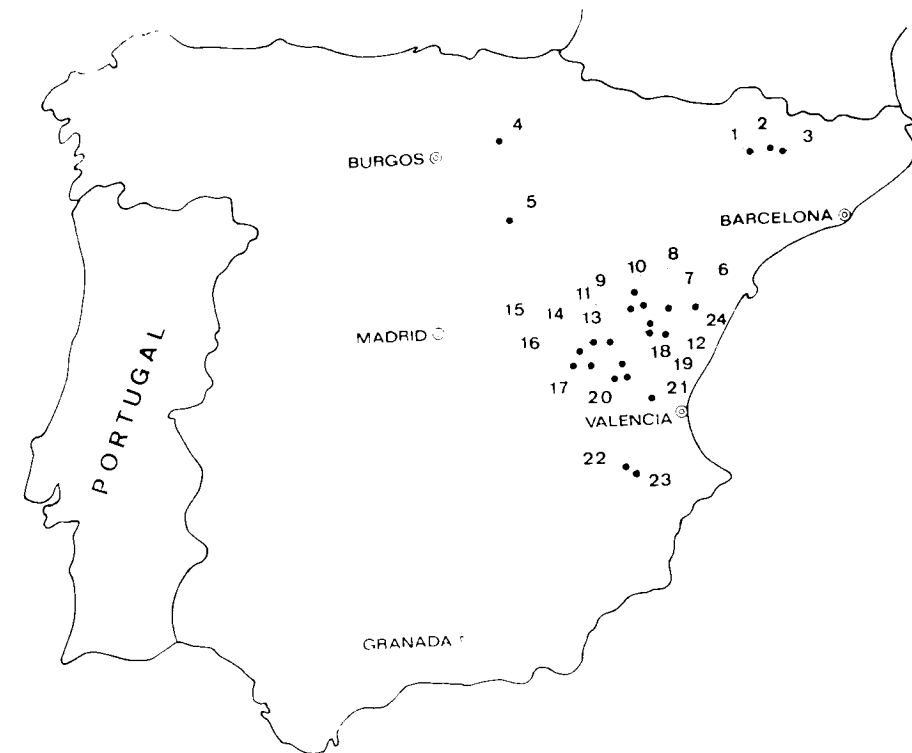
—une dent et une vertèbre, avec quelques os, proviennent de Cañete [15] (Le Joncour 1965) ;

—Ph. Petit (1964) récolta des vertèbres, des côtes, des os des membres et une série de plaques ossenses dans les marnes versicolores de la tranchée du chemin de fer, à l'Ouest d'Alpera [22]. La forme des dents et la présence d'une cuirasse dermique indiquent la famille des *Cyamodontidae*. Le niveau stratigraphique a été précisé: il s'agit du Muschelkalk moyen.

LE JURASSIQUE

Callovien.—Des vertèbres et des os des membres d'un Crocodylien marin furent trouvés dans des calcaires marneux près de Valgañón [4] par des étudiants, au cours d'un camp de terrain que nous dirigeons en 1960 dans la région d'Escaray (cf. M. Colchen).

(1) Les chiffres entre crochets correspondent aux gisements portés sur la carte.



LISTE DES GISEMENTS PORTES SUR LA CARTE

- 1 Bassin de Tremp (Lérida) Maestrichtien-Danien.
- 2 Orcau (Lérida). Danien.
- 3 Coll de Nargo (Lérida). Maestrichtien.
- 4 Valgañón (Logroño). Callovien.
- 5 Cubilla (Soria). Danien.
- 6 Morella (Castellón). Wealdien.
- 7 Cantavieja (Teruel). Wealdien.
- 8 Aliaga (Teruel). Wealdien.
- 9 Galve (Teruel). Wealdien.
- 10 Utrillas (Teruel). Abien.
- 11 Mora de Rubielos (Teruel). Wealdien.
- 12 Rubielos de Mora (Teruel). Wealdien.
- 13 Arroyo Cerezo (Valencia). Wealdien.
- 14 Arroyo Cerezo (Valencia). Kimmeridgien.
- 15 Cañete (Cuenca). Trias.
- 16 Boniches (Cuenca). Trias.
- 17 Boniches (Cuenca). Trias.
- 18 Torrijas (Teruel). Trias.
- 19 Alpuente (Valencia). Wealdien.
- 20 Titaguas (Valencia). Wealdien.
- 21 Pantano del Generalísimo, Benageber (Valencia). Purbeckien.
- 22 Alpera (Albacete). Trias.
- 23 Almansa (Albacete). Wealdien.
- 24 Alcalá de la Selva. Wealdien.

Purbeckien.—Royo y Gómez pensait avec raison que le gisement de Benageber était situé dans le Purbeckien et non dans le Cétacé inférieur. Le village de Benageber est désormais noyé. Mais le gisement [21] est visible aux basses eaux, en bordure du lac du Pantano del Generalísimo. Nous y avons encore récolté des fragments d'os d'un gros Dinosauré indéterminable.

A l'Est d'Arroyo Cerezo [14], une trace de pas d'un petit Dinosauré a été trouvée dans les calcaires du Jurassique terminal (Gillain 1965).

LE CRÉTACÉ

Wealdien (Néocomien et Barrémien).—Nombreux sont ici les gisements ayant livré au moins des fragments de Reptiles.

La plus belle découverte est celle des deux Dinosaurés de Galve [9] (Fernandes-Galiano 1958, Derréal 1959, Lapparent 1960), dont les restes sont conservés au Museo provincial de Teruel: *Iguanodon bernissartensis* et une nouvelle espèce de Sauropode.

Citons en outre:

—une vertèbre d'*Iguanodon*, des tendons ossifiés, des fragments de côte et deux phalanges à Cantavieja [7] (Fabre 1963);

—un bassin de Dinosauré à Arroyo Cerezo [13] (Gillain 1965);

—des os de Sauropode, de Théropode et de Crocodile à Alpuente [19] (Rothé 1959);

—une côte et des fragments d'os de Sauropode à l'Ouest de Titaguas [20] (Rothé 1959);

—un os dans une couche à huitres, au Sud d'Aliaga [8] (Lapparent, inédit);

—une dent de *Megalosaurus* (cf. Lapparent 1960, p. 17) et des portions de côtes d'*Iguanodon* (F. Gautier) au Sud de Mora de Rubielos [11];

—trois vertèbres et quelques fragments osseux attribuables à un Crocodylien marin proviennent d'une couche à huitres près d'Alcala de la Selva [24] (F. Gautier);

—une vertèbre de Sauropode d'une part, des fragments d'os des membres (fémur, tibia, péroné) d'un gros Sauropode d'autre part, dans deux niveaux distincts, à Rubielos de Mora [12] (F. Gautier);

—un faciès wealdien correspondant au Barrémien supérieur (Marie 1964) a fourni du Vertébré au Sud-Ouest de Morella [6], soit dans des argiles rouges à la fabrica, soit dans un gravier au croisement de la route de Cintorrès: fragments d'os et trois dents d'*Iguanodon*, os de Sauropode,

dents de Crocodiles, plaques de Tortues, sans parler de nombreuses dents de Poissons;

—un faciès deltaïque situé au dessous de l'Aptien à Orbitolines contient des fragments d'os de Dinosaurés près d'Almansa [23] (Petit 1964).

Albien.—Les lignites exploités à Utrillas [10] et Aliaga sont un faciès continental de l'étage Albien. Malgré l'aspect favorable du terrain, les recherches récentes n'y ont pas rencontré de restes de Vertébrés; pourtant, quelques os de Dinosaurés avaient été trouvés anciennement à Utrillas (Royo y Gómez 1927).

Maestrichtien-Danién.—Le Crétacé le plus élevé a fourni dans le Nord de l'Espagne d'importants restes de Dinosaurés.

—Dans le bassin de Tresp, des os de Reptiles étaient connus (Batailler). Ils furent exploités par W. Kühne et E. Aguirre en 1954-55. Les gisements, au nombre de douze, répartis sur les communes de Talarn, Suterranya, Orcau, Isona, Conquès, furent soigneusement revus en 1956 (Lapparent et Aguirre 1956). Des pièces importantes sont entreposées au Museo de Ciencias Naturales de Madrid, où elles attendent d'être étudiées.

—Nous avons découvert à Orcau [2] un beau gisement d'oeufs de Dinosaurés (Lapparent 1958).

—Des fragments de coquilles d'oeufs du même type ont été également repérés à l'Ouest de Coll de Nargo [3] (Baudrimont 1961).

—Bien plus à l'Ouest, à Cubilla [5], quelques os ont pu être attribués à *Hypselosaurus* et *Rhabdodon priscum* (Lapparent, Quintero et Triguero 1957).

CONCLUSION

Ainsi, du Trias jusqu'au Crétacé le plus élevé, nous savons que des Reptiles terrestres ont peuplé les régions ibériques. En même temps, nous entrevoyons l'existence de Reptiles marins nageant dans les océans: des Placodontes dans la mer du Muschelkalk, des Crocodyliens au Callovien et au début du Crétacé.

Ces découvertes encore fragmentaires se répartissent en 24 gisements. Les pièces paléontologiques déjà recueillies doivent être considérées comme des restes prometteurs, que des recherches de plus en plus serrées accroîtront dans l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE

Publications

- BATALLER, J. R. 1960. *Los Vertebrados del Cretácico español*. «Notas y Comunicaciones», número 60.
- CALDERÓN, D. S. 1897. *Una huella de Cheirotherium de Molina de Aragón*. «Actas Soc. Esp. Hist. Nat.», XXVI, p. 27.
- FERNÁNDEZ-GALLIANO, D. 1958. *Descubrimiento de restos de Dinosaurios en Galve (Teruel)*. Teruel, núm. 20.
- LAPPARENT, A. F. DE 1958. *Découverte d'un gisement d'oeufs de Dinosauriens dans le Crétacé supérieur du Bassin de Tremp (Lérida)*. «C. R. Acad. Sciences», 247, p. 1.879.
- LAPPARENT, A. F. 1960. *Los dos Dinosaurios de Galve (Teruel)*. Teruel, núm. 24.
- LAPPARENT, A. F. DE et AGUIRRE, E. 1956. *Présence de Dinosauriens dans le Crétacé supérieur du Bassin de Tremp (Lérida)*. «C. R. somm. Soc. géol. France», p. 261.
- LAPPARENT, A. DE et AGUIRRE, E. 1956. *Algunos yacimientos de Dinosaurios en el Cretácico superior de la Cuenca de Tremp*. «Estudios geológicos», núm. 1-13, p. 377.
- LAPPARENT, A. F. DE, QUINTERO, I. et TRIGUEROS, E. 1957. *Descubrimientos de huesos de Dinosaurios en el Cretácico terminal de Cubilla (Soria)*. «Notas y Comunicaciones», núm. 45.
- ROYO Y GÓMEZ, J. 1926. *Los Vertebrés du faciès «caldien» espagnol*. «XIV^e Congrès géol. France», p. 125.
- ROYO Y GÓMEZ, J. 1927. *Sur le faciès «caldien» d'Espagne*. «C. R. somm. Soc. géol. France», página 125.

Thèses en cours

- COLCHEN, M. Etudes géologiques dans la Sierra de la Demanda.
- GAUTIER, F. Etudes géologiques dans les Sierras de Teruel.

Diplômes d'étudiants

- ALLARD, J. 1959. Description géologique des montagnes et des plaines autour d'Ababuj. (Teruel).
- BARBÉ, B. 1960. Contribution à l'étude géologique de l'anticlinal de Miravete (Teruel).
- BAUDRIMONT, A. F. 1961. Etude géologique détaillée de la région de Coll de Nargo (Vallée du Sègre, pyrénées catalanes).
- BÉZIER, C. 1959. Recherches géologiques sur la partie nord du Bassin de Tremp, entre Giup et Orcau (Lérida).
- BRUNET, F. 1963. Recherches géologiques entre Cantavieja et Olocau del Rey (Teruel).
- CHAPEROT, P. 1963. Description géologique de la région de Villarlengo (Teruel).
- CROIX, H. DE LA 1962. Etudes géologiques dans la région de Higuerauelas (Valencia).
- DERREAL, Y. 1959. Etude géologique de la région comprise entre Camarillas et Galve (Teruel).

- FABRE, J. C. 1963. Recherches géologiques dans les Sierras entre Cantavieja et Fortanete (Teruel).
- FERRÉRE, G. 1959. Etude géologique détaillée de la région située à l'Ouest du Pantano del Generalísimo (Valencia).
- GALTIER, P. 1961. Etude géologique des Sierras de Boixols, entre Sègre et Noguera (Pyrénées catalanes).
- GILLAIN, P. 1965. Etudes géologiques dans la région de Salvacañete (Cuenca).
- GLACHANT, X. 1959. Etude géologique de la région au Nord d'Isona (Lérida).
- GLASSON, P. 1964. Etude géologique de la région d'Elche de la Sierra (Albacete).
- GUÉNEAU, J. 1963. Etude géologique de la région de Fortanete (Teruel).
- HUMBERT, M. 1961. Contribution à la connaissance géologique de la région d'Arcos de las Salinas (Teruel).
- KOTSCHOUBEY, B. 1965. Etude géologique détaillée de la région de Cincorrès (Castellón).
- LECLERC, P. 1962. Etude géologique de la région de Gudar (Teruel).
- LE JONCOUR, M. 1965. Description géologique des environs de Cañete (Cuenca).
- MARIE, J. 1964. Etude stratigraphique et micropaléontologique de la région de Morella (Castellón).
- MATHIEU, A. 1965. Etudes géologiques dans la région au Sud de Cañete (Cuenca).
- MONTADERT, L. 1957. Contribution à l'étude géologique de la région de Chelva (Valencia).
- PENTECÔTE, R. 1957. Les séries primaires et secondaires du río Turia (Valencia).
- PETIT, P. 1964. Etude géologique de la région d'Almansa (Albacete).
- PLUS, B. 1965. Recherches géologiques autour de Tejadillos (Cuenca).
- RAMBAUD, D. 1961. Description géologique de la région de Tuejar (Valencia).
- ROTHÉ, B. 1959. Etude géologique détaillée de la région d'Alpuente (Valencia).
- ROWLAND, M. 1961. Etude géologique du secteur central de l'anticlinal d'Aliaga (Teruel).
- STASSE, O. 1959. Carte géologique détaillée de la région d'Aras de Alpuente (Valencia).

Recibido el 14-XII-64.

Noticias

DATOS ESTADÍSTICOS Y COTIZACIONES

COTIZACION DE METALES

M A T E R I A S	8-1-63	8-12-64	30-12-65	8-2-66	17-8-66
CINC					
Nueva York (centavos por libra)...	11,50	14,50	14,50	14,50	14,50
Londres (£ por Tm.)	67-67 ¹ / ₈	130 ¹ / ₂ -131	109 ³ / ₄ -110 ¹ / ₄	107-107 ¹ / ₂	110-110 ¹ / ₂
ALUMINIO					
Nueva York (centavos por libra)...	22,50	24,50	24,50	24,50	24,50
Londres (£ por Tm.)	180,—	196,—	196,—	196,—	196,—
MERCURIO					
Nueva York (\$ el frasco de 34,5 kilogramos).....	186-189	480-500	535-540	495-510	420-430
Londres (£ el frasco de 34,5 kg.) ..	61,50	140,—	200,—	178,—	160,—
WOLFRAMIO					
Londres (£ por Tm.)	63-69	169-174	260-270	302,6-322,6	340-355
PETROLEO					
Nueva York (£ por barril). East Texas, crudo, en pozo....	3,10	3-3,10	3,10	3,10	3,10
ESTAÑO					
Nueva York (centavos por libra)...	112-113	171,—	174,75	180,75	175,50
COBRE					
Nueva York (centavos por libra). Electrolítico.....	28,50	64,50	66,—	71,50	s/c.
Londres (£ por Tm.)	234-234 ¹ / ₄	502-510	564-566	690-691	678-679
PLOMO					
Nueva York (centavos por libra)...	10,—	15,—	16,—	16,—	16,—
Londres (£ por Tm.)	54-54 ¹ / ₄	141-142	112-115	108-108 ¹ / ₄	106 ¹ / ₂ -106 ³ / ₄

LOS MINERALES DE HIERRO ESPAÑOLES PARA ABASTECIMIENTO DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA

En la Escuela Superior Técnica de Ingenieros de Minas se celebró el día 26 de abril sesión pública presidida por el Sr. Ministro de Industria, Directores Generales de Minas y Combustibles y de Industria Siderúrgica y el Presidente del Consejo Superior de Minería y Metalurgia, para oír la conferencia del Director del Instituto Geológico y Minero, D. Félix Aranguren Sabas, sobre «Técnicas aplicadas a los minerales de hierro españoles para abastecimiento de la industria siderúrgica». El resumen del tema desarrollado figura a continuación.

Desde el final de la última guerra mundial, se han producido grandes avances en la tecnología de la industria siderúrgica, como la colada continua, la fabricación de acero en convertidores básicos soplados por oxígeno, etc.

Los procesos de mejora en la carga de los hornos altos han permitido pasar de la utilización del mineral grueso a los finos, puestos en valor con los procesos de sinterización.

La tendencia industrial de todos los países, salvo casos de minerales muy ricos, utilizables en grueso o sinterización, es la de enriquecimiento de minerales y fabricación de pellets destinados a la demanda siderúrgica.

El programa siderúrgico nacional prevé para 1927 una producción de 10 millones de toneladas año, o sea un incremento de 6,5 millones de toneladas, la mayor parte por soplado con oxígeno en convertidor básico.

Las consecuencias a establecer son: 1.ª Necesidad de pasar de una producción de 6,5 millones año, de toneladas de hierro contenido en los minerales a 9,3. Caso de no ponerse en explotación nuevos yacimientos, se tendría un déficit de 8 millones toneladas año de mineral con un contenido del 50 por 100 en hierro. 2.ª Investigación de una técnica para convertir en adecuadas las importantes reservas de minerales de hierro con contenido elevado de fósforo. 3.ª Ir al aumento de producción, productividad, enriquecimiento, mejora de las condiciones de carga, transporte, etc., de la mina de hierro.

Es urgente la puesta en marcha de un plan de investigación de criaderos de hierro, tanto en las zonas tradicionales, como en las que hay alguna posibilidad de encontrar mineral.

Un punto fundamental para el caso de las magnetitas es la intensificación de las cateaduras magnéticas, tanto terrestres como aéreas, siendo imprescindible formar y publicar un mapa aeromagnético de la España peninsular, utilísimo para múltiples investigaciones de reservas de minerales.

En caso positivo de las investigaciones minerales, se debe ir a una concentración, y detenido estudio del sistema de explotación, preferible a cielo abierto y con equipo moderno, para lograr costos reducidos.

Los carbonatos requieren una revisión de su tratamiento, consistente en: Molienda adecuada, Tostión en lecho fluido en atmósfera reductora, Remolido a 325 mallas, Separación magnética, Concentración y pelletización con aportación de cenizas de piritas descubiertas. Después de estos procesos se habrán transformado los carbonatos en pellets, probablemente del 60 por 100 de ley en hierro.

Los minerales que requieren la defosforación son un caso más complejo. Hay minerales nacionales donde el fósforo se presenta como apatito, rodeado de una delgada película de magnetita, en una matriz formada por carbonatos y silicatos de hierro. Estos minerales requieren una trituración muy fina, seguida de una separación magnética, incompatible con un proceso económico, donde se logra un pequeño empobrecimiento en fósforo y reducida recuperación de hierro, de calidad no deseable por las plantas siderúrgicas.

Otra técnica defosforante es la lixiviación con agitación a temperatura adecuada, en una disolución débil de ácido sulfúrico. Conduce a una reducción del fósforo a 0,80 por 100 y resultados económicos dudosos.

Fácil se presenta la concentración de los minerales magnéticos del SO₄ zona con reservas considerables de pirita, donde se podría disponer de cantidades importantes de cenizas separadas procedentes de su aprovechamiento integral.

Un plan racional de investigación de nuestros minerales de hierro, así como de sus procesos de concentración, es de gran necesidad, para evitar la inmediata importación anual de minerales de hierro o pellets por valor de 120 a 150 millones de dólares.

La iniciación del estudio sistemático de los procesos de tratamiento lo consideramos esparanzador por partir de minerales naturales con una ley del 50 por 100 en hierro.

Termina con la indicación de ser necesario para nuestra economía, disponer de medios suficientes para llevar a cabo esta consigna de incremento de la producción de minerales de hierro adecuadas, con la mayor rapidez posible.

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LAS PIRITAS

Organizada por el Instituto Geológico y Minero de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, se celebró la conferencia sobre «El aprovechamiento integral de piritas» pronunciada por el Dott. Umberto Colombo; Jefe del Departamento de Química Inorgánica de la Dirección Central de Investigación e Ingeniería de la Sociedad Montecatini Milan.

En el Aula de la Escuela el acto estuvo presidido por el Director General de Industrias Químicas, el Presidente del Consejo Superior de Minas y Metalurgia, el Director del Instituto Geológico y Minero y el Subdirector General de Minas.

Consideró el conferenciante la pirita como una de las principales materias primas para la producción de ácido sulfúrico. Para que pueda ser competitiva con otros minerales de azufre, debe someterse a un aprovechamiento integral, con lo cual se valorizan al máximo también las cenizas y se recupera el calor desarrollado en la tostación del mineral.

El procedimiento puesto a punto por Montecatini y sucesivamente realizado industrialmente con la construcción de la gran Fábrica de Searlino Follonica en Toscana, comprende las siguientes fases principales:

1) Tostión de la pirita en lecho fluidizado, con obtención de gas sulfúrico, destinado a la síntesis de ácido sulfúrico, y con recuperación del calor de oxidación de la pirita, mediante producción de vapor, del cual se obtiene energía eléctrica.

2) Reducción a magnetitas de las cenizas de pirita en lecho fluidizado, mediante inyección directa de aceite combustible y aire en el lecho del reactor.

3) Separación magnética de las cenizas reducidas, obtenidas en la fase 2), con producción de un concentrado al 66-67 por 100 en Fe.

4) Pelletización del concentrado magnético en instalación a parrilla, con completa eliminación del azufre residual.

En la fase de pelletización se produce la reoxidación de la magnetita a hematites, de forma que se recupera casi integralmente el calor que se ha debido suministrar al mineral para poderlo reducir en la fase 2). Se consigue la ventaja de tener disponible una cierta cantidad de calor en el interior de cada pellet, lo que hace posible la completa desulfurización del mineral sin un excesivo consumo de combustible.

Las piritas italianas están prácticamente exentas de impurezas no ferricas, como arsénico, cobre, cinc, plomo.

El conferenciante consideró la aplicación del proceso de aprovechamiento integral de las piritas también a minerales como los españoles, que contengan impurezas no ferricas, no

deseadas en la industria siderúrgica. Cobre, cinc y plomo pueden ser eliminados mediante tratamiento clorurante, mientras la eliminación del arsénico precisa un tratamiento de reducción.

Concluye diciendo que el proceso por él ilustrado puede constituir el punto de partida para una investigación más profunda, dirigida a resolver en modo definitivo y económicamente interesante el problema de las piritas españolas.

La conferencia fue seguida de un interesante coloquio, sobre el aprovechamiento integral de las piritas españolas.

La conferencia se publicará en esta revista, en un número próximo.

CONSTITUCION DE LA «AQUITAINE-FISONS LIME»

«Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine» (SNPA) y la «Fisons Limited» han hecho pública su decisión de crear una filial común que se denominará «Aquitaine Fisons Limited», y tendrá su sede en Gran Bretaña.

La «Fisons Limited», una de las empresas químicas británicas más importante y la mayor productora de abonos compuestos de Europa occidental, tiene una cifra de negocios de unos 82 millones de libras.

La nueva sociedad tendrá fundamentalmente la misión de introducir en el mercado de Gran Bretaña el «Rilsan» y otros productos químicos de la familia de las poliamidas (butadienoestireno, polietileno, etc.), que fabrica la SNPA.

EL GAS NATURAL DE LA COMUNIDAD ECONOMICA EUROPEA

Según un estudio realizado por la revista francesa «Entreprise», el gas natural cubre actualmente sólo el 3 por 100 del consumo energético de los países de la Comunidad Económica Europea, frente al 30 por 100 en EEUU. Cuando el yacimiento de Groninga sea explotado a pleno rendimiento, suministrando 30.000 millones m³ anuales de dicho gas, aquel porcentaje ascenderá al 10 por 100, y concretamente en Holanda, el 28 por 100 de la energía utilizada provendrá del gas natural. Hay que añadir, por otra parte, que está previsto en el decenio 1960-1970 un aumento del consumo total energético de nuestro continente en un 50 por 100.

INVESTIGACIONES DE GAS NATURAL EN EL MAR DEL NORTE

La «British Petroleum» (BP) ha anunciado un amplio programa de expansión de sus actividades, especialmente motivado por sus proyectos de explotación de las ricas reservas de gas natural descubiertas por la citada empresa en el Mar del Norte, para lo que se ha previsto la inversión de una suma comprendida entre los 10 y los 20 millones de libras. Para poder financiar dicho programa, la «BP» hará una emisión de acciones ordinarias, por un valor de 60 millones de libras, y cuya suscripción estará reservada a los accionistas de la sociedad. Esta cantidad supera al importe del mayor empréstito solicitado hasta hoy por una empresa privada en el Reino Unido.

LA SIDERURGIA EN LOS PAISES NORTEAFRICANOS

De los países del Norte de África solamente Egipto cuenta con una industria del acero de cierta importancia, si bien las instalaciones productoras de este sector industrial, puestas en funcionamiento en Túnez y Argelia durante los últimos dos años, han permitido a estas naciones abastecer en gran parte sus mercados interiores.

En Túnez, el complejo siderúrgico situado en Menzel Boungilo, en las cercanías de Bizerta, y del que es propietaria la «Société Tunésienne de Sidérurgie», inició sus actividades a finales de 1965 y comprende un horno alto capaz de producir 90.000 toneladas de hierro bruto, una acería cuyo rendimiento anual asciende a unas 80.000 toneladas y una laminadora en la que se obtienen aproximadamente 70.000 toneladas de redondos.

En Argelia comenzaron en 1964 los trabajos de instalación de los talleres de la «Société Bonoise de Sidérurgie» en Annaba (antes Bona), dirigidos por técnicos de la empresa siderúrgica francesa «Société de Fouzenas» y con el apoyo económico de un consorcio bancario francés. La «Caisse Algérienne de Développement» adquirió con posterioridad una participación mayoritaria de capital y obtuvo un préstamo de la Unión Soviética por valor de 625 millones de dinares (7.595 millones de pesetas) para proseguir la construcción del citado complejo. El horno alto de este complejo ha sido proyectado para producir 400.000 toneladas de hierro bruto, la acería, 380.000 toneladas de acero y el tren de laminación, 300.000 toneladas de chapas de acero. Por su parte, la acería nacionalizada «Aciéries et Laminaires d'Oran» (Alicor) ha iniciado sus actividades fabricando 30.000 toneladas de redondos de acero y 6.000 toneladas de alambre laminado, pero en breve su producción de redondos se elevará a 40.000 toneladas. La actual demanda argelina de chapas y redondos es de 160.000 toneladas, por lo que el mercado interior sólo podrá admitir la mitad de la futura producción de las acerías.

Marruecos no ha desarrollado aún ampliamente una industria siderúrgica nacional. De aquí que el Gobierno proyecte montar en Casablanca un tren laminador para cubrir la demanda marroquí de chapas, importando la materia prima. Está planeada además la instalación de un complejo siderúrgico en Nador que recibirá el mineral de hierro de los yacimientos que actualmente explota la «Compañía Española de Minas del Rif». Para 1970 se ha previsto una producción de 250.000 toneladas anuales de chapas de acero en este país.

La producción conjunta de todos los países del Magreb será, por tanto, en un futuro próximo muy superior a las necesidades regionales. De aquí que los gobiernos interesados hayan proyectado explotar parte de su producción a España, Francia e Italia.

Egipto cuenta con cuatro acerías, de las cuales una de ellas («Egyptian Iron and Steel Company»), cerca de El Cairo, se encuentra completamente integrada. Fue montada por el consorcio alemán «Demag», su capacidad de producción es de 265.000 toneladas de hierro anuales y está compuesta por dos hornos altos, tres convertidores Thomas, 2 hornos eléctricos y un tren de laminación, además de otras instalaciones como la de sinterización, cuya construcción corrió a cargo de la Unión Soviética y un tren de laminación para perfiles de pequeña sección. La URSS concedió en 1964 un préstamo por valor de 252 millones de rublos, que permitió elevar la producción de esta acería a 1,5 millones toneladas de hierro bruto anuales. También se ha comenzado la construcción de otros dos hornos altos, un tren de laminación de banda ancha (300.000 toneladas), etc. Las otras tres acerías egipcias trabajan a base de chatarra. Se trata de la «National Metal Industries», radicada en El Cairo, la «Egyptian Copper Works», con sede en Alejandría y la «Delta Steel Mill Company», con factorías en El Cairo y Soubra. Producen hierro para las estructuras de las construcciones egipcias. Están proyectadas dos nuevas acerías cerca de Assuan, de las que una será construida por una sociedad checoslovaca, y que estarán provistas de hornos eléctricos. La producción egipcia de acero, que en 1964 fue de 372.400 toneladas, está previsto que alcance en 1970 la cifra de 2,25 millones toneladas.

ESTUDIO PARA LA MECANIZACION DE LAS MINAS DE HIERRO DE LA INDIA

Un experto en minas ruso ha recomendado la mecanización completa de grandes minas de hierro del Sur de la India. El Sr. Egorkin ha permanecido algún tiempo, a requerimiento

de la Minerals and Metals Trading Corporation of India, examinando las numerosas minas de la región. A continuación ha pasado un informe preliminar al Gobierno de la India.

El Sr. Egorkin ha indicado las necesidades de equipo de cada mina en particular y su posibilidad de suministro por la Unión Soviética, así como las facilidades para el pago en rupias. El Gobierno de la India tomará una decisión después de que el experto soviético entregue su informe final.

Unas veinte de estas minas, tienen en el momento presente una capacidad de producción anual de doscientas a cuatrocientas mil toneladas cada una, mientras que gran número del resto produce por encima de las 10.000 toneladas anuales. Las tres áreas en que se explota el mineral de hierro se encuentran en el Sur de la India, y son Bellary, Hospet, Bangalore y Vijayawada.

Algunas de estas minas están actualmente semimecanizadas. Con una mecanización completa, la producción podría ser considerablemente aumentada.

MINERAL DE LAS MINAS DE PALABORA A ALEMANIA

Un portavoz de la Palabora Mining Co. ha anunciado que la Compañía ha contratado la exportación de un total anual de 40.000 toneladas cortas de cobre a Alemania Occidental. No se ha dado más información sobre el destino de las 80.000 toneladas cortas de la producción de la fundición proyectada.

MINERAL DE HIERRO INDIO PARA YUGOSLAVIA

The Minerals and Metals Trading Corporation of India ha contratado la venta a Yugoslavia de 320.000 toneladas largas de mineral de hierro en este año.

El contrato fue firmado en Nueva Delhi por el Sr. W. K. Antani por parte de la corporación y el Sr. V. Petra, director de la delegación yugoslava.

PERSISTE LA FUERTE DEMANDA DE MOLIBDENO

En tanto se sigue hablando del paro de la producción del molibdeno, posiblemente antes del final del presente año, la demanda continúa sin cesar. En una nota sometida al Congreso a finales de este año, la administración de servicios generales de los Estados Unidos indica que el «stock pile» nacional encierra en total una cantidad de unas 32.000 toneladas de molibdeno. En respuesta a las continuas demandas de los productores de aceros finos y para herramientas, el Congreso ha autorizado inesperadamente la venta de unas 7.000 toneladas de molibdeno del «stock pile».

EL GAS NATURAL DEL MAR DEL NORTE

A finales de 1965 la firma norteamericana «Continental Oil Company» anunció el descubrimiento de un yacimiento de gas natural en uno de sus sondeos. El volumen de gas obtenido en esta primera perforación (102.000 m³ por día) permite abrigar la esperanza de que este yacimiento pueda ser económicamente explotable. La mencionada empresa es una de las que han recibido autorización para la prospección y aprovechamiento de las reservas de petróleo o gas natural que se encuentren en la plataforma costera británica del Mar del Norte, estando a su cargo la explotación de seis de los sectores en que se ha dividido

dicho litoral, cada uno de los cuales abarca 250 km. Se supone que la perforación se ha llegado a los 2.750 m de profundidad. La compañía manifestó que el gas se encuentra en una bolsa de unos 20 m de espesor. Una característica destacada de la labor que realiza dicha empresa norteamericana es que ha montado una estructura de vigas que, colocada sobre el lecho marino, le permite disponer de una plataforma fija de trabajo. El lugar donde ha descubierto gas natural se encuentra en una zona que hasta ahora no había sido explorada y que está situado a unos 70 km más al Este y unos 18 km más al Sur que el primer yacimiento de este tipo, descubierto por la «British Petroleum» (B.P.) y que se encuentra a unos 78 km al Este de la desembocadura del Humber.

Para que estos yacimientos de gas natural sean explotables comercialmente debe alcanzarse en ellos un volumen medio de producción de 1,4 millones m³/día. Para obtener esta cifra se ha partido, naturalmente, de que el gas habrá de fluir de varios pozos situados en el mismo área. Se espera que esta cantidad sea conseguida tanto en este último pozo descubierto como en el perforado como consecuencia de los sondeos realizados por la «British Petroleum». Esta firma solo ha perforado un pozo hasta ahora, con una producción de 0,3 millones m³/día, pero calcula que, con los seis pozos más que proyecta perforar en la misma zona, el volumen de gas obtenido alcanzará a ser de 1,4 millones m³/día, lo que se considera el mínimo indispensable para su explotación comercial.

El equipo de perforación de la «British Petroleum» ha iniciado su segundo pozo, y en mayo próximo comenzará a trabajar el nuevo equipo de perforación semi-sumergible que por su cargo construye la firma «Harland and Wolff» de Belfast, por importe de 3.500.000 libras. En vista de los datos favorables sobre la riqueza de estos yacimientos, la «British Petroleum» proyecta también la construcción de una plataforma permanente en el Mar del Norte que sirva para recoger el gas suministrado por varios pozos y el tendido de un gasoducto hasta la costa con una tubería de, por lo menos, unos 30,5 cm. de diámetro. Se calcula que el coste de realización de ambos proyectos ascenderá a unos 10 o 20 millones de libras.

Según las declaraciones de Sir Henry Jones, director del Consejo, se calcula que los yacimientos de gas natural existentes en la zona del litoral británico son de la misma magnitud que los descubiertos en Tejas (EEUU); se espera que sea factible la deseada reducción de su precio, con lo que la industria británica podrá disponer, en el volumen adecuado, de esta fuente de combustible y de una importante materia prima que le sirva de base para su expansión y prosperidad.

LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN FRANCIA

Para retorar la lucha contra la contaminación atmosférica se ha creado en Francia una «comisión de coordinación para prevenir la contaminación atmosférica», bajo la presidencia del profesor Mouren, de la Academia de Ciencias. Participan en esta Comisión los tres organismos franceses dedicados a actividades de este sector y que son: «L'association pour la prévention de la pollution atmosphérique» (A.P.P.A.), dedicada al estudio de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud humana, y sobre los animales, los vegetales y los monumentos; «Le Comité d'action technique contre la pollution atmosphérique» (C.A.T.P.A.), que estudia los problemas de contaminación producidos por los hornos y por los establecimientos industriales, y «Le Comité national d'action pour l'assainissement de l'atmosphère» (C.N.A.P.A.), que investiga la contaminación del aire causada por los automóviles.

EL PROMECIO 61

El profesor János O. Erämetza ha logrado descubrir un nuevo elemento, el «Promecio 61», que se agrega a la serie ya conocida de elementos. Numerosos hombres de ciencia de todo

el mundo han buscado desde hace décadas este «eslabón ausente» de la tabla de los elementos. Luego habían abandonado sus esfuerzos en la suposición de que en la naturaleza no hay tal elemento. El sabio finés ha logrado aislar 52 miligramos de «Promecio» a partir de 6 millones de kilogramos de apatito. Con anterioridad según informó el «Dagens Nyheter» de Helsinki, sólo se había logrado aislar «Promecio» como resultado de las explosiones de uranio.

PROGRESOS EN LA FUSION NUCLEAR

En el Instituto Max Planck de Física del plasma en Garching/Munich se ha logrado ahora alcanzar las temperaturas más altas hasta hoy en el calentamiento de los núcleos atómicos. Núcleos cargados positivamente pudieron calentarse en una serie de experimentos, en un llamado «Theta Pinch», a una temperatura de 60 millones de grados, y los electrones que giraban en su torno, a 20 millones de grados. Estas son las temperaturas más altas que se han conseguido hasta ahora en los experimentos para el calentamiento de plasmas en la investigación internacional. La singular importancia de estos experimentos está en que se realizaron con los isótopos del hidrógeno pesado y superpesado. El objeto es la fusión del hidrógeno en helio, de modo análogo al que se verifica en la naturaleza en el interior del sol. Para este proceso se necesita una temperatura de unos cientos de millones de grados porque a estas temperaturas se encuentra la materia en un especial estado gaseiforme que se denomina plasma. Los físicos de Munich esperan poder realizar y controlar la fusión de núcleos de hidrógeno hasta el punto que la enorme energía liberada con ello pueda aplicarse también en la práctica.

En otros experimentos lograron por primera vez los físicos de Munich encerrar un plasma estabilizado en un campo magnético anular y examinarlo detenidamente. Análogos experimentos en los Estados Unidos y en la Unión Soviética habían fracasado hasta ahora por las «inestabilidades» que se producían en un plasma dentro de ese sistema anular.

COLABORACION INTERNACIONAL DE LOS INVESTIGADORES DEL ATOMO

Científicos de casi todos los países del mundo han visitado en los últimos años el centro de investigación nuclear de Karlsruhe. Sólo en 1965 llegaron a Karlsruhe más de 1.500 investigadores extranjeros para participar en las reuniones del centro de investigación nuclear e informarse sobre las instalaciones del mismo, donde trabajan actualmente unos 3.000 colaboradores. Entre los científicos que visitaron en el último tiempo esta gran instalación de investigación atómica figuran el presidente de la Autoridad británica de Energía atómica, Sir William Penney, el presidente de la Comisión canadiense de Energía atómica Dr. Grey, el presidente del Consejo científico suizo, profesor Max Imboden, el director del centro francés de Energía atómica, Cadarache, Faure, y muchas delegaciones de la Unión Soviética, Polonia, Yugoslavia, Rumania y Hungría.

NUEVO MEDICAMENTO CONTRA LA SILICOSIS

El profesor Hans Werner Schlipkoeter y el Dr. A. Brockhaus han desarrollado en la Academia de Medicina de Düsseldorf una sustancia profiláctica eficaz contra la silicosis, la enfermedad tan extendida entre los mineros principalmente, producida por el polvo en el pulmón. Después de cinco años de trabajo han logrado los dos científicos encontrar esa sustancia, que está experimentándose ahora con el nombre de P 401 en los laboratorios de

las Farbenfabriken Bayer en Leverkusen, después de los experimentos hechos por los investigadores en ratas. Este compuesto de dióxido de nitrógeno sirve, tanto para preservar como para curar, porque impide la propagación del daño ya producido en el pulmón y la presentación de típicas enfermedades de silicosis con una inyección oportuna.

GENERADOR TERMoeLECTRICO

El ingeniero Grundig ha puesto a punto un pequeño generador termoelectrónico que utiliza como fuente primaria de energía petróleo o gasolina. La transformación de energía se realiza según el principio de los termoelementos. Este generador pesa 1,6 kg., su altura es de 21 cm. y el depósito de que dispone para el combustible puede contener 0,6 l. para un periodo de funcionamiento de 6 horas. Se calcula un consumo de 0,035 l Wh y una potencia eléctrica de 3 W como mínimo. Sus pequeñas dimensiones facilitan su manejo, análogo al de un calentador de petróleo.

ACIDO SULFURICO SIN LAS ETAPAS DE LAVADO Y SECADO

El profesor soviético Anatoly Amerin afirma haber descubierto un nuevo método para la obtención de ácido sulfúrico que permite prescindir de las etapas de lavado y secado usadas normalmente, garantizando así la eliminación de los vapores nocivos que se desprenden en dichas operaciones.

El nuevo procedimiento, que será empleado en el vasto complejo industrial químico de Vorkrensk, cercano a Moscú, disminuirá sensiblemente el coste de producción del ácido sulfúrico.

XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA

La doceava Asamblea General de la Unión Geográfica Internacional y el XVI Congreso Internacional de Geografía, tendrá lugar en Nueva Delhi y en el periodo de 1 a 8 de diciembre de 1968. Antes del Congreso y después, o sea del 10 al 30 y del 9 al 23 habrá una serie de excursiones científicas.

Coincidiendo con estas reuniones se celebrará la III Asamblea General de la Asociación Cartográfica Internacional, en las fechas del 6 al 13 de diciembre.

El programa de comunicaciones geográficas se agrupará en 10 secciones:

1. Geomorfología, 2. Climatología, 3. Hidrología, glaciología y oceanografía, 4. Biogeografía, 5. Geografía económica, 6. Geografía de la población y de habitabilidad, 7. Geografía histórica y política, 8. Geografía aplicada, 9. Geografía regional, 10. Cartografía y fotogeografía.

REVISION DE LA CLASIFICACION UNIVERSAL DECIMAL

La oficina meteorológica internacional celebró sesión en su oficina principal del 28 de junio al 3 de julio de 1965, con el fin de estudiar una revisión de la clasificación decimal universal, y recomendó una decidida reagrupación del grupo 55 de la clasificación universal decimal.

La propuesta es la siguiente: (551/553 se dejará vacante eventualmente para las ciencias del espacio, que pueden ser completas del 521/523, con el 525 al 554.) 555 Atmósfera, Meteorología y Climatología (del 551, 5.) 556 Hidrosfera, Oceanografía, Hidrología y Glaciología, 556 Problemas generales de la hidrosfera, balance del agua etc. 556.4 Oceanografía

(551.46) 556.5 Hidrología, hidrología continental, aguas superficiales (del 551.48) 556.6 Hidrogeología, aguas subterráneas (del 551.49) 556.8 Glaciología (del 551.32) (557-559 queda reservada para Litostera, Geofísica, etc.).

Para el 556.5 elabora el grupo de trabajo una agregación de 7 subdivisiones de 556.0 que puede ser adaptada o modificada en la nueva 556 para designar los aspectos parciales de cada una de las cuatro principales ramas 556.4.8, y los trabajos básicos de hidrología continental pueden ser acoplados de la siguiente manera: 556.51 Elementos del balance de aguas, almacenamiento, corriente, etc. 556.53 Ríos, corrientes y canales. 556.54 Montañas en la ribera, estuarios y deltas. 556.55 Lagos, depósitos y áreas de desagüe. 556.56 Pantanos. 58 Hidrología aplicado (alternativamente 09).

A mismo tiempo ha rogado la mencionada Comisión, que la Asociación Internacional de Hidrología, se ocupe de redactar una memoria sobre este acoplamiento antes de 1 de octubre de 1965, para en su día estudiar una organización definitiva en cuestiones de clasificación hidrológica.

COLOQUIO SOBRE FISICA DE LOS FENOMENOS SOL-TIERRA

Organizado en común por la Unión Radio Científica Internacional, la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, la Unión Internacional de Astronomía y la Comisión de Investigaciones del Espacio, se celebrará en Belgrado en la semana del 29 de agosto a 2 de septiembre un Coloquio sobre la Física de los Fenómenos Sol-Tierra.

Los principales temas que se tratarán en el Coloquio, son los siguientes: Emisión de partículas solares y los campos magnéticos interplanetarios, Interacción de plasma solar con el campo geomagnético, Las partículas energéticas cargadas en la magnetosfera, La temperatura de las partículas neutras y cargadas en la ionosfera y en la magnetosfera.

SIMPÓSIO DE AERONOMIA ECUATORIAL

El Segundo Simposio Internacional de Aeronomía Ecuatorial, se celebró en San José de Campos, en el laboratorio de Física Espacial de la Comisión Nacional de Actividades espaciales, y en Río de Janeiro (Brasil), del 6 al 10 de septiembre de 1965. Se presentaron 127 comunicaciones con la participación de 20 países diferentes.

Los temas más destacados fueron: La región D y la baja atmosfera, Absorción en la Ionosfera ecuatorial, La región regular E y ecuatorial E, La baja latitud regular en la región E, Disturbancias en la región E, Irregularidades, Corriente Ionosférica, Exisfera, Luz, Sistemas de corriente de baja latitud incluyendo electrochorro y variaciones magnéticas, Temporales magnéticos y ionosféricos, Pulsaciones magnéticas en bajas latitudes.

REUNION DE LA COMISION INTERNACIONAL DE GRAVIMETRIA

Del 13 al 18 de septiembre de 1965, se reunió en París la Comisión Internacional de Gravimetría, entre las recomendaciones más destacadas, figuran las siguientes:

Nuevo sistema de Constantes Astronómicas

La Comisión Gravimétrica Internacional, considerando que la Unión Astronómica Internacional ha adoptado, en la Asamblea General de Hamburgo en 1964, un nuevo sistema de constantes astronómicas y en ellas figuran: El valor en metros del radio ecuatorial terres-

tre, el factor elíptico geopotencial J_2 y e' aplanamiento terrestre, cantidades que permiten obtener el valor de la gravedad ecuatorial en una fórmula, dando e' valor de la gravedad en un punto cualquiera en función de su latitud. Considerando que la Unión Astronómica Internacional ha declarado que estos valores no han sido especialmente adoptados para su empleo en Geodesia, y que las geodestas tienen que hacer un estudio detallado, en los cuales los valores adoptados habrían de ser eliminados, ruega a la Asociación Internacional de Geodesia nombre un grupo de trabajo encargado de establecer un informe objetivo de esta cuestión y presentarlo en la próxima Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica.

Variaciones seculares de la gravedad

La Comisión Gravimétrica Internacional, reconoce la importancia que tienen los conocimientos de las variaciones seculares posibles de la gravedad, y recomienda que la Asociación Internacional de Geodesia forme un Grupo de Estudios Especial para examinar los aspectos teóricos y prácticos de esta cuestión. Este Grupo de Estudios Especial deberá trabajar en estrecha colaboración con la Comisión Internacional de Mareas Terrestres.

Colaboración con la Comisión de Manto Superior

La comisión Gravimétrica Internacional, considerando la importancia de observaciones geodésicas y gravitacionales, para el estudio del Manto Superior de la Tierra, ruega que la Asociación Internacional de Geodesia organice con la Comisión Nacional del Manto Superior de la Unión Geodésica y Geofísica Internacional una reunión común, que será tenida en un curso de la próxima Asamblea General, para discutir los diferentes aspectos de este problema.

Red de primer orden y cadenas principales de patrones

La Comisión Gravimétrica Internacional, considera importantes las medidas pendulares para mejorar la precisión de las cadenas patrón internacional y la necesidad de obtener otros datos con el fin análisis estadístico, y por ello recomiendan nuevas observaciones pendulares a ejecutar particularmente. Que los péndulos del Instituto Geodésico de Potsdam sean utilizados en la cadena de patrón euro-africana, y que las observaciones sean hechas con los péndulos de Cambridge en estaciones principales de la cadena de Patrón del Oeste del Pacífico.

Medida de la gravedad de la superficie

La Comisión Gravimétrica Internacional, considera que es de una extrema urgencia extender las medidas de gravedad a la superficie de todos los océanos, y ruega a todos los Servicios calificados proseguir sus esfuerzos en su dominio, y recomienda que todos los detalles relativos a los cruces gravimétricos en las superficies prospectadas en los puertos, etcetera, sean enviadas a la Oficina Internacional lo antes posible, para tener una información general.

Medidas de gravedad en las plataformas continentales

La Comisión Gravimétrica Internacional, considera la necesidad de intensificar las medidas de la gravedad en las plataformas continentales, para completar y extender la información obtenida de la gravedad sobre la Tierra. Para permitir el controlar las medidas hechas en barcos, en la superficie, recomienda a todos los países interesados, efectuar las

determinaciones gravimétricas en su plataforma continental con gravímetros telemandados, y si es necesario, colaborar con las instituciones de país que poseen tales aparatos.

Operación tipo Alpes Occidentales

La Comisión Gravimétrica Internacional, recomienda tener en cuenta la importancia de comenzar inmediatamente los cálculos relativos a la operación de los Alpes Occidentales. Recomienda que todos los grupos de trabajo utilicen para los primeros cálculos el material presentado en la reunión.

CONGRESO INTERNACIONAL PARA LA DEPURACION DE LA ATMOSFERA

Dos mil científicos de 22 países se reunieron en abril de 1965 en el Congreso Internacional sobre «Depuración del aire», celebrado en Düsseldorf.

En las conferencias y sesiones se trataron los problemas agudos que se plantean hoy por las impurezas del aire en muchas zonas industriales del mundo. Papel destacado desempeñaron en el Congreso también las investigaciones sobre las impurezas de aire producidas por los gases de los vehículos de motor.

Se destacó que las disposiciones sobre limpieza del aire deben aplicarse con mayor rigor en los Estados europeos. Entonces será posible reconocer precozmente la formación o el aumento de concentraciones de sustancias tóxicas peligrosas, con lo cual se podrán tomar las medidas defensivas correspondientes.

TERCERA CONFERENCIA INTERNACIONAL DE CARTOGRAFIA

Del 17 al 22 de abril de 1967, se celebrará en Amsterdam, la tercera Conferencia Internacional de Cartografía.

Los siete temas a tratar son los siguientes:

1.º *Mapas y Color.*—La ciencia consagrada al tema del color de los mapas será considerada desde los siguientes aspectos: a) Uso de los colores en las cartas topográficas. b) El color y las curvas temáticas. c) Empleo de los colores y de los métodos de reproducción cartográfica. d) El color y el problema psicológico.

2.º *Formación de Cartógrafos.* Las ciencias consagradas a los diversos aspectos de la formación de cartógrafos, definición, clasificación de temas cartográficos y la automatización de la cartografía, serán organizados en esta reunión.

3.º *Definición y clasificación y estabilización de términos cartográficos.*

4.º *Automatización de la Cartografía.*

5.º *Cartografía de la economía.* Hacen la observación de que la cartografía de la economía no debe ser confundida con la cartografía económica en el sentido del buen mercado. Se tratarán principalmente los siguientes aspectos: *Agricultura:* La cual comprenderá disponibilidad, utilización apropiada del terreno, productividad, mano de obra, mecanización y dimensiones de las empresas. *Industria:* Donde habrá cartas de distribución de industrias y de su desarrollo, cartas de producción industrial, cartas de distribución de materias primas y de fuentes de energía, así como cartas de curvas de precios. *Transportes:* Se referirán a las cartas de redes de carreteras, de ferrocarriles, intensidad de transporte y al precio de las tarifas.

6.º *Cartografía de los atlas escolares.* Una de las preocupaciones es si los atlas escolares tienen un carácter puramente informativo y son objeto de un estudio de reflexión. El

aspecto de las cartas geográficas, no obstante, queda intacto, reglado por una larga tradición de números y convenciones. Sobre estos mapas, el relieve es representado después de bastante tiempo con la ayuda de zonas de altitud coloreadas, con o sin relieves. En nuestros días se ha ensayado romper con la tradición de utilizar los colores disponibles para representar otros fenómenos que acompañen a la altitud. Hay que ver si se debe fomentar o no esta tendencia.

7.º *Meta cartográfica. Perfil gravimétrico transversal de la América del Sur.*—La Comisión Gravimétrica Internacional considera que la Asamblea General de la Unión Internacional de Geodesia y Geofísica, en Helsinki en 1960, había recomendado que un perfil gravimétrico, a lo largo del paralelo 34.5º fuese ejecutado entre Buenos Aires y el océano Pacífico, teniendo en cuenta de hecho que la ejecución de este perfil ha sido cumplido a través de la Argentina y Chile, ruega que tal perfil gravimétrico sea prolongado de Buenos Aires al océano Atlántico, a través del Uruguay, de acuerdo entre los organismos competentes de Argentina y del Uruguay.

SYMPOSIUM GEOTERMOMETRICO Y GEOBAROMETRICO

Patrocinado por el Grupo de Petrología y Vulcanología, y por el de Mineralogía de la Universidad de Copenhagen (Dinamarca), se ha celebrado del 13 al 14 de septiembre de 1965 un Simposium sobre Geotermometría y Geobarometría.

Entre las recomendaciones figuran: 1.º Que se continúen, y a ser posible se intensifiquen las investigaciones sobre Geotermometría y Geobarometría, principalmente sobre los siguientes.

2.º a) Continuar las investigaciones experimentales del sistema Al_2SiO_5 , particularmente a baja temperatura y conducentes a la determinación del triple punto. b) Determinación de profundidad por métodos estratigráficos en terrenos metamórficos apropiados.

3.º Estudios de los terrenos de gran cantidad de granulita con particular atención del papel de la cordierita, almandino, granate, pirope y la asociación granate + clinopiroxeno + plagioclasa en rocas de composición basáltica. Tal investigación puede ayudar a evaluar el espesor y la temperatura de metamorfismo en diferentes áreas de facies granulíticas, y puede compararse con otros indicadores de composición de rocas. Recomienda el grupo de trabajo: a) Estudios detallados petrográficos y químicos del metamorfismo mineral de conjunto en estas regiones para establecer la profundidad del metamorfismo, basado en los estudios estructural y estratigráfico. b) Evaluación experimental teórica de la facilidad de las rocas para sostener presiones tectónicas a varias temperaturas y presiones de metamorfismo. c) Estudio de los posibles efectos de presiones tectónicas en la formación de conjuntos minerales.

Los temas presentados a la discusión fueron: a) Espinela de cromo como indicador petrogenético. b) Estudio experimental de la cristalización de subsolitos de rocas basálticas a elevadas presiones y temperaturas. c) Fases líquidas de los basaltos y fraccionamiento del magma basáltico a presión elevada. d) Condiciones de presión y temperatura en los Alpes suizos durante el tiempo Neozoico. e) Uso de las asociaciones minerales como geobarómetro en el cinturón alpino orogénico hercíniano de Europa.

PRIMER SIMPOSIUM SOBRE INVESTIGACIONES MATERIALES

Del 3 al 7 de octubre de 1966, organizado por el National Bureau of Standards, se celebrará en Maryland el Primer Simposium de Investigaciones de Materiales con el tema «Caracterización química y física de trazas». El fin del Simposium es ver la efectividad de investigación de materiales para sumarizar las presentes posibilidades y las futuras para la caracteriza-

ción de los mismos y para promover la participación internacional y el cambio de los conocimientos de las varias disciplinas referentes al tema.

Las conferencias que se prevén son sobre los temas siguientes: Medidas eléctricas, Métodos espectroscópicos, Difracción de rayos X, Métodos ópticos, Métodos electroquímicos, Métodos nucleares, Resonancia, Espectroscopia de masas, Microscopia electrónica y óptica y Preconcentración.

Los temas que abarca el Coloquio son: Electricidad (Resistividad, efecto Hall, relajación dieléctrica, etc.), Espectroscopia (emisión, rayos X, absorción atómica, etc.), Difracción de rayos X (parámetros estructurales, topografía, densidad, etc.), Óptica (espectrofotometría, etcétera), Electroquímica (polarografía, conductometría, potenciométrica, etc.), Nuclear (análisis por activación, dilución radioisotópica, etc.), Resonancia (resonancia de espín de electron, resonancia magnética nuclear, etc.), Espectroscopia de masas (fuentes de chispa, dilución isotópica, etc.), Microscopia (óptica, electrónica y microscopia iónica, difracción electrónica, etcétera), Preparación de muestras (preconcentración, reactivos, etc.).

II CONGRESO INTERNACIONAL DE OCEANOGRAFIA

De día 30 de mayo al 9 de junio de 1966 se celebrará en Moscú el II Congreso Internacional Oceanográfico.

El tema del Congreso es: «Estudio del Océano para el bien de la Humanidad».

Estará dividido el Congreso en cuatro secciones, cuyos temas son: «El océano y la atmósfera», «El océano y la vida», «Geología marina y reservas minerales del océano», «Oceanografía del océano Índico y de la Antártida».

Simultáneamente se celebraran cuatro Simposiums, que son los siguientes: Bioacústica; Biología de zonas encima de las aguas abisales; Aparatos oceanográficos; Instrumentos e instalaciones; Biogeoquímica.

COLOQUIO DE SISMOLOGIA

Durante los días 26 y 27 de abril se celebrará el Coloquio de Sismología, patrocinado por la Sección de Sismología y Física del interior de la tierra, de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica; en el mismo se presentan los trabajos cuyos resúmenes figuran a continuación:

«Estudio del manto superior mediante ondas Rayleigh de largo periodo», López Arroyo (Alfonso).

Del análisis de Fourier de las ondas Rayleigh de distintos órdenes correspondientes a cuatro terremotos registrados en Málaga, se deducen las curvas de dispersión de las velocidades de fase y de grupo para periodos comprendidos entre los veinte y los doscientos segundos, así como los valores de la atenuación para el mismo intervalo de periodos. Se comparan estos resultados con otros obtenidos con anterioridad y con los deducidos de los registros de Toledo para uno de los terremotos cuya trayectoria a Málaga pasa por dicho Observatorio, y se deduce finalmente la estructura promedio del manto.

«Calibración de un sismógrafo electromagnético en el caso general», Morenos Tevar (Julio).

Se trata, sobre el caso concreto de una de las componentes horizontales del equipo Sprengnether de Toledo, el problema de la calibración de un sismógrafo electromagnético cuyos valores instrumentales sean arbitrarios.

En la determinación del amortiguamiento del sismómetro se aplica por primera vez un método desarrollado por el autor en un trabajo anterior (será publicado en el «Bulletin of

the Seismological Society of America», número de abril de 1966). Se obtienen las curvas de amplificación y desfase.

Está en curso el estudio sobre el caso concreto antes indicado, de las respuestas del sismógrafo a movimientos bruscos utilizando el método del «sismógrafo equivalente sin reacción».

«Estudio del mecanismo en el foco de sismos próximos utilizando ondas transversales», Munuera Quiñonero (José María) y López Arroyo (Alfonso).

Los métodos de determinación de mecanismo en el foco que emplean las ondas transversales presentan la ventaja de necesitar un reducido número de estaciones registradoras; parecen, pues, apropiados para el estudio de sismos próximos. No obstante, no han sido aplicados a estos casos, dado que el movimiento del suelo para las ondas S deja de ser lineal para ángulos de llegada superiores a un cierto valor crítico (distancias inferiores a una crítica), valor que es función de la estructura cortical bajo el punto de observación. Aceptando la estructura cortical de la Península Ibérica determinada por Payo y empleando las ecuaciones de Thomson-Haskell, se ha investigado la posibilidad de aplicación del método de ondas transversales al estudio del mecanismo en el foco de sismos ibéricos registrados por Observatorios del Servicio de Sismología.

«Estructura de la corteza de mar Mediterráneo usando ondas superficiales. -Parte I: Velocidad de grupo», Payo Subiza (Gonzalo).

Utilizando todas las estaciones «standard» instaladas en el borde del mar Mediterráneo, se han calculado curvas de dispersión de las ondas Rayleigh y Love de 48 sismos que atraviesan total o parcialmente dicho mar. El propósito del trabajo es determinar la estructura cortical manto de las regiones mediterráneas, usando datos obtenidos de velocidad de grupo y apoyándonos en resultados anteriores de refracción sísmica.

El conjunto de curvas de dispersión obtenidas, tanto de ondas Rayleigh como Love, se ha clasificado en cinco grupos que muestran un mismo carácter dispersivo. Fundamentalmente, estos grupos están correlacionados con el tanto por ciento oceánico y con la región geográfica que atraviesan sus trayectos, dependiendo naturalmente de la estructura cortical.

Se han calculado modelos teóricos para cada uno de los grupos mencionados, tanto Love como Rayleigh, que cuadran aceptablemente con los valores medios de dichos grupos.

Se observa como principal resultado una acusada diferencia entre la corteza mediterránea occidental, más delgada y más de tipo oceánico, y la del Mediterráneo oriental, regiones del Jónico y sur del Egeo, que acusa velocidades menores y mayor grueso de las capas sedimentarias.

«Estudio de la estructura de la corteza en la meseta central española», Payo Subiza (Gonzalo) y López Arroyo (Alfonso).

En el Observatorio de Toledo se registran las explosiones que tienen lugar en la cantera de Cementos Asland, situada en Yepes. Tales registros, combinados con los obtenidos con motivo de la explosión de un pólvora en Tarancón, se han empleado para estudiar la estructura de la corteza de la meseta central española. El estudio se ha hecho siguiendo dos métodos: a) Partiendo de la curva de dispersión observada de la velocidad de grupo de las ondas Rayleigh. b) Considerando las ondas internas registradas, reflejadas o refractadas en distintas capas. Los resultados de ambos métodos son concordantes, y están también de acuerdo con los obtenidos en trabajos anteriores.

«El mecanismo focal de los terremotos de la costa sur de la Península Ibérica», Udias (Agustín), S. J.

La base de este trabajo la constituye el estudio del mecanismo en el foco del terremoto del 15 de marzo de 1964, de magnitud 7.1. El análisis combinado de la dirección del primer impulso de la onda S registradas por las estaciones de la WWS, resulta en la determinación de un mecanismo de dos pares de fuerzas sin momento («double couple couple») que determinan dos planos nodales de P orientados N 66 E, 72, y N 75 E, 48. Este mecanismo

coincide con la orientación de la falla del Guadalquivir, confirmando la presunción de la continuación hacia el suroeste de esta falla.

Las características del mecanismo focal de un grupo de terremotos de esta región de los años 1962-1964 han sido estudiadas y relacionadas con los resultados del terremoto de 15 de marzo de 1964. Estos terremotos no presentan una consistencia homogénea en las características del mecanismo focal, lo que puede indicar que son causados por ajustes secundarios de la corteza a los esfuerzos regionales.

«El programa de cálculo electrónico 'épico' para el ajuste de las determinaciones epicentrales de sismos próximos», Urdías (Agustín), S. J., y Munuera (José María).

El ajuste de determinaciones epicentrales de sismos próximos se hace en el Laboratorio Central del Servicio de Sismología siguiendo métodos gráficos, con las distancias epicentrales deducidas de tablas sismológicas. Este sistema conduce a saltos considerables en las profundidades focales que se ensayan hasta lograr un ajuste satisfactorio, y la incertidumbre del error de la determinación y de los tiempos de recorrido para cada estación individual. Complementando un programa de la Universidad de San Luis (Estados Unidos), en la parte de distancias epicentrales hasta 1.600 Kms. y utilizando un ordenador IBM 1.620, 20 kb. con discos magnéticos, ha sido preparado el programa de cálculo electrónico «épico», que da el error de ajuste del tiempo origen y las coordenadas epicentrales, para cada profundidad de ensayo, lo que permite estudiar la convergencia de los tiempos de recorrido de las estaciones utilizadas, desde 4 a 10, para la condición de un error medio cuadrático ≤ 2 seg. y errores absolutos ≤ 1.5 el e. m. c.

CONSEJO NACIONAL DE RESERVAS MARINAS EN ESTADOS UNIDOS

El Comité de Comercio del Senado norteamericano ha aprobado un proyecto de ley que dará base estatutaria a la política nacional sobre oceanografía, concediendo una mayor amplitud a las tareas de exploración e ingeniería oceanográficas, así como al desarrollo de la tecnología y ciencias marinas, a fin de intensificar la utilización de los recursos de todo orden de la plataforma continental, los océanos y grandes lagos.

Se establecerá en Estados Unidos, a nivel ministerial, un Consejo Nacional de Recursos Marinos y Desarrollo de la Ingeniería Oceanográfica, que será el encargado de llevar a efecto un programa unificado de expansión en este campo.

Nombrará el Presidente, una Comisión asesora sobre ciencia, ingeniería y recursos marinos, formada por miembros representativos de la industria, el Gobierno y las instituciones académicas.

LAS AGUAS MINERALES EN EL LIBRO DEL SIGLO XVII

Si las aguas subterráneas como alimento tuvieron una importancia fundamental en obras remotas como en el Libro de los Números, donde nos relata el milagro de Moisés en el peñasco donde brotaron aguas a raudales para beber el pueblo y sus ganados, en el aspecto mineromedicinal, y en España, en el siglo XVII, aparecen dos obras cumbres: la traducción de Plinio y el libro de Jiménez, este último punto de partida de la Hidrología Médica española. Al repasar las denominaciones de los manantiales y de los pueblos, se aprecia una influencia recíproca, de lugar, descubridor, efectos, circunstancias, utilización y de las apariciones marianas, la mayoría íntimamente relacionadas con fuentes. La frase de Plinio de admiración a nuestras aguas «sin color, sin olor y sin sabor» agradaría a todos los pueblos, si fuese una realidad, pero este ideal es el ferrocarril, el avión o la embarcación sólo se consigue con las aguas minerales. Es en el siglo XVI cuando se funda la quimiatria o medicina

química e inicia los estudios sobre la calidad de las aguas minerales, algunos con técnicas inspiradas en los mismos principios que las actuales, como la obtención del residuo seco.

Se observa en las publicaciones del siglo XVII la utilización con fines clínicos, tanto de las aguas mineromedicinales propiamente dichas, como las de mina, pero éstas con más cuidado, dado que en muchas ocasiones producían efectos contrarios a los esperados, debido a los diversos minerales de los criaderos. Se inicia la preocupación de los médicos sobre la utilización acertada de las aguas minerales, al mismo tiempo que tenían en ellas una gran esperanza, por considerarlas más útiles que los fármacos iniciados en cantidades considerables.

Se adelantan en algunos principios fundamentales como valor umbral y efecto acumulativo.

Dominaba una crítica al poco interés que tenían los naturales de muchos núcleos de población de no dar a conocer sus aguas y al abandono de los manantiales, algunos con tradición destacada desde tiempos de los romanos.

Con la orientación científica, iniciada por los médicos en los libros del siglo XVII, comenzó la recuperación del prestigio de las aguas minerales, el florecimiento balneario y la puesta en marcha de las plantas industriales de envasado.

Estos fueron los conceptos expuestos por el académico D. Juan Manuel López de Azcona en la sesión solemne del Instituto del Libro, con motivo del 350.º aniversario de la muerte de D. Miguel de Cervantes y Saavedra.

Información legislativa

RESERVAS

«B. O. del E.» núm. 70, 23-III-66, pág. 3494.

Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se hace público que la suspensión del derecho de petición de permisos de investigación y concesiones de explotación de toda clase de sustancias minerales, excluidos los hidrocarburos fluidos y las rocas bituminosas en determinada zona de la provincia de Ciudad Real, publicada en el «B. O. del E.» de 9 de marzo de 1966, se extiende a parte de las provincias de Badajoz y Córdoba.

* * *

«B. O. del E.» núm. 73, 26-III-66, pág. 3628.

Corrección de erratas de la Orden de 26-II-66 por la que se reduce la superficie de la zona de reserva definitiva a favor del Estado, dispuesta por Orden ministerial de 28-I-1946, para yacimientos de oro, en término de Níjar, de la provincia de Almería.

* * *

«B. O. del E.» núm. 89, 14-III-66, pág. 4451.

Orden de la Dirección General de Minas y Combustibles de 21-III-66 por la que se reservan provisionalmente a favor del Estado los yacimientos de minerales radiactivos en la denominada «Zona decimotercera, Benabarre», comprendida en la provincia de Huesca. Su delimitación es un polígono irregular de lados rectos, cuyos vértices son las torres de las iglesias parroquiales de los pueblos de Benabarre, Tolva, Viacamp, Montañana, Arén, Campo, Castejón de Sobrarbe, vértice «Sivil», torres de las iglesias parroquiales de los pueblos de Alquézar y El Grado, siguiéndose al de la torre de la iglesia parroquial de Benabarre, con lo que queda cerrado el polígono.

* * *

«B. O. del E.» núm. 89, 14-III-66, pág. 4451.

Orden de la Dirección General de Minas y Combustibles de 21-III-66 por la que se levanta la reserva provisional a favor del Estado de los yacimientos de manganeso en determinada zona de la provincia de Ciudad Real, publicada en el B. O. del E. de fecha 27-II-62. La zona comprende un polígono limitado por Puerto Lápice, Manzanares, Granátula, Villanueva de Calatrava, Picón y Malagón, último vértice del polígono.

HIDROCARBUROS

B. O. N.º	Pág.	Decreto	Fecha	Min.	A S U N T O	Expte.	Permiso	Has.	Limites
70	3491	---	23-III-66	Ind.	Orden sobre extinción por vencimiento de plazos de permisos de investigación en Zona I, de CAMPSA - CALSPAIN - TEXSPAIN.	-	Fuentetoba Graus Dos Hermanas	3000 4000 3900	Descritos en el Decreto 766/1960 de 21 de abril.
70	3491/94	---	23-III-66	Ind.	Orden sobre petición de prórroga por tres años del periodo de vigencia del permiso de investigación en Zona I que se indica, de CAMPSA - CALSPAIN - TEXSPAIN.	-	Ubierna	135567	Se modifican y reducen conforme a lo indicado en esta Orden, revertiendo al Estado en calidad de reserva las áreas objeto de reducción.
70	3494	---	23-III-66	Ind.	Orden por la que se acepta la renuncia de CIEP-SA y SPANGOC al permiso de investigación en Zona I que se indica.	91	Alpera	20005	Descritos en el Decreto 2021/1961 de 13 de octubre. Revierte al Estado en calidad de reserva.
72	3586/87	---	25-III-66	Ind.	Orden sobre petición de prórroga por tres años del periodo de vigencia del permiso de investigación en Zona I que se indica, de CAMPSA - CALSPAIN - TEXSPAIN.	-	Orduña y Zuazo	28460	Se modifican y reducen conforme a lo indicado en esta Orden, revertiendo al Estado en calidad de reserva las áreas objeto de reducción.

B. O. N.º	Pág.	Decreto	Fecha	Min.	A S U N T O	Expte.	Permiso	Has.	Limites
77	3830	---	31-III-66	Ind.	Orden sobre aprobación de la petición de prórroga del periodo de vigencia del permiso de investigación en Zona I que se indica, de CPISA.	-	Filomena	10056	Se modifican y reducen conforme a lo indicado en esta Orden, revertiendo al Estado en calidad de reserva las áreas objeto de reducción.
80	3991	---	4-IV-66	Ind.	Orden sobre aprobación de una primera prórroga por tres años del periodo de vigencia de los permisos de investigación en Zona I que se indican, de CPISA.	-	Rosa-María Carlitos-Brigida Elvira Encarnación	10547 24078 7662 14525	Se modifican y reducen conforme a lo indicado en esta Orden, revertiendo al Estado en calidad de reserva las áreas objeto de reducción.
80	3992	---	4-IV-66	Ind.	Orden por la que se acepta la renuncia de «Phillips Oil Company» a trece permisos de investigación en Zona I.	16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	Quintanilla Langa Villafruela Alcubilla Tejada Fombellida Arauzo Roa Palenzuela Puentedura Lerma Santa María del Campo Arandilla	20314 41053 40862 13808 39835 40904 12268 40947 40733 28001 40776 40691 40968	Los indicados en el Decreto 344/1960 de 18 de febrero («B. O. del E.» de 3 de marzo de 1960).

PERMISOS DE INVESTIGACION

CONCESIONES DE EXPLOTACION

B. O. N.º	Pág.	Fecha	Min.	N.º	Dis. minero	NOMBRE	Mineral	Has.	Tno. Municipal	Provincia	Clase	Observaciones
64	3178	16-III-66	Ind.	26959	Oviedo	Carola	Hierro y otros	16	Ribadesella	Asturias	P. I.	Caducado
				26961	Oviedo	Omara	Hierro	64	Quirós y Riosa	Asturias	P. I.	»
				27096	Oviedo	Fluorina	Esposito-flúor	88	Siero y Sariego	Asturias	P. I.	»
				27176	Oviedo	Predilecta	Hierro	104	Lena	Asturias	P. I.	»
				27302	Oviedo	Predilecta Norte	Hierro	102	Lena	Asturias	P. I.	»
				27361	Oviedo	Predilecta Sur	Hierro	103	Lena	Asturias	P. I.	»
				27439	Oviedo	Lolita	Hierro	130	Teverga	Asturias	P. I.	»
				27746	Oviedo	Esem	Hierro	60	Boal	Asturias	P. I.	»
				28094	Oviedo	Muriellos	Hierro	44	Quirós	Asturias	P. I.	»
				28141	Oviedo	Santa Polonia	Hierro	2011	Grandas de Salime	Asturias	P. I.	»
				28151	Oviedo	Clementina	Hierro	157	Cangas del Narcea	Asturias	P. I.	»
				28405	Oviedo	Vicentina	Hierro	110	Lena	Asturias	P. I.	»
				28426	Oviedo	Pepita	Esposito de Islandia	90	Caso	Asturias	P. I.	»
				28553	Oviedo	Joaquina	Hierro	117	Caso	Asturias	P. I.	»
				28705	Oviedo	Cueto Roguero	Hierro	264	Cangas del Narcea	Asturias	P. I.	»
				28720	Oviedo	Blanca Tres	Hierro	721	Cangas del Narcea	Asturias	P. I.	»
				28762	Oviedo	Antonia	Hierro	100	Aller	Asturias	P. I.	»
				28797	Oviedo	Cierta Bondad	Hierro	156	Sobrescobio	Asturias	P. I.	»
				28819	Oviedo	Maryte Segunda	Hierro	100	Bimenes	Asturias	P. I.	»
				28820	Oviedo	Santa Rita (segunda vez)	Hierro	146	Laviana	Asturias	P. I.	»
				28870	Oviedo	Benzua	Hierro	25	Flanes	Asturias	P. I.	»
				28937	Oviedo	San Francisco	Hierro	1488	Cangas del Narcea	Asturias	P. I.	»
				29004	Oviedo	Isabelita	Hierro	245	Castropol y Vegadeo	Asturias	P. I.	»
				29023	Oviedo	Purita	Caolín	53	Cudillero	Asturias	P. I.	»
				29024	Oviedo	La Luna	Hierro	163	Teverga	Asturias	P. I.	»
				29083	Oviedo	Ampliación a Buena	Hierro	96	Tineo	Asturias	P. I.	»
				29090	Oviedo	Quinta	Hierro	139	Cangas del Narcea	Asturias	P. I.	»
				29099	Oviedo	Maria Teresa	Esposito-flúor	144	Amieva y Parres	Asturias	P. I.	»
				29229	Oviedo	Grandota	Hierro	63	Oviedo y Siero	Asturias	P. I.	»
				29424	Oviedo	Ya te veré	Grulla	112	Caso	Asturias	P. I.	»
				199	Las Palmas	Playa del Aguila	Hierro y titanio	20	San Bartolomé de Tijarama	Las Palmas	P. I.	»
				16023	Santander	Matilde	Hierro	20	Penagos	Santander	P. I.	»
				66	3274	18-III-66	Ind.	10464	Badajoz	Manolín	Hierro	2503
2012	Valencia	Delfina	arenas caoliníferas					150	Chulilla	Valencia	P. I.	»
28563	Granada	Trinidad	Calamina					-	Olivar	Granada	C. E.	Caducada
69	3418	22-III-66	Ind.	3188	Barcelona	Palé	Calco	54	Darnius	Gerona	P. I.	»
				3122	Barcelona	Ana María	Calco	100	Darnius	Gerona	P. I.	»
				3056	Barcelona	Descuidada Primera	Esposito	50	Cassá de la Selva	Gerona	P. I.	»
				3154	Barcelona	Alborada II	Barita y fluorina	1810	Massarach, San Clemente de Sasebas y Capmany.	Gerona	P. I.	»
				26749	Oviedo	Socorro	Hierro	31	Cangas de Onís	Asturias	P. I.	»
				27635	Oviedo	La Nueva	Caolín	21	Parres	Asturias	P. I.	»
				27668	Oviedo	La Trucha	Caolín	101	Parres	Asturias	P. I.	»
				29013	Oviedo	San Fernando	Grulla	100	Peñamellera Baja	Asturias	P. I.	»
				29033	Oviedo	El Arenal	Carzo	55	Aller	Asturias	P. I.	»
				29063	Oviedo	Mina Conchita	Barita	128	Peñamellera Baja	Asturias	P. I.	»
				3729	Palencia	Susana	Hierro	156	Valle de Valdebezana	Burgos	P. I.	»
				3733	Palencia	Dolores	Hierro	300	Valle de Valdebezana	Burgos	P. I.	»

B. O. N.º	Pág.	Fecha	Min.	N.º	Dis. minero	NOMBRE	Mineral	Has.	Tno. Municipal	Provincia	Clase	Observaciones
				2335	Madrid	Santa Sofía	se especifica	No se especifica	Colmenar Viejo	Madrid	P. I.	Cancelado
71	3542	24-III-66	Ind.	33981	Almería	El Señor del Perdón	Perdón	226	Benahadux	Almería	C. E.	Caducada
				39113	Almería	Antonio	Perro	165	Bayarcal	Almería	C. E.	»
				39125	Almería	Urano	Perro	71	Fiñana	Almería	C. E.	»
				39191	Almería	Marte	Perro	78	Fiñana	Almería	C. E.	»
				20300	Murcia	Eric	Perro	20	Mazarrón	Murcia	C. E.	»
				20467	Murcia	El Almendro	Perro	20	Mula	Murcia	C. E.	»
				20477	Murcia	Marisol	Perro	20	Lorca	Murcia	C. E.	»
				20612	Murcia	Segundo San Lu's	Perro	32	Mazarrón	Murcia	C. E.	»
				20699	Murcia	Rosarito	Perro	18	Mazarrón	Murcia	C. E.	»
				20703	Murcia	San Lucía	Perro	161	Mazarrón	Murcia	C. E.	»
				20886	Murcia	San José	Perro	20	Mazarrón	Murcia	C. E.	»
				20948	Murcia	Vistabella	Perro	24	Mazarrón	Murcia	C. E.	»
				1934	Valencia	La Humildad	Perro	140	Sierra de Engarcerán	Castellón de la Plana	C. E.	»
				3772	Barcelona	Elvira	Perro	290	San Saturnino de Osormoz	Barcelona	P. I.	Otorgado
				3764	Barcelona	Joaquín	Perro	19	Vilanova de Sau	Barcelona	P. I.	»
				1865	Barcelona	Condal 2.ª	Perro	45	Porrera y Pradell	Tarragona	P. I.	»
				1866	Barcelona	Condal 3.ª	Perro	60	Porrera	Tarragona	P. I.	»
				1869	Barcelona	Condal 4.ª	Perro	24	Argentera y Dosaiguas	Tarragona	P. I.	»
83	4163	7-IV-66	Ind.	3737	Barcelona	Carmen	Perro	150	Barruera	Lérida	P. I.	Caducado
				3808	Barcelona	Sola	Perro	245	Os de Balaguer	Lérida	P. I.	»
				3065	Barcelona	Mercedes	Perro carbonico	757	Amer y Las Planas	Gerona	P. I.	»
				3145	Barcelona	Rosa Mary	Perro spato-flúor	150	Masarach, San Clemente de Sasebas y Campmany	Gerona	P. I.	»
				3147	Barcelona	Vilarnadal	Perro spato-flúor	20	Masarach	Gerona	P. I.	»
				4085	La Coruña	Julita	Perro spato	100	Orol	Lugo	P. I.	»
				4091	La Coruña	San Andrés	Perro spato	60	Vivero y Orol	Lugo	P. I.	»
				4094	La Coruña	Landro	Perro spato	70	Jove y Vivero	Lugo	P. I.	»
				4123	La Coruña	Magazos	Perro spato	60	Vivero	Lugo	P. I.	»
				4170	La Coruña	Miñotos	Perro spato	83	Orol	Lugo	P. I.	»
				4329	La Coruña	La Debesa	Perro spato	36	Ribadeo	Lugo	P. I.	»
				4330	La Coruña	Villaronte	Perro spato	32	Foz	Lugo	P. I.	»
				4338	La Coruña	Santa Bárbara y San Jorge	Perro spato	525	Quiroga	Lugo	P. I.	»
				4424	La Coruña	Paloma	Perro spato	10	Foz	Lugo	P. I.	»
				4473	La Coruña	Amp. a San Antonio	Perro spato	335	Monterroso	Lugo	P. I.	»
				4506	La Coruña	Dos Amigos	Perro spato	114	Germade	Lugo	P. I.	»
				4667	La Coruña	Cillero	Perro spato	12	Vivero	Lugo	P. I.	»
				4695	La Coruña	Angeriz	Perro spato	15	Orol	Lugo	P. I.	»
				4720	La Coruña	Amp. a Santiago	Perro spato	20	Vivero	Lugo	P. I.	»
				4748	La Coruña	Josefina y Purificación	Perro spato	1053	Baleira y Po'	Lugo	P. I.	»
				4761	La Coruña	Amp. a Josefina y Purificación	Perro spato	226	Baleira	Lugo	P. I.	»
				4772	La Coruña	Dolores	Perro spato	988	Baleira	Lugo	P. I.	»
				4928	La Coruña	Amp. a Magdalena	Perro spato	376	Ribadeo y Barreiros	Lugo	P. I.	»
				3908	La Coruña	Círculo rojo	Perro spato	525	Toen	Orense	P. I.	»
				1953	La Coruña	Júpiter	Perro spato	1600	Vigo, Redondela y Mos	Pontevedra	P. I.	»
				3111	Guipúzcoa	Picuda	Perro spato	570	Valle de Baztán	Navarra	C. E.	Otor. y tit.
				3123	Guipúzcoa	Picuda Segunda	Perro spato	908	Erro y Esteribar	Navarra	C. E.	»

PERSONAL

B. O. N.º	Pág.	Fecha	Minis.	A S U N T O
82	4102	6-IV-66	Ind.	Resolución de la Subsecretaría por la que se conceden los ingresos en el Cuerpo de Ingenieros de Minas de los Sres. D. Juan Aguilera Sánchez y D. Guillermo Moreno Castilla.

ENSEÑANZA

B. O. N.º	Pág.	Fecha	Minist.	A S U N T O
65	3206	17-III-66	Ed. N.	Orden de 9-III-66 sobre renuncia a la matrícula oficial por los alumnos de Escuelas Técnicas de Grado Superior.
73	3613	25-III-66	Ed. N.	Orden de 16-III-66 por la que se modifica el artículo cuarto del Reglamento de Oposiciones para ingreso en los Cuerpos de Catedráticos de Escuelas Técnicas.
74	3676	28-III-66	Ed. N.	Orden de 16-III-66 por la que se anuncia a oposición la cátedra del grupo XIII, «Electrotecnia B», de la E. T. S. de Ingenieros Industriales de Madrid.
79	3911	2-IV-66	Ed. N.	Orden de 8-III-66 por la que se convoca concurso-oposición para la provisión de la plaza de Profesor Adjunto de Geología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Sevilla.

IMPUESTOS MINEROS, DESGRAVACIONES, DERECHOS ARANCELARIOS

B. O. N.º	Pág.	Fecha	Minist.	A S U N T O
79	3902	2-IV-66	Hac.	Prórroga de suspensión del Impuesto de Compensación de Gravámenes Interiores a la importación de minerales de cinc.
79	3903	2-IV-66	Hac.	Prórroga de suspensión del Impuesto de Compensación de Gravámenes Interiores a la importación de mineral de plomo, cenizas y residuos que contengan dicho metal, plomo metal y elaborados de plomo.

VARIOS

B. O. N.º	Pág.	Fecha	Minis.	A S U N T O
72	3587	25-III-66	Ind.	Orden de 14-III-66 por la que se dispone el cumplimiento de la sentencia del Tribunal Supremo en el recurso contencioso-administrativo número 13926, promovido por D. Dionisio Alvarez Fernández contra la Orden del Ministerio de Industria de 18-II-64, desestimatoria de alzada de Resolución de la Dirección General de Minas de 30-I-61.
79	3921	2-IV-66	Ind.	Acuerdo del Servicio de Recursos, relativo al recurso de alzada interpuesto por D. José Antonio Pujol Castañer, en representación de la «Compañía de Carbones Mari, S. A.», contra Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles de 6-IX-56, por la que se consideraba decaída y sin vigencia la autorización del proyecto de arrendamiento parcial de la mina de lignito «Eleonora Duse» núm. 1.965, de Barcelona.
80	3993	4-IV-66	Ind.	Notificación del Servicio de Recursos relativa al recurso de alzada interpuesto por D. Alvaro Santamarta Prendes contra Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles de 30-V-61, por la que se desestimó el interpuesto por el citado señor contra Resolución de la Jefatura del Distrito Minero de León de 25-X-60, que otorgó al señor Santamarta Prendes el permiso de investigación «Impensada número 12.940, con sólo cien pertenencias por pise con el «Ordiz V», núm. 12.768, ambos de la provincia de León. (Se publica también en el «B. O. del E.» núm. 81, pág. 4074, de fecha 5-IV-66.)
90	4487	15-IV-66	Hac.	Orden de 23-III-66 por la que se autoriza a la «Compañía Española de Petróleos, S. A.», la ampliación de la habilitación del cargadero construido por la misma en Puerto Caballo, al Sur del término municipal de Santa Cruz de Tenerife, para la descarga en régimen de cabotaje e importación de productos antidetonantes y petrolíferos con destino a su refinería.

Notas bibliográficas

GEOLOGIA

M. FRANCIS GAUTIER y RENE MOUFERDE: *Lagunas e irregularidades de los depósitos en el límite del Jurásico inferior y del Jurásico medio, del borde norte de las Cadenas Ibéricas (España)*. «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 258 págs. 3.064-3.067, marzo 1964.

Diez cortes levantados entre La Almunia (50 kilómetros al SO de Zaragoza) y Valderrobles (40 kilómetros al Oeste del delta del Ebro), ponen en evidencia una reducción del espesor o de las lagunas de los diversos horizontes del Turciense, y del Aleniense y Bajociense Inferior y Medio. Al contrario, el Lias Inferior y Medio, así como el Bajociense Superior y el Batoniense, muestran una constancia relativa. —L. DE A.

Colloque sur le Crétacé inférieur (Lyon, septiembre 1963). «Bureau de Recherches Géologiques et Minières», num. 34, Paris 1965.

En su día se comentó en esta revista el Congreso celebrado en Lyon el año 1963, sobre el Cretáceo Inferior. Apareció publicado por el Bureau de Recherches Minières el correspondiente informe que contiene 810 páginas, entre ellas figuran, además de los trabajos, interesantes conclusiones.

El primer grupo de las conclusiones se refiere a las Comisiones especiales, en las cuales tiene los subgrupos de amonite, otros invertebrados, micropaleontología y sedimentología.

El segundo grupo de conclusiones son de estratigrafía general, entre los que figuran los referentes a los límites del Jurásico y Cretáceo, el Berríasiense, el Valanginiense, Huteriviense, Barremiense, Aptense, Albense y Neocomiense. Como consecuencia de este Coloquio, se constituyeron los siguientes grupos de trabajo:

- 1.º Estudio de los paratrotipos Bocienses del Cretáceo Inferior.
- 2.º Estudios regionales de micropaleontología estratigráfica.
- 3.º Revisión del estrato tipo del Albense. —L.

MARCEL E. DENAEYER y FLORIMOND SCHELLINCK, con el concurso de ANNE COPPEZ: *Recueil d'analyses des laves du fosse tectonique de l'Afrique Centrale (Kivu, Ricanda, Toro-Ankole)*. Musée Royal de l'Afrique Centrale (Belgium). Série in 8.º Ciencias Geológicas número 40. 1965. 234 págs. y 11 láminas.

En el curso de los estudios realizados en Virunga y sus alrededores, se efectuaron más de una centena de análisis de lavas y tobas volcánicas. Análisis que quedaron en parte inéditos. Con ello se ha reunido una documentación química mineralógica bastante abundante, dispersa en numerosas publicaciones dedicadas al volcanismo y a la petrografía de África central.

Es este conjunto, lo que se publica en la recopilación que comentamos, se agrupan todos los análisis existentes de lavas recientes (terciarias actuales) de esta región bastante interesante.

El interés suscitado por los volcanes del África central y por la naturaleza de sus productos, así como sus relaciones con la fosa tectónica que ha dislocado las rocas precambrianas que separan la cuenca del Congo de la del Nilo, se manifiesta en gran número de memorias y tratados científicos.

Recuerda el autor en la introducción, que los campos volcánicos del centro de África están localizados en la zona occidental de una gran fosa tectónica que atraviesa todo el continente del Sur al Norte. Estos campos volcánicos son localizados:

- 1.º Al Oeste, Sur y Suroeste del lago Kivu, en el Kivu meridional.
 - 2.º Al Norte y Nordeste de este mismo lago, donde forman la gran cadena del Virunga, situado en los confines de Kivu, del Rwanda y del Uganda.
 - 3.º Al Este y SE de Ruwenzori, en la fosa secundaria de la Georgia.
- Se pueden considerar en gran parte como relacionados con este campo de lavas:
- 4.º Las cenizas y tufos volcánicos o volcans detríticos de la cubeta del lago Eduardo y de la fosa de Semliki, al Norte de Virunga.

Las lavas de cada uno de estos campos eruptivos son de caracteres químico-mineralógicos distintos.

La obra donde se recopilan estos análisis, está completada con una amplia bibliografía, un índice geográfico, un índice petrográfico y catorce láminas aclaratorias, además de un croquis cartográfico.—L.

GEONUCLEONICA

G. JURAIN: *Solubilité du Radon dans l'eau et déséquilibre*, 89 Congrès des Sociétés Savantes. Págs. 231 a 234.

La solubilidad del radón en el agua, más elevada en las frías que en las termales, es un factor preponderante en la ruptura del equilibrio en la familia U-Ra. Las cantidades de Pb 210 transportadas son significativas y pueden modificarse ampliamente los resultados de las medidas de edad fundadas en la relación Pb 207/Pb 206.

Las aguas vadosas son los agentes importantes en el transporte de la distribución de radioelementos producidos en la filación radiactiva del radio. Esto provoca la ruptura del equilibrio de la familia del uranio, arrastrando modificaciones importantes en las relaciones de concentración isotópicas. El conocimiento preciso de este fenómeno permite entonces explicar ciertas anomalías en los valores absolutos de la edad isotópica. Por otra parte, las aguas transportan el radón y pueden ser el origen de concentración elevadas en Pb 210; su concentración debe ser objeto de una vigilancia atenta en las aguas destinadas a la alimentación humana.—L. DE A.

I. ROUBAULT, R. DELAFOSSE, F. LEUTWEIN y J. SONEI: *Premières données géochronologiques sur les formations granitiques et cristallophylliques de la République Centre-Africaine*. «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 260 págs. 4.787-4.792, 3-mayo 1965.

Los primeros resultados de las medidas isotópicas en la República Centro Africana, ponen de relieve un fenómeno general de movilización de los elementos rubidio y estroncio de las biotitas, en las cuales las edades aparentes varían entre 500 y 600 m. a. Esta movilización parece estar reducida en los microclinos, y las edades de 1.000 a 1.950 m. a., obtenidos por el método Rb-Sr, son concordantes con la datación de grandes fases orogénicas del Congo-Léopoldville.—L. DE A.

CHARLES KOSZTOLANYI: *Nouvelle méthode d'analyse isotopique des zircons a l'état naturel*. «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 260, págs. 5.849-4.851, 31-mayo 1965.

Una nueva técnica de análisis isotópico del zircón, basada en el carácter activador de este, se puso a punto en el Laboratorio Central de Investigaciones Radiogeológicas de Nancy. Permite, después de un ataque ácido directo de una microcantidad de muestras colocadas sobre una fuente de efecto termoiónico, obtener la emisión del plomo, del torio, del uranio y de sus óxidos. En razón de la carencia de tratamiento químico previo, los peligros de contaminación en un plomo común son muy reducidos.—L. DE A.

GEOTECNIA

MICHELINE BERTON: *Applications scientifiques des explosions nucléaires. 2.ª Partie Géologie*. «Seismologie, Etude des sols, Fracture des roches. Núm. 66. Serie Bibliográfica, diciembre 1965.

Esta bibliografía contiene 700 referencias de documentos datados, principalmente de los últimos años, de 1960 a 1965, publicados en: «Nuclear Science Abstracts» (N.S.A.) boletín año 1961 a 1965.—«Bulletin Signalétique du C.N.R.S.» física del globo 1963 a 1965.—«U.S. Government Research Reports» U.S.G.R.D.R. 1962 a 1965.—Los informes y libros de la Biblioteca Central de Saclay.—Los informes de Sedocar.—La revista «Journal of Geophysical Research».

Las referencias fueron clasificadas en dos grupos principales: primero, la sismología, segundo, los estudios relativos a los comportamientos del suelo, terrenos y aguas subterráneas, y a la fractura de las rocas por las explosiones nucleares.

En cada grupo, las referencias se presentan en el orden siguiente: bibliografías, congresos, informes, periódicos y libros.—L.

METALOGENIA

W. P. DE ROEVER y ERICH BEDERKE: *On the cause of the preferential distribution of certain metamorphic minerals in orogenic Belts of different age*. Sonderdruck aus der Geologischen Rundschau, Band 54, Págs. 933-943, 1964.

La kausonita es casi siempre glaucófano que parece formarse en el curso del metamorfismo regional de edad post-paleozoica. Según Miyashiro, el metamorfismo regional del tipo dicho de kainita sillimanita (el tipo de Dalradiense o Barroviense), es común al Paleozoico, mientras que el tipo de andalucita sillimanita y del grupo denominado intermedio a baja presión, tuvo lugar en las cadenas orogénicas de edad tanto Precambriana como Paleozoica y Mesozoica.

El aumento de la presión uniforme, después de la compresión tectónica, ha jugado el mismo papel durante cada ciclo orogénico. Las diferencias observadas entre las cadenas orogénicas de clases diferentes, parecen ser restringidas en los primeros estados de metamorfismo, con una tendencia, tanto más pronunciada en las cadenas cuanto más recientes, hacia el desarrollo, en el curso del primer estado, de facies a presión alta y temperatura baja. Esta tendencia es atribuida al decrecimiento secular (comparando las cadenas de edad diferente) del gradiente geotérmico en curso de los primeros estados de desarrollo de cada cadena, decreciendo ella misma debido a la disminución secular de la cantidad de calor producido por los procesos radiactivos. La presencia de tipo metamórfico regional andalucita-

sillimanita, definida por Miyashiro, y del grupo llamado intermedio a baja presión en las cadenas orogénicas de edad muy diferentes, significa simplemente que, en estas cadenas, el magma granítico formado en profundidad asciende a los niveles más elevados.—L.

NUCLEONICA

L. THIRIET, C. JOUANNAUD, J. COUTURE y J. DUBOZ: *Coûts d'investissement et d'exploitation des usines de retraitement de l'uranium naturel irradié*. Rapport CEA-R 2.937, enero 1966.

La comunicación expone un método de análisis de costos de inversiones en fábricas de nuevo tratamiento del uranio natural irradiado y sus costes de explotación.

Este método permite establecer estructuras típicas de costes de las fábricas y comparar las realizaciones industriales y los proyectos. Facilita la exploración y las consecuencias previsibles del progreso técnico.

Se indica un cierto número de resultados obtenidos, referentes a la sensibilidad de los costes de inversiones de estas fábricas en los diferentes parámetros técnicos, definiendo el combustible y su confrontación según el país o áreas económicas.—L.

VULCANOLOGIA

ANDRÉ FERRAGNE: *Sur l'existence d'une série volcano-détritique silurienne au Nord de Celanova (Province d'Orense, Espagne)*. «C. R. Acad. Sc. Paris», t. 262, págs. 832-834, 21-febrero 1966.

Al Norte de Celanova, en la parte occidental de la provincia de Orense, aflora un potente complejo plegado de micacitas y porfiróides de la serie de Celanova, de origen volcánico detrítico con una edad siluriana.—L. DE A.

Sección informativa de revistas

Publicaciones españolas.

INGENIERIA. Publ. por Gumersindo García, Madrid.
Año XV, núms. 169-170, enero-febrero.

ECONOMIA INDUSTRIAL. Publ. por la Secretaria General Técnica del Ministerio de Industria

Perspectivas de la industria para el año 1966. (Editorial.)
L. Cuereca Tosantos: *La financiación de la industria siderúrgica.*
J. L. Sobrino: *Sobre la nueva ordenación del mercado plomero en España.*
La petrolquímica en los países en vías de desarrollo.

INFORMACION ESTADISTICA Y ECONOMICA. Publ. por la Secretaria General Técnica del Ministerio de Agricultura, Madrid.
Enero 1966.

DOCUMENTACION SIDERURGICA. Publ. por ENSIDESA.
Núm. 18, marzo 1966.

ERGIO. Publ. por la Asociación de ex alumnos del ICAI.
Año VII, núm. 22, abril 1966.

ESTUDIOS GEOGRAFICOS. Publ. por el Instituto «Juan Sebastián Elcano», C. S. I. C., Madrid.
Tomo XXVI, núm. 101, noviembre 1965.
Don Eduardo Hernandez Pacheco: (Nota necrológica). Lista bibliográfica de los trabajos del profesor Eduardo Hernandez-Pacheco.

MOXIANA. Publ. por el Centro Excursionista de Cataluña, Barcelona.
Año XVIII, núm. 100, noviembre-diciembre 1965.

F. Guri Serra: *El macizo del Bou Mort.*
J. Rossell Sanuy: *Geología del Bou Mort.*

BOLETÍN DE INFORMACIÓN MINERA. Publ. por Harry Wassell & Associates, Inc.
Núm. 17, abril 1966.

MEMORIAS. Publ. por el Servicio Meteorológico Nacional, Ministerio del Aire, Madrid.

Primer ciclo de conferencias desarrollado en el Instituto Nacional de Meteorología durante el año 1962.

BOLETÍN MINERO E INDUSTRIAL. Publ. por el Centro Industrial de Vivecaya.
Año XLV, núms. 3-4, marzo-abril 1966.

Publicaciones hispano-americanas.

BOLETÍN DE GEOLOGÍA. Publ. por el Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dirección de Geología, Venezuela.

Volumen VII, núm. 13, octubre 1965.

T. Bohdan Korol: *Estratigrafía de la serie Pastora en la región Guasipati-El Dorado.*
G. C. Mc Candless: *Reconocimiento geológico de la región nor-occidental del Estado Bolívar.*

J. Kalliokoski: *Geología de la parte norte-central del Estado de Guayana, Venezuela.*

R. L. Chase: *El complejo de la Imataca, la anfíbolita de Panamá y la tronjemita de Guá: Rocas precambrianas del cuadrilátero de Las Adjuntas-Panamá, Estado de Bolívar Venezuela.*

Gregor de Ratimiroff: *Origen y metamorfismo del paragneis principal del complejo precámbrico de Imataca: Cuadrilátero de Upatá, Estado de Bolívar, Venezuela.*

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES. Publ. por la Universidad de Córdoba, Rep. Argentina.
Año XXVI, núms. 1-2, 1965.

R. Guri y F. Vera: *Investigación de suelos en los canales del sistema de riego del Río de los Sauces (Córdoba).*

M. MÜNICKEN: *Algunos Cefalópodos supracretácicos del Río Turbio (Santa Cruz).*

* * *

Año XXV, núms. 3-4, 1964.

Los estratos con «diaculites» de Elcaín (Río Negro-Argentina) y sus relaciones con otros estratos supracretácicos argentinos.

INSTITUCIONES CIENTÍFICAS Y CIENTÍFICOS LATINO-AMERICANOS. Publ. por el Centro de Cooperación Científica para América Latina, UNESCO, Montevideo.

1965. México (Científicos):

Fascículo I (A—G)

Fascículo II (H—R).

Fascículo III (S—Z).

* * *

1965. Argentina (Instituciones):

Fascículo I.

BOLETÍN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA. Publ. por la Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Núm. 9, 1965.

PUBLICACION TECNICA. Publ. por el Instituto Geográfico Militar, Buenos Aires.
Núm. 35, 1965.

Martínez Vivot y E. Horvat: *Geodimetro. Medición de bases geodésicas.*

ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTÍFICA ARGENTINA.
Tomo CLXXX, Entregas I-II, julio-agosto 1965.

Publicaciones alemanas.

TESIS DOCTORAL. Publ. por las Compañías Geofísicas SEISMOS y PRAKLA, Alemania.

Th. Krey: *La importancia de la curvatura horizontal en algunos métodos de medición y cálculo de la sísmica aplicada (en alemán).*

* * *

Publicaciones francesas.

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'HISTOIRE NATURELLE DE TOULOUSE. Publ. por Librairie-Éditeur Privat, Toulouse.
Tomo 100, núm. 1 y 2, 1965.

G. Astre: *Comportement de l'argile grumeleuse.*

F. TOLLÓN: *Sur la métallogénie de la région de Vicdessos (Ariège).*

M. Durand-Delga: *Manifestations d'une importante phase tectonique anté-cénomaniennne dans les Corbières orientales.*

Y. Tambareau: *Observations sur le Thanétien supérieur des Petites Pyrénées.*

P. Debat: *Les formations métamorphiques des vallées de Gavarnie et d'Heas (Hautes Pyrénées)*.

J. Canérot: *Observations géologiques dans la région du Pic de Bergan (Basses Pyrénées)*.

* * *

Tomo 100, núms. 34, 1965.

P. Béziat, X. de Gramont y F. Tollon: *Présence de wolframite dans la fluorine du Berlan près Roquecourbe (Tarn)*.

X. de Gramont, P. Monchoux y F. Tollon: *Gisements de barytine de Gêdre et de Gavarnie (Hautes Pyrénées)*.

P. Monchoux: *Nouvelles observations sur les thersolites et les ophites de Moncaup (Haute Garonne)*.

L. Roux: *Etude des formations métamorphiques des environs de Lacourt (Ariège)*.

G. Astre: *Nouvelle découverte d'une mutation ancienne d'Elephas antiquus au viaduc du Viar (Aveyron)*.

M. Rech Rolio: *Formation du ciment calcaire des grès actuels du delta du Rhône et des grès tyrrhéniens de Carnon*.

REVUE DE MICROPALEONTOLOGIE. Publ. por el Laboratorio de Micropaleontologie de l'Université, Paris.

C. Lorenz: *Les couches a Lépidocyclines de Molire (près de Ceva, Piémont, Italie)*.

SCIENCES DE LA TERRE. Publ. por la Escuela Nacional Superior de Geología Aplicada de la Universidad de Nancy.

Núm. 6, marzo 1965.

D. Aberdam: *Utilisation de la microscopie électronique pour l'étude des feldspaths. Observation sur des micropertthites*.

* * *

Núm. 7, octubre 1965.

R. Houot: *Contribution à l'étude de la flotation de la wolframite*.

ANNALES DES MINES. Publ. por la Compagnie Française d'Éditions, Paris
Febrero 1966.

J. Chenevier y H. Jacqz: *Valorisation des distillats légers*.

M. L. Gouni: *Essais de formalisation du plan*.

M. F. Callot: *Note sur le combinat «Schwarze Pumple»*.

CRONIQUE DES MINES ET DE LA RECHERCHE MINIERE. Publ. por el Centro de Estudios Geológicos y Mineros, París.

Año 34, núm. 350, febrero 1966.

M. Moreau, A. Poughon, Y. Dubraud y H. Sansème: *L'uranium et les granites*.

BULLETIN SIGNALÉTIQUE. Publ. por el Centro Nacional de la Investigación Científica, París.

Vol. XXV, núm. 10, 1964.

Sciences de la Terre I.

TESIS. Publ. por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Nancy, 1966.

Y. Champetier: *Estudio del Jurásico y Cretácico de la Sierra Fontanells (Valencia, España)*, (en francés).

TABLE DES COMPTES RENDUS DES SEANCES. Publ. por la Academia de Ciencias, París.

Tomo 259, segundo semestre de 1964.

MEMOIRAS DEL MAPA GEOLOGICO DE FRANCIA. Publ. por el Ministerio de Industria, París.

H. Grunevald: *Géologie de la Martinique*.

NATURE ET RESSOURCES. Publ. por la UNESCO.

Vol. I, núm. 4, diciembre 1965.

Etablissement de bassins représentatifs et expérimentaux, réunions de Budapest. Hydrologie des roches fissures: réunions de Dubrovnik.

MEMOIRES.---Publ. por el Bureau de Recherches Géologiques et Minières, París.

Núm. 34, 1965.

Colloque sur le Cretacé Inferieur (Lyon, septembre 1963).

DOCUMENTS DES LABORATOIRES DE GEOLOGIE. Publ. por la Facultad de Ciencias de Lyon.

Núm. 11, fasc. 2, 1965.

C. Guérin: *Galloral (nov. gen.) Meneghinii (Rütimeyer, 1878). Un rupicapriné du Vi lafranchien d'Europe Occidentale*.

* * *

Número 12, 1965.

G. Demareq: *Rapport annuel. Geologie 1965.*

Publicaciones soviéticas.

SERIYA GEOLOGICHESKAYA. Publ. por la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú.
Núm. 3, marzo 1966 (en ruso).

G. D. Afanasyev y I. V. Borisevich: *Intrusiones proterozoicas ultrabásicas e interpretación compuesta de los datos para su datación absoluta.*

R. I. Dubov: *Naturaleza del efecto de filtración.*

O. S. Kochetkov: *Concentraciones de metales raros y en pequeñas cantidades en las biotitas de las capas devonianas del Timán Central, Septentrional y la Península de Kamín.*

R. N. Sobolev, V. M. Agoshkov y M. M. Chejovskij: *Comportamiento de los álcalis en algunos procesos petrológicos en ejemplos de granitoides devonianos de la divisoria Sarraisu Teniz (Kazajstán Central).*

A. M. Bloj: *Ligazones hidrogenadas en el agua y su importancia para la interpretación geológica.*

S. E. Kolotujina: *Nuevos datos sobre la evolución tectónica del escudo de la Guayana.*

N. F. Bruinza, V. D. Kogan, S. A. Tjorzhevskiy y A. M. Chernyakov: *Permiano Inferior indicador de la evolución tectónica de la fosa del Dnieper.*

V. A. Vajrameyev: *La flora del final del Cretáceo de la costa rusa del Pacífico; particularidades de su composición y distribución estratigráfica.*

K. O. Rostovisev, G. M. Aladov y N. R. Azaryan: *Triásico del Cáucaso y Subcáucaso.*

M. N. Mexeiev, N. I. Ravskiy y S. M. Tseytlin: *Etapas geocronológicas principales del Antropógeno de la plataforma siberiana.*

G. D. Afanasyev: *En el 60 aniversario de su nacimiento.*

REFERATIVNIY JURNAL. Publ. por el Instituto de Información Científica de la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú.

Núm. 2, 1966 (en ruso).

Geología, B. Geoquímica, Mineralogía, Petrografía.

Índice bibliográfico de libros y artículos de todo el mundo sobre dichos temas.

* * *

Número 3, 1966 (en ruso).

Geología, B. Geoquímica, Mineralogía, Petrografía.

Publicaciones inglesas.

MINING MAGAZINE. Publ. por el Mining Journal Ltd., Londres.

V. M. Karve, T. R. Madhavan y J. Somnay: *Sequential firing.*

M. Tiberg, T. Buhre y Heritz: *Novel steel refining process.*

* * *

Volumen 111, núm. febrero 1966.

K. Gaertner: *Handling with the bucket wheel excavator.*

F. Bishop: *The United States stockpiles.*

M. Moyal: *Mineral production in Gabon.*

Publicaciones polacas.

PRACZ MINEOLOGICZNE. Publ. por la Academia de Ciencias de Polonia, Varsovia.
Tomo 1, 1965 (en polaco).

B. Osipowicki: *Minerales de níquel de la zona de meteorización de las serpentinitas de Szkaroch (Baja Silesia).*

* * *

Tomo 2, 1965 (en polaco).

A. Malcek: *Esquema mineralógico y petrográfico de los filones polimetálicos de las proximidades de Wojcieszowa (Baja Silesia).*

Publicaciones italianas.

BULLETTIN VOLCANOLOGIQUE. ORGANE DE L'ASSOCIATION DE VOLCANOLOGIE DE L'UNION GÉOLOGIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE. Publ. por el Consejo Nacional de Investigaciones de Italia.

Tomo XXVIII.

1966.

I. Iwasaki, M. Katsura y M. Kamada: *Chemical analysis of volcanic gases.*

B. Azorá y A. Angelucci: *Tufs volcaniques du Pléistocène sur le plateau du Mont Avatore (Subiaco-Latium).*

C. Blot: *Relations entre les séismes profonds et les éruptions volcaniques au Japon.*

M. Adonato-Koerdell: *Geohistoric and paleographic data and evolution of volcanism in Mexico.*

F. Mosser: *Progress report on recent developments of geothermal energy and volcanology in Mexico.*

E. Locardi y M. Mittempergher: *Study of an uncommon lava sheet in the Bolsena District (Central Italy).*

M. Mittempergher: *Volcanism and petrogenesis in the S. Venanzo area (Italy).*

L. A. Basharina: *Gases of Kamchatka volcanoes.*

A. F. de Lapparent, J. de Lavigne Sainte Suzanne y P. Bordet: *Sur l'importance et l'extension du volcanisme récent de Naur (Afghanistan).*

C. Tedesco: *Main lines of the history of the Roccamonfina volcano.*

E. Szádeczky Kardoss y L. Pesty: *Experimental measurements of igneous contamination of volcanic masses.*

P. Bordet: *Nomenclature volcanologique.*

G. S. Gorskov: *On the relations of volcanism and the upper mantle.*

G. S. Steinberg: *Geological structure of the Aranchinsky group of volcanoes according to the geophysical data.*

T. A. Rafter: *Recent sulphur isotope measurements on a variety of specimens examined in New Zealand.*

D. Thurber: *The concentrations of some natural radioelements in the waters of the great basin.*

E. E. Nilonovski y N. V. Koronovski: *«Tuffolavas» and related formations of Central Caucasus.*

C. D. Ollier y M. C. Brown: *Lava caves of Victoria.*

R. W. Decker: *Volcanoes and regional geophysical trends.*

E. Bonati: *Palagonite, hyaloclastites and alteration of volcanic glass in the ocean.*

P. Hedervari: *Energetical calculations concerning the eruption of volcano Agung (Bali) and Surtsey (Indonesia).*

M. T. Zen: *The future danger of Mt. Kelut (Eastern Java-Indonesia).*

Essam S. El-Hamawi: *Petrographical and geochemical studies on Egyptian (U. A. R.) basalts.*

H. Fiebler: *Acid hyaloclastites.*

E. Aubert de la Rüe: *Le Piton de la Fournaise, volcan actif de l'île de la Réunion.*

R. Nagasawa: *Rotation of volcanic smoke column around a vertical axis.*

G. J. H. Mc Call y C. M. Bristow: *An introductory account of Suswa volcano, Kenya.*

W. E. Tremlett: *Stress release and magma formation in orogenic and post-orogenic phases.*

F. Machado: *The Messina earthquake of 1908 and the magma chamber of Etna.*

A. F. Richards: *Geology of the Islas Revillagigedo. 3. Effects of erosion on Isla San Benedicto 1952-61 following the birth of Volcan Barcena.*

ATTI DELLA ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI, Publ. per la Accademia Nazionale Dei Lincei, Roma.

Volumen XXXVI, Fascicolo 5, mayo 1964 (en italiano).

G. C. Parea: *Esta e provenienza dei clastici del flysch arenaceo dell'Isola d'Elba.*

S. Zucchetti: *I giacimenti mercuriferi della Toscana e l'età della locale metallogenese.*

* * *

Volumen XXVI, fascicolo 6, junio 1964 (en italiano).

A. Desio, G. Pasquare e P. Spadea: *Prime notizie geologiche sul territorio de Lago Shitwa (Afghanistan nord-orientale).*

A. Desio, E. Tongiorgi y G. Ferrara: *Notizie preliminari sull'età geologica di alcune rocce granitoidi del Karakorum, Hindu Kush e Badakhshan (Asia Centrale).*

P. Baggio y R. Malaroda: *Il traforo del Monte Bianco; prime osservazioni geologiche sul tratto dalla progressiva 3.700 alla progressiva 4.900 (parte italiana).*

A. Bosellini: *Strutture sedimentarie da «erosione di fondo» nell'Eocene superiore dei Beringi orientali.*

C. Reale: *Distanze interatomiche e grado di ionicità dei legami.*

E. Camillo y G. Giuseppetti: *La struttura cristallina del Cu(py)₂SO₄·2H₂O.*

* * *

Volumen XXXVII, fascicolo 12, julio-agosto 1964.

* * *

Volumen XXXVIII fasciculos 3-4, septiembre-octubre 1964.

O. Baggio y R. Malaroda: *Il traforo del Monte Bianco; prime osservazioni geologiche sul tratto dalla progressiva 4.900 alla progressiva 5.800 (parte italiana).*

* * *

Volumen XXXVII, fascicolo 5, noviembre 1964.

D. Rossi: *Il Trias medio e superiore nelle Dolomiti nord-orientali.*

* * *

Volumen XXXVII, fascicolo 6, dicembre 1964.

A. Desio: *Sulla presenza del Cretaceo fossilifero nel vallone del Burji-la, presso Skardu (Baltistan, Asia Centrale).*

C. Friz: *Lineamenti geologici della zona circostante alla cascata della Toce (alta Val Formazza).*

D. Rossi: *Introduzione allo studio degli strati di Livinallongo della regione dolomitica. Caratteristiche sedimentologiche delle ritmiti siliceo-calcaree.*

C. Sturani: *Prima segnalazione di Amoniti nel Lias del Canavese.*

* * *

Volumen XXXIII, fascicolo, 1 enero 1965.

G. Supino: *Sopra la possibilità di modelli geologici.*

D. Rossi: *Contributo allo studio degli strati di Livinallongo. I calcari nodulari delle Dolomiti Occidentali.*

* * *

Volumen XXXVIII, fascicolo 2, febrero 1965.

V. Lorenzelli, G. Randi y F. Gesmundo: *Osservazioni sulla struttura cristallina dell'aureo cianuro di potasio in base allo spettro ultrarosso.*

A. Boselli: *Schema strutturale del Permo-Trias postercinico nelle Alpi Meridionali.*

E. Carazza y C. Sabelli: *Dati diffrattometrici sulla glauberite.*

* * *

Volumen XXXVIII, fascicolo 3, marzo 1965.

A. Marussi: *Funzione di dissipazione delle auto-oscillazione della terra eccitate del terremoto del Cile e registrate a Trieste.*

* * *

Volumen XXXVIII, fascicolo 4, abril 1965.

* * *

Volumen XXXVIII, fascicolo 5, mayo 1965.

E. Corazza, C. Sabelli: *Notizie cristallografiche sulla kaliborite*.

ATTI DELL'ISTITUTO GEOLOGICO DELLA UNIVERSITA DI PAVIA. Publ. por el Insituto Geológico de la Universidad de Pavia.
Volumen XVI, 1965 (en italiano).

G. Braga y S. Mosna: *Sulla presenza e sulle condizioni di giacitura di mare oligocene al margine padano dell'Appennino Piacentino (Fiorenzuola d'Arda-Tav. Pontedellolo)*.

F. Barbieri y S. Mosna: *Segnalazione di una microfacies comune nel flysch dell'Appennino*.

G. Fierro y M. Vanossi: *Nuovi elementi per la stratigrafia del «Brianzonese ligure» tra il T. Corsaglia e il T. Pennacaira*.

M. Vanossi: *Studio sedimentologico dei flysch ad Elmintoidi della Valle Argentina (Liguria occidentale)*.

G. Sacchi Vialli: *Immagini di vita nei fossili*.

S. Mosna: *Contributi micropaleontologico-stratigrafici allo studio dell'Obligocene del Bacino Terziario ligure-piemontese*.

M. Vanossi: *Le unità stratigrafico-strutturali tra il Pizzo d'Ormea e il Monte Galero (Alpi Marittime)*.

G. Braga: *Primo contributo alla conoscenza dei Nannofossili calcarei del-Alberese*.

BOLLETTINO DEL COMITATO GLACIOLOGICO ITALIANO. Publ. por el Consiglio Nazionale delle Ricerche.
Número 11, 2.^a serie, 1960-61, parte segunda, 1965 (en italiano).

F. Capello Carlo: *Limiti nivali e manto nevoso in Piemonte nell'inverno 1960-61*.

A. Drigo, A. Cecchetti y G. Fratucello: *Misure dell'equivalente in acqua del manto nevoso col metodo dell'assorbimento dei raggi gamma, efecttuato alla Fedaià (Marmolada) nel 1959-60 e nel 1960-61*.

C. Zanov: *Ricerche sulla neve in Francia e in Svizzera. Osservazioni e prospettive delle ricerche micrometriche in Italia*.

U. Brighenti: *Osservazioni sul manto nevoso alla stazione del Lago della Rossa (Bacino Stura di Lanzo), Anno 1960-61*.

M. Vanni: *Osservazioni sul manto nevoso nell'alta Valtournanche, stazione del Lago Gioiè (2.526 m. s. m.), Anno 1960-61*.

G. Nangeroni: *Relazione sulle ricerche eseguite sulle condizioni nivali Montespuga nel periodo 1960-61*.

G. Morandini, G. Brunetta y G. Zanov: *Osservazioni sul manto nevoso nelle stazioni-pilota di Malga Boazzo e Malga Bissina, Cortina d'Ampezzo e Pian Fedaià*.

M. Tonini: *Caratteristiche dell'innnevamento nelle stazioni-pilota di Sauris-Spada e Cavia nell'inverno 1960-61*.

L. Camali: *Osservazioni sul manto nevoso a Pian del Falco e a Lagdei durante l'inverno 1960-61*.

S. Giambetti: *Osservazioni sull'innnevamento alla stazione di Campigna nell'inverno 1960-61*.

G. Giovannucci: *Ricerche sul manto nevoso nell'Appennino Abruzzese, 1960-61*.
S. Cavazza: *Le osservazioni sul manto nevoso in Calabria, Inverno 1960-61*.

VITA ITALIANA. Publ. por la Presidenza del Consejo de Ministros, Roma.
Año XVII (cuarta serie), núm. I, enero 1966.

Publicaciones canadienses.

PAPER. Publ. por el Department of Mines del Geological Survey of Canada, Ottawa.
Paper 64 67, 1965.

J. E. Cheron: *Groundwater resources of the Emerson area, Manitoba (Townships 1 to 6, ranges 1 to 5 East of principal meridian)*.

* * *

Paper 64 65, 1965.

H. H. Bostock: *Cleburner complex, New Quebec*.

MINUTES OF PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY OF CANADA. Publ. por la Real Sociedad del Canada, Ottawa.
Cuarta serie, tomo III, 1965.

MEMORIA. Publ. por el Department of Mines, Geological Survey of Canada, Ottawa.
Número 335, 1965.

J. A. Roddick: *Vancouver North, Coquitlam, and Pitt Lake Map Areas, British Columbia, with special emphasis on the evolution of the plutonic rocks*.

CATALOGUS DEL GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA. Publ. por el Geological Survey of Canada, Ottawa.

H. M. A.: *Index of publications, Geological Survey of Canada (1959-1964)*.

* * *

Volumen II, 1965.

T. E. Bolton: *Catalogue of type invertebrate fossils of the geological Survey of Canada*.

BOLETÍN. Publ. por el Geological Survey of Canada, Ottawa.
 Núm. 110. 1965.

E. W. Mountjoy: *Stratigraphy of the Devonian Miette Rec. complex and associated strata, Eastern Jasper National Park Alberta.*

Publicaciones estadounidenses.

AIRE COMPRIMIDO. Publ. por Compressed Air Magazine Co., EE. UU.
 Volumen 2.
 Núm. 1.
 Enero febrero 1966 (en español).
 R. L. Moxey: *El proyecto de Muddy Run.*
 H. Stagnito: *La curascadora Kelly.*

PROFESSIONAL PAPER. Publ. por el Geological Survey, Washington.
 Núm. 360.
 E. H. Bailey y D. L. Everhart: *Geology and quicksilver deposits of the New Almaden district, Santa Clara county, California.* (Un volumen de texto, otro de mapas).

NUCLEAR SCIENCE ABSTRACTS. Publ. por la United States Atomic Energy Commission.
 Volumen 19.
 Núm. 24.
 Diciembre 1965.

* * *

Volumen 20.
 Núm. 1.
 Enero 1966.

BULLETINS OF THE BUREAU OF MINES. Publ. por el Bureau of Mines, Department of the Interior, Washington.
 Núm. 585. 1960.
Mineral facts and problems.

MATERIALS SURVEY. Publ. por el Bureau of Mines, U. S. Department of the Interior.
 1952. Copper. (Compilado por la Oficina de Recursos para la Seguridad Nacional.)

— — — —

THE AMERICAN MINERALOGIST. Publicado por Journal of the Mineralogical Society of America
 Volumen 51.
 Núm. 1 2.
 Enero febrero 1966.

C. E. Gordillo, E. Linares, R. O. Toubes y H. Winchell: *Huemulite, Na₁MgV₁₀O₂₄H₂O, a new hydrous sodium and magnesium vanadate from Huemul Mine, Mendoza Province, Argentina.*

F. C. Kracek, C. J. Ksanda y L. J. Cabri: *Phase relations in the silver tellurium system.*
 G. Terziev: *Kostovite, a gold-copper telluride from Bulgaria.*

A. R. Ramsden y E. N. Cameron: *Kamacite and taenite superstructures and a metastable tetragonal phase in iron meteorites.*

A. B. Carpenter, R. A. Chalmers, J. A. Gard, K. Speakman y H. F. W. Taylor: *Jennite, a new mineral.*

P. B. Hostetler, R. G. Coleman, F. A. Mumpton y B. W. Evans: *Brucite in alpine serpentinites.*

W. T. Holser: *Diagenetic polyhalite in recent salt from Baja California.*

A. H. Truesdell: *Ion-exchange constants of natural glasses by the electrode method.*

R. E. Blake, R. E. Hesseyick, T. Zoltai y L. W. Finger: *Refinement of the hematite structure.*

R. B. Forbes y S. Banno: *Nickel-iron content of peridotite inclusion and cognate olivine from an alkali olivine basalt.*

H. W. Newkirk, D. K. Smith y J. S. Kahn: *Synthetic bromellite. III. Some optical properties.*

A. A. Levinson: *A system of nomenclature for rare earth minerals.*

Ch. W. Burnham: *Computation of absorption corrections, and the significance of end effect.*

P. B. Moore: *The crystal structure of metastrongite and its relationship to strongite and phosphophyllite.*

D. B. Stewart, G. W. Walker, T. L. Wright y J. J. Fahey: *Physical properties of calcic labradorite from Lake County, Oregon.*

G. Donnay, C. O. Ingamells and B. Mason: *Buergerite, a new species of tourmaline.*

E. G. Zies: *A new analysis of coxsite from the island of Pantelleria.*

D. R. Simpson: *Effects of magnesium on the formation of apatite.*

D. R. Radusinovic: *Greigite from the Lojane chromium deposit, Macedonia.*

D. L. Wood y A. A. Ballman: *Blue synthetic quartz.*

Ch. J. Ritter y W. H. Dennen: *Blackening of natural quartz by γ -irradiation.*

C. Hyde y R. A. Landy: *Whewellite from septarian concretions near Milan, Ohio.*

W. T. Parry y C. C. Reeves: *Lacustrine glauconitic mica from pluvial Lake Mound, Lynn and Terry Counties, Texas.*

J. N. Weber: *Dehydration of diasporite at water pressures from 15 to 51,000 psi.*

W. C. Allen: *An X-ray method for defining composition of a magnesium spinel.*

K. D. Lyall: *The origin of mechanical twinning in galena.*

CIRCULARS. Publ. por el Oklahoma Geological Survey.

Núm. 63. 1965.

E. A. Frederickson, R. H. Redman y J. M. Westheimer: *Geology and petroleum of Love County.*

* * *

Núm. 70. 1965.

E. C. Olson: *New permian vertebrates from the Chickasha formation in Oklahoma.*

BOLETTIN. Publ. por el Oklahoma Geological Survey.

Num. 109, 1965.

P. K. Sutherland: *Rugose corals of the Henryhouse formation (Silurian) in Oklahoma.*

GEOIMES. Publ. por el American Geological Institute.

Vol. 10.

Num. 5.

Diciembre 1965-enero 1966.

B. M. Vetter: *Geologists, Viet Nam and the draft.*

W. T. Pecora: *National center for earthquake research, USGS.*

W. B. Heroy Jr.: *Earthquakes, explosions research and prediction.*

C. G. Higgins: *Greece-a sketch for geologists.*

M. Ma'donado-Koerdell: *Geological reunion in Costa Rica.*

AGI prof. stand. Comm.: *The model late and definition of terms.*

JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. Publ. por la American Chemical Society.

Volumen 88.

Num. 3.

Febrero 1966.

OKLAHOMA GEOLOGY NOTES. Publ. por el Oklahoma Geological Survey, Universidad de Oklahoma, Norman.

Volumen 26.

Num. 1.

Enero 1966.

H. L. Strimple: *New species of cromyocerimids from Oklahoma and Arkansas.*

J. H. Quinn: *Genus Reticuloceras in America.*

T. Freeman: *Petrographic unconformities in the Ordovician of Northern Arkansas.*

* * *

Volumen 26.

Num. 2.

Enero 1966.

R. B. McDougal: *The mineral industry of Oklahoma in 1965.*

H. L. Strimple y B. H. Beane: *Reproduction of lost arms on a crinoid from Le Grand Iowa.*

L. R. Wilson: *Type species of Cirratiradites Wilson and Coe, 1940.*

W. Bruce Saunders: *New gonianite ammonoid from the late Mississippian of Arkansas.*

C. C. Branson: *Treatise volumes on Brachiopoda, review for Oklahoma.*

GEOPHYSICAL ABSTRACTS. Publ. por el Geological Survey, U.S. Department of the Interior, Washington.

Num. 226.

Noviembre 1965.

* * *

Num. 227.

Diciembre 1965.

NUCLEAR SCIENCE ABSTRACTS. Publ. por la U. S. Atomic Energy Commission, Division of Technical Information.

Volumen 19.

Num. 22.

30 noviembre 1965.

* * *

Volumen 19.

Num. 23.

15 diciembre 1965.

GEOLOGICAL SCIENCES. Publ. de la Universidad de Stanford, California.

Volumen N, núm. 2, 1965.

R. Pestrong: *The development of drainage patterns on tidal marshes.*

GEOLOGICAL SURVEY BULLETIN. Publ. por el Geological Survey, U. S. Department of the Interior, Washington.

Num. 1191, 1965.

W. R. Hansen: *The Black Canyon of the Gunnison, Today and yesterday.*

Publicaciones africanas

BULLETIN. Publ. por el Geological Survey, Department of Mines, República de Sudáfrica.

Num. 43, 1965.

J. S. V. van Zijl: *A geological geophysical investigation of the Albert Siker Mine, North of Bronkhorstpruit, Transvaal.*

* * *

Num. 44, 1965.

D. P. Wüke: *Magnetite deposits north of the Soutpansberg, Transvaal.*

Publicaciones brasileñas

REVISTA DA FACULDADE DE ENGENHARIA, Publ. por la Universidad de Oporto.
Volumen XXX.
Núm. 2.
Julio-diciembre 1965.

AVULSO núm. 86. Publ. por el Ministerio de Minas y Energía de los E. U. de Brasil, Rio de Janeiro.
Núm. 86, 1964. (en portugués).
D. Guimarães y C. V. Dutra: *Contribución a la petrografía y geoquímica del yacimiento estannífero de Ipameri-Goiás.*
D. Guimarães y C. V. Dutra: *Petrología y geoquímica de las rocas metamórficas praterozoicas de Chapada Grande, Bacia do Sao Francisco-Oeste de Bahia.*
J. da Rocha Hirson: *Algunas observaciones sobre la cuarcita del grupo Caraça.*
J. da Rocha Hirson: *Contribución al estudio de la petrografía del archipiélago de Fernando de Noronha.*

ENGENHARIA, MINERAÇÃO, METALURGIA. Publ. por la Revista de Engenharia, Mineração e Metalurgia Ltda., Brasil.
Volumen XLI.
Núm. 245.
Mayo 1965 (en portugués).
I. Carvalho do Amaral: *Problemas urgentes del Ministerio de Minas y Energía.*
M. Thibau: *Primer año de actividades revolucionarias en el Ministerio de Minas y Energía.*
O. Henry Leonardos: *La obra geológica de Guilherme Luis de Eschewege en el Brasil.*
C. Effenberger y F. Franco de Assis Fonseca: *Extracción y beneficio del mineral de hierro de Mannesmann Mineração S. A., en Minas Gerais.*
E. Favors: *Singularidad orográfica.*

* * *

Volumen XLI.
Núm. 244.
Abril 1965 (en portugués).
J. Dean y J. J. Patel: *Coque de alta densidad para fundición*
A. J. S. Bjornberg, N. Gandolfi y A. Braga Paraguassu: *Nuevas observaciones sobre la tectónica moderna del Estado de Sao Paulo.*
Transportadores de cinta de acero Sandvik en fundiciones.
O. H. Leonardos: *Contribución alemana al conocimiento de la geología y de los recursos minerales del Brasil desde el siglo XVI hasta mediados del XIX.*

* * *

Volumen XLI.
Núm. 241.
Enero 1965 (en portugués).

J. M. Albuquerque Forman: *La formación de geólogos especializados.*
O. H. Leonardos: *Resultados geológicos de la expedición de Spix y Martins al Brasil.*
E. V. Akerlow: *Problemas de ingeniería relacionados con los aceros producidos por im-gote continuo.*
C. Alberti Senra: *La política mineral de la Comisión Nacional de Energía Nuclear.*
J. van Nostrand: *Cartografía del Cuadrilátero Ferrífero.*

* * *

Volumen XLI.
Núm. 242.
Febrero 1965 (en portugués).
I. R. de Andrade Ramos: *La industria del carbón en la India.*
O. H. Leonardos: *Yacimientos de mineral de hierro en Ceara.*
D. H. Houseman: *Factores que afectan al consumo de electrodos de hornos eléctricos de arco.*
Agua subterránea en Minas Gerais.
A. Gomes Angeiras: *Flúor en el Brasil.*
C. A. Fragoso Senra: *La política mineral del C.N.E.N.*
E. Enoch Hensoldt: *Determinación de cualidades específicas de las rocas por procedimientos geoelectromagnéticos.*

* * *

Volumen XLI.
Núm. 243.
Marzo 1965 (en portugués).
O. H. Leonardos: *El plan decenal para la evaluación de los recursos minerales del Brasil. Zinc en Fazante, MG.*
H. Leister: *Características de lavabilidad de los carbones de Rio Grande del Sur. Bentonita y tobas fosfatadas en Minas Gerais.*
O. H. Leonardos: *Clasificación de las sustancias minerales y catastro de las minas brasileñas.*
Casiterita, tantalita y microlita en la región de S. Joao del Rei, MG.
O. H. Leonardos: *Contribución holandesa y belga a las investigaciones geológicas y mineras del Brasil.*
R. Frayha: *Material radiactivo en el yacimiento «Taquari» en Caldas, MG.*
M. Moreira: *Empleo del precipitador electrostático en las minas.*

PUBLICAÇÃO ESPECIAL. Publ. por la Escuela de Geología de la Universidad Rio Grande do Sul, Brasil.
Núm. 7.
Febrero 1965.
I. Damiani Pinto e I. Purper: *A new fresh-water ostracode Cyprinotus trispinosus Pinto et Purper, sp. nov., from Southern Brasil, its ontogenetic carapace variation and seasonal distribution*

* * *

Núm. 8.

Junio 1965.

I. Damiani Pinto y L. Pinto de Ornellas: *A new brackishwater ostracoid Cypridopsis rograndensis Pinto et Ornellas, sp. nov., from Southern Brazil and its ontogenetic carapace development.*

Publicaciones yugoeslavas.

GEOLOSKI GLASNIK. Publ. por el Instituto Geológico de Sarajevo, Yugoslavia.

Núm. 9, 1964 (en servicio).

J. Pamić y Antić: *Las inclusiones de lerzolita en los macizos gabrólidos del río Vostocići en las cercanías de Zavidovići (Bosnia).*

T. Slišković: *Hippurites (Vacciniles) ultimus Mil. del Maestrichtiense de Budželj al Sur de Vares (Bosnia).*

D. Čelebić: *Afloramiento de las calizas de Han Bulo, en las cercanías de la ciudad de Crkvice, al NO de Bosnia.*

S. Čičić: *Eoceno y Mioceno Inferior en la comarca de los pueblos Humci y Maoča en Majevica occidental.*

S. Maksimčev y N. Laušević: *Una contribución al conocimiento de la estratigrafía en el área entre Tomina y Kukatica en el Noroeste de Bosnia.*

M. Čuković: *Contribución al conocimiento de los sedimentos del Cretáceo Inferior en la región de la montaña Mala Crasnica.*

R. Milojević: *Una consideración sobre la división estratigráfica de los sedimentos lacustres y algunas notas geológico-económicas sobre el desarrollo de jacíes carbonosas en la cuenca de Duvno.*

S. Vilovski y M. Laušević: *Geología de los montes Plase (Herzegovina).*

J. Papeš, P. Luburić, T. Slišković y V. Raić: *Las relaciones geológicas de los alrededores de Leno, Duvno y Glamoč en Bosnia Sudoccidental.*

S. Maksimčev y M. Jurić: *Corte geológico de los sedimentos mesozoicos en las proximidades de Sanski Most (NE de Bosnia).*

M. Miladinović: *Las relaciones geológicas y tectónicas de los distritos del lago Blidinje en Herzegovina.*

M. Muftić: *Aportaciones al conocimiento geológico de la cuenca carbonífera de Gacko.*

MAPAS GEOLOGICOS

CARTE GEOLOGIQUE DE LA FRANCE 1/80,000. Publ. por el Servicio del Mapa Geológico, Ministerio de Industria, París.

Núm. 81, Sens.

CARTE GEOLOGIQUE AU 1/50,000. Publ. por el Servicio del Mapa Geológico de Francia, Ministerio de Industria, París.

Núm. XXXII 15, Commercy

MAPAS GEOLOGICOS. Publ. por el Department of Mines, Geological Survey of Canada, Ottawa.

Núm. 1146 A, Escala 1:253,410, Lac Herodier (Quebec).

* * *

Núm. 41965, Escala 1:5,000,000, Mapa tectónico del Escudo Canadiense.

* * *

Núm. 1.039 A, Escala 1:1,267,200, Alberta and Northeastern British Columbia, Mapa de campos de petróleo y gas.

* * *

Núm. A, Escala 1:1,267,200, Saskatchewan and Western Manitoba, Mapa de campos de petróleo y gas.

ATLAS GEOLOGIQUE DE LA SUISSE 1:25,000. Publ. por la Comisión Geológica Suiza, Berna, Hoja núm. 1.066, Rodesdorf.

INDICE

	Págs.
Aspectos geológicos del origen del petróleo, por HOLLIS D. HEDBERG... ..	7
Datos geomorfológicos sobre la cuenca superior del río Alhama, por G. TISCHER...	55
Observaciones sobre la Subbética al sur de Calasparra (provincia de Murcia), por JACQUES PAQUET	93
Nouveaux gisements de reptiles mesozoiques en Espagne, por ALBERT F. DE LAPPARENT	103
Noticias	111
Información legislativa	131
Notas bibliográficas	143
Sección informativa de revistas	149

INSTITUTO

GEOLOGICO

y MINERO



Ríos Rosas, 23

Teléfono 253 46 05

M A D R I D - 3