

L/16-1-1

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

**INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO**

DE

**E S P A Ñ A**



---

**NUMERO 24**

---

MADRID  
C. BERMEJO, IMPRESOR  
J. GARCIA MORATO, 122.—TELEF. 33-06-19

1951

**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.**

## NOTA NECROLOGICA

DON MIGUEL MOYA Y GASTON DE IRIARTE

En diciembre del año pasado falleció el Vicesecretario de este Instituto y Vocal del mismo, D. Miguel Moya, y, en ese momento perdimos también, los que con él convivíamos, al buen compañero y amigo.

Una de sus cualidades más sobresalientes fué sin duda la que llaman «personalidad», con la cual siempre destacó en las múltiples actividades a que dedicara su vida.

Hijo del que fué grande y famoso periodista D. Miguel Moya, de él heredó cualidades y vocación para el periodismo y la política, pero sin perder nunca del todo el contacto con su profesión. Así en el curso de su vida destacan alternativamente como las tres facetas más notorias: el periodista, el político y el Ingeniero de Minas.

Su primera tarea fundamental consistió en el estudio de su carrera de Ingeniero, pero ya durante ésta, se fraguaban en él sus otras aficiones a cuyo cultivo lo incitaban sus cualidades innatas de hombre de talento, de orador brillante y de poseedor de ingenio extraordinario y con sentido muy delicado del humor, todo ello favorecido por el ambiente en el que transcurría su primera juventud, el de la complicada política de los albores de nuestro siglo: ambiente para él familiar, donde conoció a los actores más destacados de aquella vida política.

Poco tiempo después del término de su carrera, en el año 1915, fué elegido Diputado y, durante nueve años, actuó sin interrupción en el Congreso. Por su cualidad de Ingeniero, sus intervenciones más destacadas se referían a asuntos de orden técnico.

En el año 1917 fué nombrado Director del periódico «El Liberal», cargo que desempeñó durante cinco años.

Su curiosidad lo atrajo al campo de la radioelectricidad, y tuvo una de las primeras emisoras de aficionados que se montaron en España. Consiguió comunicaciones que, en aquella época, fueron muy famosas por su rareza, y, entre otros países, comunicó con Australia. Sus buenos éxitos en el cultivo de esta disciplina tuvieron eco en la Escuela Especial de Ingenieros de Minas, la cual lo nombró Ingeniero Agregado a los laboratorios de radioelectricidad, donde más tarde instalaría una de las primeras emisoras que funcionaron en España en un centro oficial civil.

En este mismo período de su vida, al inclinarse el ciclo de sus actividades, con preferencia, por el cultivo de la Ingeniería, ingresó, por primera vez, en nuestro Instituto, el 22 de febrero de 1923, y fué adscrito a un equipo de investigaciones mineras. Este primer contacto con nosotros duró sólo siete meses, pero reingresó en el año 1930, en el que fué nombrado Vicesecretario del mismo centro.

En el año 1926 fundó la revista de radio «Ear», de la que fué Director durante dos años.

Efecto de su asistencia a diversos Congresos de Radio en el extranjero, donde dió varias conferencias, fué nombrado presidente de honor de asociaciones de dicha índole en diversos países.

Aunque alejado durante mucho tiempo de la política, no podía seguir siendo infiel a esta gran vocación; nombrado Director General de Minas el 21 de diciembre de 1932, desde este puesto se ocupó activamente en algunos problemas que afectaban al Instituto Geológico.

Nuestra Guerra de Liberación vino a ser obligado paréntesis en su actividad, pues, perseguido por los elementos marxistas, hubo de refugiarse en la Embajada de Francia, en Madrid.

Restablecidos la normalidad y el orden volvió Moya

a su puesto en el Instituto, el cual ya no había de abandonar hasta su muerte.

En los períodos en que su vida pública se lo permitía, dedicó su atención a negocios mineros y metalúrgicos; asesoró empresas y montó explotaciones mineras de wolfram, mica, magnetita, etc.

En NOTAS Y COMUNICACIONES publicó algunos trabajos acerca del tratamiento de minas auríferas y de la radiación de minerales españoles.

Los últimos años de su vida los dedicó, preferentemente, al estudio de minerales radiactivos, y, por ello, fué nombrado Secretario de la Comisión del Uranio en nuestro Instituto y, como miembro de ella, pronunció interesante conferencia en el Instituto de Ingenieros Civiles.

Su actuación en el extranjero con motivo de su mencionada asistencia a varios Congresos, motivó que diversos gobiernos le concedieran condecoraciones; poseía, entre otras, la de la Legión de Honor, francesa, y la de la Orden del Cristo, de Portugal.

Una enfermedad dolorosa y cruel puso término a su vida y, el 17 de diciembre del año 1950, descansó en el Señor.

Teoría Físico-Matemática de la Tierra  
(Aportación a la Geofísica)

POR

JOSE ROMERO ORTIZ DE VILLACIAN

Ingeniero de Minas, Jefe de los Laboratorios y del Servicio de Vulcanología del Instituto Geológico y Minero de España y Presidente de la Comisión Mixta de Física del Interior de la Tierra, de la Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica

Se pretende conceder a la entropía, una pequeña libertad, con el piadoso fin de que la Humanidad se salve. La espera es larga. Un cataclismo geológico... y la Tierra seguirá rodando por el canal del espacio-tiempo, pero sin hombres.

JOSE ROMERO ORTIZ DE VILLACIAN

TEORIA FISICO-MATEMATICA DE LA TIERRA  
(Aportación a la Geofísica)

INTRODUCCION

La Ciencia, en el pasado, es una descripción y, en el futuro, una creencia.

*Karl Pearson*

Una ciencia sin teoría no es ciencia, pero la teoría científica tiene leyes rígidas de establecimiento, a las que, difícilmente, puede adaptarse una concepción puramente dialéctica. No es de extrañar, por consiguiente, que en los tratados de geología figuren teorías geogénicas que son ideas geniales, expuestas en bella forma, pero cuya expresión conceptual es más filosófica que científica. Introducir la matemática en una teoría geogénica es un intento que parece deseable, ya que todos quieren la matemática porque todos aman la exactitud. Tal es el objeto del presente opúsculo, en el que, a veces, también se hablará en términos imprecisos, hipotéticos, lo que no debe sorprender a nadie, por cuanto hasta la física actual se halla enfrentada con la barrera infranqueable de un «más allá», como baluarte del enigma y del misterio, que anonada al espíritu. Jamás se pensó que el mundo de nuestras percepciones, ese mundo que, al menos parcialmente, es preciso te-

ner por real para que la investigación no decaiga, y del que la Ciencia es intérprete, pudiera esfumarse en el mundo ideal del simbolismo matemático, como extraña habría de ser una biología que, curiosa de conocer sus procesos elementales, lograra el hallazgo de que éstos se perdiesen en la espiritualidad del alma.

Penetrar en el conocimiento del átomo «como átomo», o de la Tierra «como Tierra», es volver a la «cosa en sí», es hacer metafísica, y, por esto, el neopositivismo actual ha renunciado a conocer «cómo» es el átomo, pero, en cambio, la filosofía, tal vez helénica, de la geología, acaricia de continuo su añeja idea de llegar a saber cómo es la tierra. Para ello no pierde ninguna fuente de conocimiento, ni se permite rechazar una argumentación lógica o de carácter filosófico, pues donde no tiene cabida el análisis matemático, disculpable es el empleo de la razón para modelar el pensamiento. Después de todo, Demócrito, sin un espectrógrafo de masa para separar los isótopos, fue el creador del atomismo, y si Colón hubiera conocido y respetado el valor dogmático de la «hipótesis científica» que Comte preconizara, no hubiese descubierto América.

Parece obligado comenzar con una brevísima reseña histórica de la evolución del pensamiento humano acerca de la formación de la Tierra, para justificar la necesidad de una nueva teoría, porque, en verdad, la geogenia es, hasta ahora, ontología. En rigor, es una rama del viejo tronco de la cosmogonía y, por ello, nacen de una fuente común. La cosmogonía, como es sabido, tiene un origen religioso y, por ello, su historia está unida a la de todas las religiones. Puede decirse que cuanto sabemos de la cosmogonía pagana, nos ha sido legado por poetas, como dando la razón a Rusiñol cuando dice, por boca de un

místico, que Dios no ha hecho más que poesía. Desde el punto de vista que aquí nos interesa, observamos que en casi todas ellas se habla de la *luz*, en oposición a las tinieblas, pero sólo la griega y su derivada la romana, así como la germánica y la escandinava, conceden importancia al *calor*. El Tártaro profundo es común a todas ellas, y en la mitología griega la idea del fuego interno, sugerida por el vulcanismo, se encuentra divinizada y enlazada con el amor. Este fuego necesitaba ser la morada y el patrimonio de un dios: Plutón, que reside en el Orco, de donde sale rasgando la Tierra, para raptar a Proserpina, mientras la diosa, jugando con varias ninfas, cortaba, con sus gráciles dedos, un bello jacinto en las praderas del Etna. Este volcán lanzaba el aliento del gigante Encelade, sepultado por Júpiter, y allí, el industrioso Vulcano forjaba los rayos para el dios de los dioses, a la par que muchas de sus primorosas obras de arte. La maravilla del tema requería esta grandeza conceptual y poética, pero en el terreno científico, salvo las hondas preocupaciones geográficas y astronómicas para conocer la forma, situación y movimientos de la Tierra, no se encuentra, en la antigüedad, más que la idea del fuego como uno de los elementos. No existen inquietudes del saber geogénico, pues la concepción del Universo que expresa Aristóteles es cosmográfica. Thales de Mileto se imaginaba la Tierra como un disco flotante en el agua, cuyos movimientos daban lugar a los terremotos, y Plinio, el mayor erudito de Roma, habla del Vesubio sin denominarle volcán, creyendo que sus fumarolas eran debidas al aire, opinión que en el siglo XVI había de rectificar el madrileño Fernández de Oviedo.

Si las mitologías divinizaban lo humano, el cristianismo había de humanizar lo divino, llevando a la Escritura

la Verdad como eterna fuente de información, pues incluso en ella se encuentra el movimiento de la Tierra, como demostró treinta y un años antes que el P. Foscarini, el español Diego de Zúñiga.

En los albores de la geología como ciencia, se contraponen las ideas del calor solar, que defiende Burnet (1681), y la del calor central, que sustenta Woodward (1665-1728). Para Burnet, la Tierra en el principio, era una mezcla de sólidos y líquidos, un caos compuesto de materias de todas clases y formas, las cuales se fueron agrupando, poco a poco, hasta constituir un núcleo central sólido al que rodearon, después, las aguas. Estas, a su vez, fueron rodeadas por la atmósfera, impura en los primeros momentos, porque estaba cargada de partículas terrestres, y purificada después por el depósito de tales partículas sobre el núcleo, constituyéndose así la primera Tierra habitable y la primera morada del hombre. Para este geólogo, en dicho período primordial, nuestro planeta era un globo sin montañas, sin mares y sin anfractuosidades, hasta que el calor del Sol secó, lentamente, esta corteza fangosa, dando origen al Diluvio universal, después del cual surgieron las islas y los continentes actuales. Estas ideas fueron refutadas por Keill y por varios incipientes geólogos.

Para Woodward, en el interior del globo terrestre hay un foco de calor encargado de hacer salir del vasto abismo una cierta cantidad de agua, que después de dar origen a los manantiales, se evapora para caer luego en forma de lluvia, de donde resulta, según él, que el depósito interior no puede agotarse nunca.

Leibniz (1693) opina que la Tierra ha pasado primero por una fase líquida, y que después de solidificarse la corteza, quedó cubierta por el océano, una parte del cual se

hundió en los abismos durante los trastornos que dieron origen a las montañas. Vino el período de incandescencia del Globo, en el cual todas las aguas fueron proyectadas al espacio en forma de vapor, que, enfriado después, se condensó, reteniendo las sales solubles y dando origen a la salinidad del mar.

La célebre discusión entre Hutton y Werner, que llena hermosas páginas de la geología durante los últimos años del siglo XVIII, no aportó grandes luces a la génesis de la Tierra. Desarrollando el primero los conceptos de Stenon y recogiendo el segundo las opiniones iniciales de Thales de Mileto, de Xenófanes y las antedichas de Burnet, se enfrentan el neptunismo y el plutonismo, pero, apenas como síntesis genéticas, ideas que fueron proseguidas por Saussure y Dolomieu, así como por Humboldt, Buch, Gimbernat y, singularmente, por Elie de Beaumont, con lo cual puede decirse que nace la estratigrafía histórica de nuestro mundo, pero de su origen se sigue sabiendo muy poco.

La teoría de Kant (1724-1804), de gran lucidez filosófica, supone que en el caos primitivo se formó una pequeña concentración que produjo un desequilibrio. La materia afluyó a dicha concentración y fué aumentando el núcleo central. La caída de materiales sobre este núcleo daría lugar a un movimiento en el plano del ecuador, y después, por la atracción universal, se formarían los planetas, como núcleos secundarios de concentración. Es la idea matriz que ha de prevalecer en las grandes teorías genéticas del siglo XIX.

El progreso de la física ha tenido siempre su natural traducción en el avance de la cosmogonía, porque ésta no puede hacer otra cosa sino nutrirse de las conquistas de la

primera. Las teorías de la luz y, singularmente, del calor, en las que colaboró Laplace (1748-1827), además del dominio de la mecánica de su tiempo, le llevaron a emitir su teoría cosmogónica, partiendo de la condensación de una nebulosa, teoría que es un modelo de expresión y de elegancia de pensamiento, cuyo predominio e influjo en el siglo pasado y en el presente es innegable. Después se vió que tiene los graves inconvenientes de no explicar los movimientos retrógrados de Urano y Neptuno, ni de los satélites más alejados de Saturno y Júpiter, así como el que la mitad del interior de los anillos de Saturno y el primer satélite de Marte, que giran en el sentido del planeta, tengan una revolución más rápida que la de aquél. También sucede que sólo en Júpiter coincide el plano del ecuador con el de la órbita. Roche, con su análisis matemático de la teoría, llegó a modificarla, pero continuaba sin explicación el movimiento retrógrado. Fave introdujo modificaciones más hondas, incluso en la nebulosa, que consideraba sin núcleo, pero como tampoco respetó la ley de gravitación, sus conclusiones fueron explicativas, pero dudosas. Los sabios continuaron laborando para hacer valer los principios y para aclarar las anomalías de la hipótesis de Laplace, pero modificando el carácter de la nebulosa o considerando acciones mutuas, sea entre nebulosas, sea entre soles y nebulosas o, simplemente, entre soles, con lo cual aquélla pierde su ingenua sencillez. Se considera la acción entre nebulosas e introduce la hipótesis de las nebulosas en espiral. J. H. Darwin (1845-1912), teniendo en cuenta la acción atractiva del Sol que, según él, dió lugar a los planetas flúidos nacidos de la nebulosa planetaria, justifica los movimientos y la separación de satélites basándose en la acción de las mareas, estudios en los

que había realizado importantísimos trabajos. Pickering prosigue la labor y deduce que la acción de las mareas es causa bastante para que los planetas puedan cambiar su eje de rotación, teoría que Stratton, cumplidamente, desarrolla. Belot también atribuye nuestro sistema planetario al choque entre dos nebulosas, una uniforme, la otra cortical, con lo cual vibraría esta última, determinando vientos que darían lugar a anillos.

La idea del origen de la Tierra en relación con la existencia de otro astro dimana de Whiston (1667-1752). Nuestro planeta, según este geólogo, nació de la atmósfera de un cometa y su movimiento de traslación, primero indeterminado, se convirtió en anual al transformarse en planeta. Habla del fin del mundo, que devorará un fuego, después de lo cual se vitrificará, convirtiéndose en una sustancia transparente, como el cristal, con lo que se revela como un precursor del intrusionismo superficial, por un magma que, asimilando cuanto encontrase a su paso, apareciese en la superficie.

Prosiguen nuevas ideas, pero también sucede un incidente. Se calcula, actualmente, que el Sol pierde unos cuatro millones de toneladas de su masa por segundo, o sea 345.600 millones cada día, peso equivalente al que obtendríamos desmontando, diariamente, en toda España una capa de 30 centímetros de espesor. Según Langley, para producir ese calor, durante una décima de segundo, no bastaría todo el carbón de la Tierra. Siempre ha sido tema de preocupación la cantidad de energía lanzada por el Sol y siempre ha sido necesario encontrar una explicación, aunque fuera hipotética. Hace aproximadamente un siglo, cuando el médico alemán Mayer (1814-1878) descubrió el principio de la conservación de la energía—dejan-

do de lado la parte activa que corresponde a Joule—se vió obligado a responder a las preguntas que se le hacían acerca de la procedencia de la energía solar o del manantial que alimentaba sus transformaciones, y contestó con la ingeniosa hipótesis de que dicha energía estaba mantenida por una lluvia, constante y torrencial, de meteoritos que caían en el astro. Esta idea, de una abundancia meteórica, se ve robustecida, aunque en sentido inverso, por Arrhenius (1859-1927), para quien el Sol emite partículas muy tenues en todas direcciones y a todas las regiones del espacio, que, aglutinadas, constituirán los meteoritos, llamados a formar los núcleos de condensación de las nebulosas. De éstas, a su vez, se formarían las estrellas, que al contraerse aumentarían su temperatura, la cual descendería después, por enfriamiento. Para mantener el principio de conservación de la materia, se supone que la estrella, al chocar con otra, se deshace en una nebulosa, y de este modo el ciclo vuelve a empezar.

En vista de tales hipótesis, se va concretando la idea de nebulosa corpuscular y nacen las teorías *meteoríticas*, en las que han alcanzado merecida fama Lockyer y G. Darwin. Para estos sabios, los meteoritos forman la nebulosa como las moléculas constituyen un gas y, por consiguiente, los meteoritos, animados de movimientos en todos sentidos, chocarán entre sí, desprendiendo gases. La nebulosa se concentra y cuando todos los meteoritos se han vaporizado, el astro se halla formado y comienza el período de enfriamiento. Ligondés, dentro de las mismas razones, admite en la nebulosa un movimiento de rotación, con lo cual explica la formación de anillos y de planetas.

Por otra parte, la acción de un sol sobre otra masa cósmica había sido considerada por Suess en su *teoría de la captu-*

*ra*, según la cual el Sol tenía, en sus comienzos, una atmósfera lenticular, densa y resistente. Un cuerpo estelar que intentase atravesarla, al disminuir la excentricidad y el eje mayor, a causa de esa resistencia atmosférica, acabaría por ser capturado, viéndose obligado a describir órbitas circulares. Así, el Sol pudo capturar a la Tierra y ésta a la Luna. Era preciso que el planeta tuviese su movimiento de rotación en el plano lenticular de la atmósfera solar para que pudiera quedar retenido; los demás cuerpos podrían atravesarla sin más que sufrir ligeras perturbaciones.

Faltaba por combinar la acción meteórica con la gravitacional debida a la influencia de dos soles entre sí, para tener el nuevo cimiento de la teoría *planetesimal*, expuesta en 1905 por el insigne astrónomo americano F. R. Moulton y el célebre geólogo, de la misma nacionalidad, T. C. Chamberlin. Al aproximarse un sol a otro se originarán grandes perturbaciones a causa de las mareas, que darán lugar a dos grandes proyecciones de materia gaseosa, una en sentido de los soles, otra en sentido opuesto, detrás de ellos, que, desviadas de la trayectoria que les impone un sol, por la acción del otro, darían lugar a una nebulosa en espiral, origen de nuestro sistema planetario. La densidad de los materiales proyectados—que a veces pueden caer nuevamente en los soles—determinaría la de los planetas, así como su distancia al sol. Los filamentos gaseosos arrancados se condensarían, después de recorrer un cierto espacio, en esferas, que constituyen los *planetesimales*, los cuales, chocando entre sí, darían lugar a la formación de grandes aglomeraciones. La Tierra no fué nunca una nebulosa gaseosa, sino una aglomeración de planetesimales que fué creciendo de dicha manera hasta alcanzar la mitad de su diámetro actual, en cuya época se

formó la atmósfera, con sus precipitaciones acuosas consiguientes. El crecimiento de la Tierra continuó, hasta nuestros días, por la constante caída de meteoritos. Nuestro planeta ya no es el globo fundido de Laplace, formado por la separación de un anillo ecuatorial, sino un esferoide rocoso que conserva o ha perdido el calor de impacto. Conocidas son de todos los geólogos las serias objeciones que se han formulado en contra de esta teoría; la Tierra ha crecido mucho más rápidamente o ha nacido como un todo; la estructura interna, y singularmente la externa, revelan un proceso de fusión, etc. Después proseguiremos, aunque brevemente, este análisis, porque antes recordaremos otra teoría también basada en la acción mutua de dos soles, que tiene con la planetesimal un vicio común de origen.

Nos referimos a la formulada en 1919 por los sabios Jeans y Jeffreys, bien conocidos en el mundo de la ciencia. Un sol se acercó tanto al nuestro, que arrancó de su seno una gran ampolla de gas, de forma irregular, con ensanches y estrecheces, dividiéndose en secciones por las zonas más débiles. Los trozos pequeños eran atraídos por los mayores y más próximos; de esta forma Júpiter le sustrajo a Marte la materia que había de engrosarle. Nuestra Tierra, al enfriarse, experimentó una condensación y se transformó en líquido y después en sólido, enfriamiento que ha continuado hasta ahora, en que el calor le es suministrado por el Sol.

No se ocultan al lector los reparos que pueden oponerse a las acciones de choques, colisiones, capturas o influencias mutuas por proximidad de astros. Según Lockyer, pasan diariamente por el cielo 400 millones de meteoritos, de los que caen a la Tierra 20.000 toneladas al año. La probabilidad es, por tanto, despreciable, pero aún así, los geó-

logos saben que no obstante estas considerables *granizadas*, los meteoritos constituyen verdaderas rarezas en la superficie actual de la Tierra, que cuidadosamente se conservan en los museos. Por otra parte, si imaginamos un modelo de nuestro sistema planetario reduciendo a 8,5 metros la distancia que separa a Plutón del Sol, en la esfera de tal radio aparecería este último como centro, representado por una esferilla de un milímetro; la Tierra tendría una centésima de milímetro y los demás planetas tampoco serían visibles a simple vista. Nuestro sistema planetario es un átomo cósmico perdido en el Universo, del que la estrella más próxima se halla a 41 billones de kilómetros y desde la cual se verá al Sol como una estrella, pero no resultará visible ningún planeta. La luz tardará en llegar unos tres años y, siguiendo con nuestro modelo, el mayor de los meteoritos, de 40.000 toneladas, sin representación visible, sería muy pequeño proyectil para hacer blanco, no ya en un planeta, sino en el núcleo. El cálculo de probabilidades nos da la expresión de una abstrusa casualidad, porque nuestro Universo, según opinión unánime de los astrónomos, se halla vacío.

\* \* \*

No es preciso añadir nuevas líneas a la brevísima reseña que antecede de las principales teorías geogénicas, formulada más con voluntad de recuerdo y ánimo de rendir homenaje a esta brillante historia del ingenio humano, en la que tanto sabio ha intervenido e interviene, que con deseo de exponer una crítica con minuciosidad innecesaria, porque ésta es séquito obligado de toda obra científica, que aplaude o se rebela tan pronto como aquélla se publica.

Unicamente diré que el petrólogo, para establecer sus hipótesis o para fundar sus deducciones de las ya establecidas, necesita saber si la Tierra ha estado toda ella fundida o si lo ha sido su corteza solamente o si no ha existido tal fusión, así como le interesa conocer la existencia y, en tal caso, la densidad y tamaño del núcleo, el grado geotérmico y la procedencia del calor, etc., etc., pues son tantas las incógnitas que a la petrología y, por tanto, a la geología se presentan, que es muy difícil, actualmente, establecer teorías generales. Las conclusiones de los razonamientos, ante la imposibilidad de tratar los problemas de modo matemático, son diferentes según la hipótesis geogénica que se acepte.

Felizmente, nunca se agota la doctrina, sino que, con frecuencia, aparecen temas nuevos y originales, y así, el progreso de la Física, modernamente decisivo en Astronomía, porque ha conducido a la Astrofísica como ciencia de nuestros días—así como a la Geofísica—hubo de ser utilizado, con éxito, por el genial astrónomo y filósofo Sir Arthur S. Eddington, actualmente profesor de ambas disciplinas en la Universidad de Cambridge, quien ha formulado una teoría matemática del equilibrio radiante en el seno de un astro. Consecuencia analítica de la misma, como después veremos, es que un sol puede estallar, cuando su masa excede de un determinado valor. Por distinto camino, George Gamow, profesor de física teórica en la Universidad George Washington, llega también en su teoría (1942) a la conclusión de que hasta nuestro Sol actual podrá convertirse en una nova, a causa de la transmutación de los elementos, con desprendimiento de energía.

Los fenómenos de nova y supernova se explican por medio de la hipótesis del *colapso estelar*, propuesta por el

físico inglés Milne en 1931, que sobreviene cuando la presión del gas en el interior de la estrella es impotente para soportar el peso de las capas exteriores. Los agentes físicos responsables de la catástrofe, según la opinión de Gamow y Schoenberg, son los neutrinos (1), dotados de gran poder de penetración, los cuales se forman, en gran cantidad, dentro de la estrella, cuando todo el hidrógeno se halla agotado. No discutimos esta cuestión, que desde nuestro punto de vista no nos interesa, y puesto que Gamow se inclina a la acción mutua de dos soles, única posible que puede explicar el movimiento de rotación para la génesis de la Tierra, sigamos nosotros la exposición de la nuestra, que le explica con mayor facilidad, puesto que basta admitir un impulso tangencial al desprenderse la masa, que puede tener lugar en cualquier sentido.

El tratamiento matemático del problema parece que abre una nueva puerta a la geogenia para salir en busca de horizontes nuevos. La Petrología, que por su método es ciencia de medida, que mide y determina lo microscópico, ciencia de geometría y de óptica matemática, parece que ha encontrado un nuevo camino. Introducir, por tal conducto, el análisis matemático en algunos problemas geológicos, puede ser una contribución que eleve su rango, porque, según frase cierta de Kelvin, «ningún fenómeno es bien conocido hasta que puede expresarse con números».

Tal es el propósito que me mueve a promulgar esta nueva teoría. El método lógico seguido es, a mi juicio, lícito. Aunque no sea el que conduce a los grandes éxitos, es el que nos lleva a las teorías valiosas, y no digo a las gran-

(1) El neutrino, como sabemos, es hasta ahora una pura hipótesis y cuya existencia física no ha sido comprobada.

des verdades, porque la Verdad no es concepto que maneja y articula la Ciencia. He formulado una hipótesis basada en una teoría bien comprobada por la observación; teoría que he aplicado a un caso particular de la misma, con la introducción de hipótesis complementarias y así he llegado a una conclusión matemática y a una comprobación de todas las hipótesis *a posteriori*, por medio de la observación.

\* \* \*

Entre los creadores de hipótesis geogénicas ha existido un teólogo protestante, el astrónomo Guillermo Whiston, sucesor de Newton en la cátedra de la Universidad de Cambridge. Como antes he mencionado, suponía Whiston que la Tierra procedía de la atmósfera de un cometa, pero cualesquiera que sea el punto de partida, todos los caminos geogénicos conducen a un mismo punto: a la obra de Dios. Manifiesta dicho teólogo que la Creación de que habla Moisés no es la del Universo, sino la de nuestro mundo. Yo no diré tanto, sino que me limitaré a repetir lo que hemos leído mil veces: que los Libros Sagrados están sembrados, de intento, de grandes dificultades, tanto para excitar a su estudio como para que el hombre conozca que existen cosas que no puede conocer; que son obra divina y humana, al mismo tiempo, porque cada uno es la obra de un hombre que le escribió con la inspiración divina; y que su lenguaje es metafórico y poético, esto es, popular, pero no científico. Nos falta unidad de medida para determinar su valor. Es algo así como el fulgor de un relámpago, transcrito en una sinfonía pastoral. No nos asombremos. También en la física tenemos

el fotón, que ni siquiera nos podemos imaginar, por su naturaleza de onda y corpúsculo, y, sin embargo, *creemos* en su existencia. Para saber es preciso creer. Esta hermosa lección de la física contemporánea nos enseña que creer es más que saber. Yo diría que es poseer, porque la verdad del mundo y de la vida no se sabe, se posee cuando se cree. Si *creemos* como seguro un mundo que *sabemos* que sólo es probable, porque la probabilidad es un concepto inalienable de la física de nuestros días, ¿por qué no admitir que al principio fué creada la luz?, si por luz puede entenderse lo que nosotros entendemos. Si la luz es la forma más bella de la energía, concedamos que la Creación comenzó con la máxima expresión de la belleza.

## I

## TEORÍA DE EDDINGTON.

Con objeto de evitar a algunos geólogos la consulta a publicaciones especiales (1), consignamos, a continuación, un breve resumen de dicha teoría, tal, como en el fondo, figura en algunos tratados de Física (2), considerando, exclusivamente, cuanto ha de ser motivo de nuestra aplicación.

Es sabido que la Astronomía dispone de diversos métodos para determinar distancias, temperaturas, masas, radios, naturalezas, etc., de los astros; pero faltaba conocer las relaciones que ligan entre sí a tales constantes. Corresponde a Eddington la gloria de haberlas descubierto y de expresarlas con rigorismo matemático. En su teoría del equilibrio radiante o de radiación, estudia la distribución de la densidad, presión, temperatura, etc., en el interior de una estrella en su relación con la gravitación, aplicando las leyes de la teoría cinética de los gases.

Para darnos cuenta del estado físico de una estrella, debemos tener presente la temperatura que en ella reina. Es tan alta, que no sólo produce la disociación de las moléculas,

sino también la de los átomos mismos. Podemos calcular, mediante la fórmula de Planck, que la mayor parte de la energía radiada, en equilibrio con la materia a las temperaturas internas, se desvía hacia el dominio de los rayos X blandos. Es también posible aplicar al estudio de la disociación electrónica la teoría termodinámica general de Gibbs para el equilibrio en los gases, y entonces veremos que una tercera parte, aproximadamente, de los elementos químicos, comprendiendo todos los de bajo peso atómico, están completamente privados de electrones y reducidos al estado de núcleos desprovistos de envoltura; los elementos de peso atómico más elevado son capaces de retener los electrones de nivel K, que tiene sólo 2 electrones, y no existen más que unos 20 elementos que puedan retener el grupo L, que, como se sabe, posee 8 electrones. Resulta, por tanto, que las partículas elementales más abundantes en una estrella son los electrones, de los cuales depende, en su mayor parte, la energía térmica del astro. Otro componente le constituyen los iones positivos, en diversos grados de ionización, o sea, los átomos privados de un número variable de electrones, e incluso en la región central, deben hallarse en gran cantidad núcleos atómicos desprovistos completamente de su envoltura electrónica.

Por el contrario, en los estratos superficiales es donde únicamente se encuentran átomos neutros, que se hallan, generalmente, excitados, y los iones existentes también se encuentran excitados.

Se concibe, de este modo, que la materia pueda conservar las propiedades de un gas perfecto hasta en la región central de una estrella, donde la densidad ha de ser considerable. Le ley de los gases perfectos deja de ser válida para un gas cualquiera, cuando los átomos no pueden con-

(1) *Monthly Notices*, 1916-1917-1924 y *Astrophysical Journal*, 1918.

(2) GAETANO CASTELFRANCI: *Física moderna*. Milano, 1938. La 3.ª edición se halla traducida al castellano. Gustavo Gil, editor. Barcelona, 1932.

siderarse como puntos materiales, a causa de una gran densidad, pero en las condiciones ordinarias de laboratorio, el átomo se comporta como una partícula de dimensión del orden de  $10^{-8}$  cm. y la envoltura electrónica impide la penetrabilidad de unos en otros. El límite de comprensibilidad del gas se alcanza cuando los átomos llegan casi a estar en contacto, como sucede, aproximadamente, en los cuerpos líquidos y sólidos, pero en el interior de las estrellas, por el contrario, la mayor parte de las partículas elementales que la componen no son átomos, como hemos dicho, sino electrones cuyas dimensiones son del orden de  $10^{-13}$  cm., o sea 100.000 veces más pequeñas, por lo cual aparecen como posibles densidades que pueden elevarse hasta  $10^{+14}$ . De este modo, las condiciones físicas que reinan en el interior de las estrellas permiten la aplicación de las leyes de los gases perfectos.

Esta concepción, puramente teórica, de la existencia de densidades extraordinarias, ha merecido la sanción de la práctica en numerosas estrellas. Un caso notable es el del satélite de Sirio, cuya masa es 0,85 de la del Sol; su temperatura, según el espectro,  $8.000^{\circ}$ , aproximadamente, y su radio 19,5 km. Su densidad media resulta igual a 50.000 veces, aproximadamente, la del agua, o sea de 50 toneladas por litro, cifra que ha sido comprobada por Adams en 1926.

Estas consideraciones permiten determinar, aproximadamente, el peso molecular que figura en la fórmula del gas perfecto, la cual es aplicable no sólo a los gases simples, sino también a las mezclas de varios gases, tomando, en este último caso, como peso molecular, el resultante de la media aritmética de los pesos moleculares de todas las moléculas que constituyen la mezcla. En nuestro caso,

razonaremos del modo siguiente: el número de electrones que contiene un átomo es igual a su número atómico, que designamos  $N$ . Si  $P$  es el peso atómico considerado, estando el átomo privado de todos sus electrones, en lugar de éstos habrá  $N + 1$  partículas equivalentes entre sí, por lo que respecta a la energía de agitación térmica. De aquí se deduce que el peso molecular medio debe ser, aproximadamente:  $\frac{P}{N+1}$  y como el número atómico  $N = \sim \frac{P}{2}$  por ser, sensiblemente, igual a la mitad del peso molecular (precindiendo del hidrógeno), resulta que:

$$\frac{P}{N+1} = \sim \frac{P}{\frac{P}{2}+1}$$

o sea, que el peso molecular medio de la mezcla gaseosa de la estrella se aproxima mucho a 2. Claro es que en vez de pesos moleculares hemos podido hablar de masas moleculares, puesto que la gravedad entraría en los dos términos de la igualdad anterior.

Teniendo en cuenta el grado de ionización, la masa molecular media  $m$  vale 2 para el oxígeno y 2,2 para el hierro. Eddigton, considerando la proporción de elementos ligeros y pesados en las estrellas, le asigna el valor medio de 2,1.

Con estos antecedentes pasemos a considerar las condiciones de equilibrio radiante. Es evidente que la energía de una estrella en equilibrio satisface a la condición de que una porción cualquiera de la misma debe recibir y ceder energía en la misma proporción. La energía puede transmitirse por conducción, convección o radiación. Se supone

que este último modo es el dominante, y por esto decimos que la estrella está en equilibrio de radiación.

Sean:  $P$  la presión total en el punto considerado;  $\rho$  la densidad;  $T$  la temperatura y  $g$  la aceleración de la gravedad en dicho punto. Si éste se halla situado en el interior de la esfera, sabemos por la teoría de las fuerzas centrales newtonianas, que podemos considerar aquella dividida en dos partes; una, la esfera del mismo centro que pase por el punto considerado; otra, el resto de la esfera primitiva. La acción de esta parte externa es nula, y la acción de la esfera interior, que contiene al punto en su superficie, es igual a la de su masa concentrada en el centro, o sea:

$$g = \frac{4}{3} \cdot G \pi r \rho$$

Eddigton escribe esta ecuación en la forma:

$$g = -\frac{G}{r^2} \int_0^r 4 \pi r^2 \rho dr \quad [1]$$

porque  $4 \pi r^2 dr$  es el volumen de un extracto esférico y  $G$  la constante newtoniana de la gravitación:  $G = 6,66 \cdot 10^{-8}$  dinas. cm.<sup>2</sup> gr<sup>-2</sup>

Por otra parte, la presión elástica en el elemento de radio  $dr$  tendrá por valor:

$$\frac{d p}{d r} = -g \rho \quad \text{ó} \quad d p = -\frac{4}{3} G \pi \rho^2 \cdot r \cdot d r. \quad [2]$$

Consideremos ahora, además de la presión elástica del gas  $p$ , la presión de radiación  $q$ . La suma de ambas es  $P$ , y Eddigton admite, por hipótesis, que tales presiones par-

ciales guardan, en todo momento, con la total  $P$ , las relaciones:

$$p = \beta P \quad q = (1 - \beta) P \quad [3]$$

Las cantidades  $p$ ,  $\rho$  y  $T$  se hallan relacionadas entre sí por la ecuación de los gases perfectos:

$$p = \frac{R}{m} \cdot \rho \cdot T \quad [4]$$

en la que  $p$  viene expresada, como siempre, en unidades c. g. s.,  $R$  es la constante de los gases, que tiene por valor:  $R = 8,32 \cdot 10^7$ , y  $m$  es la masa molecular media, que, para el caso del Sol, hemos dicho que es igual a 2,1.

La presión de radiación  $q$  está ligada a la temperatura por la expresión, deducida de la ley de Stefan-Boltzmann:

$$q = \frac{1}{3} a \cdot T^4 \quad [5]$$

en la que  $a = 7,6 \cdot 10^{-15}$ .

De las ecuaciones (3), (4) y (5) se deduce:

$$P = \frac{R}{\beta m} \rho T = \frac{1}{3} \frac{a}{1 - \beta} T^4 \quad [6]$$

y eliminando  $T$  entre esta ecuación y la (4) se obtiene:

$$P = \left[ \frac{3 R^4 (1 - \beta)}{a m^4 \beta^4} \right]^{1/3} \cdot \rho^{4/3} \quad [7]$$

Para obtener valores finitos, obvio es decir que habrá que integrar las ecuaciones escritas en forma diferencial.

Un valor interesante es el de  $\frac{1 - \beta}{\beta^4}$ , que figura en la última ecuación.

Prescindiendo de los detalles de cálculo, tiene por expresión :

$$\frac{1 - \beta}{\beta^4} = 0,003 \cdot m^4 \left[ \frac{M}{S} \right]^2 \quad [8]$$

en la que  $\left[ \frac{M}{S} \right]$  es la relación entre la masa  $M$  de la estrella y la del Sol  $S$ , ya que, generalmente, se expresan las masas tomando la del Sol por unidad. Como sabemos,  $m$  es la masa molecular media 2,1. Por consiguiente :

$$\frac{1 - \beta}{\beta^4} = 0,061 \left[ \frac{M}{S} \right]^2 \quad (*) \quad [9]$$

Por medio de la ecuación (8) se puede calcular, para cada masa, el valor de  $\beta$  y, por tanto, el de  $1-\beta$ , que, como se observa, no depende del radio de la estrella, sino, exclusivamente, de su masa. Recordando que :

$$1 - \beta = \frac{q}{P}$$

se verá que aumentando  $1-\beta$  rápidamente, en relación al cuadrado de la masa, el segundo término aumentará del mismo modo, lo que nos lleva a deducir la inestabilidad de la estrella cuando su masa es muy grande.

Eddigton ha encontrado también un expresión para la magnitud bolométrica absoluta en función de la masa y de  $1-\beta$ , lo que le ha permitido comprobar su teoría. Conocida la masa, se tiene  $1-\beta$ , y en virtud de esta última expresión, se obtiene la magnitud absoluta, que deberá corres-

(\*) Si  $m = 2,1$ , el valor exacto del coeficiente numérico es 0,05835.

ponder al valor que suministre la observación o sea la magnitud bolométrica absoluta ; o, por el contrario, podrá deducirse la masa, que deberá coincidir con la observada. Ha resultado que la teoría traduce de modo satisfactorio los hechos observados. Por medio de sus fórmulas, Eddigton ha podido construir una curva que tiene por abscisas los logaritmos de las masas y por ordenadas las magnitudes absolutas, curva que se halla anclada en un punto con la observación directa a Capella y que ha venido a ensanchar los conocimientos del mundo estelar.

El reparto de las presiones  $p$  y  $q$  en función de la masa permite formar el siguiente cuadro, suponiendo que las demás causas que influyen en tal relación no varíen :

Masa en gramos	$q$	$p$
$10^{32}$	0,0016	0,9984
$10^{33}$	0,016	0,984
$10^{34}$	0,570	0,430
$10^{35}$	0,850	0,150

De este resumen se desprende que si la masa es inferior a  $10^{33}$  (que es la del Sol y de la mayor parte de las estrellas), la presión de radiación es despreciable, en comparación con la elástica, pero en una masa superior, la presión radiante puede ser tan intensa que comprometa la estabilidad, según hemos venido diciendo. La limitación de la masa parece ser un ley general del Universo, pues también los átomos de masa excesiva, o sea de los situados al final del sistema periódico, se desintegran espontáneamente. En cambio, no parece que existe una limitación para el volumen. En la Betelgeuse, por ejemplo, podrían alojarse 25 millones de soles como el nuestro, y no existe en ella peligro para la ruptura del equilibrio.

## II

## REFLEXIONES SOBRE LA HIPÓTESIS.

En la investigación científica, durante la observación, desfila la Naturaleza ante nosotros, pero al formular la hipótesis, desfilamos nosotros ante la Naturaleza. Nuestra marcha será triunfal si la intuición ha sabido captar la esencia del fenómeno; si hemos sabido simplificarle hasta hacerle inteligible. Si Newton no hubiese reducido los astros a puntos matemáticos, tal vez no conoceríamos la ley de la gravitación. Un gas nuclear y electrónico no es, ciertamente, el que supusieron Boyle, Gay-Lussac, Mariotte y tantos otros, pero es un *gas lógico*, dentro de nuestros conocimientos actuales, y por eso responde a la matemática, que es la expresión suprema de la lógica. Una micela, una partícula sólida en una suspensión coloidal, tampoco es la molécula de un gas. En el caso del oro, por ejemplo, contiene 95 formaciones elementales de cuatro átomos, o sea, 380 átomos, y, sin embargo, a pesar, de los trabajos de Regnault, Wichner, Quincke, Wiener, Cantoni, Renard, Boussinesq y Goui acerca del movimiento browniano, no ha podido expresarse en un fórmula matemática, hasta que Einstein y Smoluchowsky desarrollaron, independientemente uno de otro, la teoría cinética de las partículas, considerándolas como moléculas gaseosas, llegando ambos a resultados casi idénticos, que, después, han sido

comprobados experimentalmente. La hipótesis era lógica, porque contemplando el movimiento con el ultramicroscopio, se intuye que es la forma plástica, si fuera visible, de la agitación de un gas.

Nuestra hipótesis de la explosión de un sol, algo distinto del actual, nos parece, también, lógica. Acabamos de considerar que cuando la masa es muy grande, la presión de radiación compromete el equilibrio, pero no es preciso que la masa adquiera un desproporcionado valor, porque puede aumentar la presión radiante por una acción puramente mecánica. Una alteración de su movimiento, un frenado pequeño, un desplazamiento del eje, la entrada en una nebulosa, etc., pueden producir un aumento en su temperatura, y no hay que olvidar que la presión radiante crece de modo proporcional a la cuarta potencia de aquélla.

Poco se sabe, todavía, de las reacciones de transmutación atómica en los soles, pero no por eso hemos de silenciar esta posible causa, a la que Gamow y otros físicos conceden gran importancia. Bethe y Weizsäcker propusieron, para el Sol, la reacción en cadena de los núcleos de carbono y de nitrógeno con los protones térmicos con que chocan, en virtud de la cual los núcleos de aquellos elementos son, constantemente, regenerados, proceso que tiene como consecuencia la transformación del hidrógeno en helio. Gamow propone para las estrellas no muy densas y poco luminosas con temperatura central de 15 millones de grados, la reacción estudiada por el físico americano Critchfield, que consiste en la formación de un núcleo de hidrógeno pesado o deuterio en la colisión entre dos protones térmicos, transformándose, generalmente, los núcleos del deuterio formado en los más pesados de helio. La investigación prosigue en

estos últimos años, y es de suponer que llegue a conocerse el importante papel de las reacciones termonucleares.

En el campo de la astronomía no constituye ninguna novedad el fenómeno de la explosión de un sol, sino que ha sido observado por muchos astrónomos, quienes de un día a otro han descubierto una estrella donde antes no la había. Baylay estimó que se producen, anualmente, unas veinte estrellas nuevas en la vía Láctea y, según Hubble, más de 60 en la nebulosa de Andrómeda. Son las novas y supernovas, de cuyo estudio están obteniendo los astrónomos muy interesantes consecuencias, no faltando quien manifieste que todo sol debe estallar, al menos una vez, durante su vida.

Por otra parte, las investigaciones de Millikan, Rohlhoerster, Regener y tantos otros, han puesto de manifiesto que los rayos cósmicos, cuya importancia energética para la Tierra es casi tan grande como la suma de la luz y del calor que recibe, deben proceder de fenómenos cósmicos en los que tiene lugar procesos de destrucción y de formación atómica, singularmente de las estrellas en explosión, y han calculado que bastan de 50 a 100 explosiones en nuestra galaxia para mantener la cuantía de la radiación.

La hipótesis formulada ha de responder, también, a otra categoría de fenómenos. Una Tierra producida por el Sol debe ser de la misma naturaleza que su astro progenitor, esto es, ha de contener los mismos materiales que aquél. El análisis espectral ha venido a demostrar la unidad de constitución, que es la unidad de la materia, y también nos es permitido asegurar que no será posible descubrir nuevos elementos en el Sol, que no existan en nuestro planeta, porque los lugares del sistema periódico están ocupados. Habrían de ser trasuránicos, actualmente desaparecidos, si

acaso existieron, porque su corta vida es incompatible con la vida larga que la geología considera para sus acontecimientos cronológicos, pero cuya naturaleza tampoco nos es desconocida.

\* \* \*

Ignoramos la masa inicial de la Tierra a su salida del Sol, porque no podemos valorar la pérdida experimentada a través del tiempo; pero no es aventurado decir que se ha visto obligada a defenderla bravamente. Se ha contraído, como veremos; ha disminuído su órbita, según nos dicen, y se ha protegido con una cubierta atérmica, que nos describe la petrología; con todo lo cual su masa energética no habrá sufrido desproporcionadas variaciones.

Podemos investigar, grosamente, dicha pérdida de energía, acudiendo a la experimentada por el Sol. Es preciso comenzar diciendo que la *constante solar*, o sea la cantidad de energía que incide por minuto y por centímetro cuadrado en una superficie situada normalmente a los rayos solares, fuera de la atmósfera, no parece que haya presentado extraordinarias alteraciones desde la consolidación de la Tierra. Hace tiempo que Abbot, valiéndose de globo-sondas enviados a gran altura, logró cifrarla, después de centenares de mediciones con el pirheliómetro, en 1,938 calorías por minuto. Esta constante se halla sometida a fluctuaciones de  $\pm 5$  por 100. En ocasiones, ha disminuído en 1,9 por 100, y es frecuente un aumento de 2 por 100, aproximadamente, en los años de grandes manchas solares.

La observación geológica nos conduce, igualmente, al mismo resultado, pues cualquiera variación de importancia en la constante solar hubiera impedido la continuidad de la vida en la Tierra. La paleontología nos dice, por ejemplo,

que las pizarras cambrianas de Bala, en el País de Gales, contienen el género *Palaeaster* y el *Protaster*, astéridos que se prosiguen en el siluriano inferior, con otros muchos, que dan un total de 45; que también se hallan en el devoniano y que, en fin de cuentas, sabido es que la estrella de mar puebla los mares actuales. Si la constante solar se hubiese duplicado en alguna época geológica, la temperatura media de la Tierra resultaría multiplicada por  $\sqrt{2} = 1,41$ , y como en la actualidad es de  $14^{\circ}\text{C}$ . o sea  $287^{\circ}$  absolutos, hubiera pasado a  $341^{\circ}$  ( $68^{\circ}\text{C}$ .), y si se hubiese reducido a la mitad, aquélla habría descendido a  $241^{\circ}$  ( $-32^{\circ}\text{C}$ .), variaciones de los valores medios que no hubiese podido resistir la vida.

En opinión de Castellfranchi de los  $1,35 \cdot 10^6$  ergios que el Sol envía por centímetro cuadrado de superficie terrestre, el 37 por 100 es reflejado, especialmente por las nubes, y el flujo que calienta a la Tierra se reduce, por tanto a:  $0,85 \cdot 10^6$  erg. seg.  $\text{cm}^2$ , referido a la sección, y  $0,2 \cdot 10^6$  cuando se refiere a la superficie entera. Si la Tierra fuese un *cuerpo negro*, en el sentido absoluto, y con temperatura uniforme, la ley de Stefan daría, para temperatura media  $t = -26^{\circ}\text{C}$ ., mientras que en realidad, se estima en  $14^{\circ}\text{C}$ . Una parte de esta diferencia se atribuye al poder irradiante imperfecto de la superficie y otra parte depende de la absorción atmosférica, que opone un obstáculo a la pérdida de calor, siendo transparente para la luz, pero opaca para muchas radiaciones infrarojas, reteniendo así parte del calor restituído por la superficie.

Puesto que se necesitan 80 calorías para fundir un gramo de hielo, si no hubiera absorción atmosférica, el Sol en el cénit, fundiría en una hora 16 mm., siendo fácil cal-

cular que la Tierra recibe del Sol, en un año, suficiente calor para fundir un estrato de 32 m. que recubriese toda la superficie del planeta y cuatro veces más para una superficie plana, expuesta a un sol vertical. Una extraordinaria actividad volcánica, que hubiera acarreado a la atmósfera una gran cantidad de polvo, podría haber causado las épocas glaciares, porque la opacidad atmosférica consiguiente habría reducido la cantidad de calor que llega a los bajos estratos de la atmósfera. Sin deseo de penetrar íntimamente en esta cuestión, hemos de señalar, no obstante, la importancia del anhídrido carbónico y del vapor de agua que pueden determinar una absorción del calor solar, favorable al sostenimiento del hielo, sobreviniendo el glaciario, o, por el contrario, cuando su proporción sea escasa y la absorción pequeña, pueden originar una temperatura regulada y constante, como debió suceder en el período carbonífero, por ejemplo. La influencia del anhídrido carbónico ha sido determinada experimentalmente, y se sabe que cuanto más pequeña sea su porción en la atmósfera, tanto más pronto se enfría la Tierra. Si desapareciese el 0,03 por 100 en volumen, que actualmente contiene, disminuiría la temperatura media  $21^{\circ}\text{C}$ . La disminución de sólo la mitad haría descender la temperatura  $4^{\circ}\text{C}$ ., y un contenido doble del actual la elevaría en  $4^{\circ}\text{C}$ . Es tan significativo este hecho, que se ha prescindido de la hipótesis de las oscilaciones del eje para explicar el glaciario. Se admite que en la época glaciario se constituye el hielo, súbitamente, después de un período de buena vegetación y de un clima bastante cálido, atribuyéndose este descenso de temperatura, principalmente, al  $\text{CO}^2$ .

Se calcula la cantidad total de energía emitida por el

Sol en un segundo, considerando una esfera que tenga por centro el Sol y por radio el de la eclíptica, cuyo área es  $2,806.10^{27}$ . Como el valor de la constante solar es igual a  $1,35.10^6$  erg., la cantidad de energía recibida en tal esfera será (\*):  $1,35.10^6 \times 2,806.10^{27} = 3,8.10^{33}$ , o bien:  $6,25.10^{10}$  erg. por  $\text{cm.}^2$  de superficie solar. Recordando que en la teoría de la relatividad restringida, toda variación de energía de un cuerpo altera su masa, y que, como sabemos, una pérdida de  $m$  gramos corresponde a la liberación de  $mc^2$  ergios, siendo  $c$  la velocidad de la luz ( $1 \text{ gr.} = 9.10^{20} \text{ ergios} = 2,15.10^{13} \text{ calorías}$ ) se deduce que si la energía radiada por el Sol es de  $3,8.10^{33}$  ergios por segundo, pierde de su masa la fabulosa cantidad de casi 4,7 millones de toneladas por segundo. Como un año tiene  $3,1558.10^7$  segundos, en 4.000 millones de años, que es más del cómputo frecuente para la Tierra y desde luego superior al máximo, la pérdida de masa solar habrá sido  $6,06.10^{28}$  gramos, cifra verdaderamente extraordinaria, pero que nada representa ante la masa actual del Sol, que es  $1,983.10^{33}$ . La pérdida es del orden de  $10^{-5}$ . ó sea de 1 por 100.000.

Algo análogo ha debido suceder con la Tierra. A primera vista, parece que la separación de la atmósfera representa una notable reducción en la masa propia, pero si tenemos en cuenta que el peso de aquella se calcula en  $5,25.10^{15}$  toneladas, o sea  $5,25.10^{21}$  gramos, y si dividimos por el valor de la aceleración de la gravedad, obtendremos una masa de  $5,37.10^{18}$  gr. Como la de la Tierra actual es  $5,974.10^{27}$  gr., la primera es del orden de una mil

(\*) Todas las operaciones aritméticas han sido realizadas con la regla de cálculo y las unidades se expresan en el sistema c. g. s.

millonésima de la segunda. Esto, por lo que afecta a la masa cinética, que en cuanto a la energética, el propio calor de la contracción y las diversas reacciones mantendrían el fenómeno, como veremos.

Una de las más interesantes es la de la formación del agua. Elie de Beaumont calculaba en  $13.090.000 \text{ km.}^3$  el volumen de los océanos, pero determinaciones más modernas y más exactas elevan dicha cifra a 1.260 millones de  $\text{km.}^3$ , o sea  $126.10^{16} \text{ m.}^3$ , ante la cual no tienen importancia los hielos y nieves, lagos, ríos, vapor de agua atmosférico, etc. Su formación habrá desprendido una cantidad de calor ( $2 \text{ gr. H} + 16 \text{ gr. O} = 18 \text{ gr. H}_2\text{O} + 68.400 \text{ calorías}$ ) igual a  $48.10^{26}$  calorías, valor considerable, pero que no es más que el calor que desprende el Sol en unos 53 segundos. Según hemos dicho, en virtud de la teoría de la relatividad, ese calor equivale a una masa energética de  $22,3.10^{13}$  gr., que aunque haya sido de relativa importancia térmica, es insignificante al lado de la masa actual de la Tierra. Ante semejantes conclusiones, aceptamos que su masa inicial fuese la misma que en la actualidad. En último caso, siempre podríamos considerar el período estelar en que tanto la masa como la densidad correspondieran a los valores de nuestras hipótesis.

Unas imágenes ilustrarán el fenómeno: Nuestro planeta salido del Sol sería algo así como una gota de 2 mm. de diámetro desprendida de un recipiente esférico cerrado de unos 13 cm. de diámetro que contuviese 1,2 litros de agua en ebullición, lanzada por explosión a 14,5 metros de la vasija; o como una gravilla de 1 cm. proyectada a 110 metros de distancia por explosión de un barreno en una esfera de 1 metro de diámetro; fenómenos ambos que no parecen inverosímiles, aun dentro de la pequeñez del im-

pulso de nuestros medios frecuentes para provocar explosiones.

Existen estrellas que poseen una masa del orden de  $10^{34}$  y, a título de curiosidad, hallemos la relación entre la presión de radiación de un sol de tal masa, por ejemplo,  $1,98 \cdot 10^{34}$ , ó sea diez veces mayor que la del nuestro (\*), y el impulso necesario para lanzar a la Tierra a una órbita como la actual. Consideraremos, únicamente, el caso de equilibrio, toda vez que es imposible prever el valor de la presión radiante, en caso de ruptura de aquél. Para el cálculo de las condiciones físicas del supuesto sol necesitamos establecer una hipótesis complementaria, porque la fórmula del equilibrio estático

$$d p = - g d r \rho$$

puede expresarse:

$$p = - \frac{4}{6} G \pi r^2 \rho^2 \quad [10]$$

con sólo sustituir en la primera el valor de  $g$ :

$$g = \frac{4}{3} G \pi r \rho \quad [11]$$

é integrando después; en cuya forma (10) vemos que la presión elástica es función compuesta del radio y de la densidad, de manera que pueden formularse dos hipótesis extremas: 1) Que la densidad del Sol fuese la misma que la actual, y que haya variado su radio. 2) La inversa: que haya variado la densidad, permaneciendo constante el

(\*) En rigor, bastaría con cinco veces.

radio. La primera, con la constancia de la densidad actual 1,41, nos conduce a un valor del radio igual a  $1,5 \cdot 10^{10}$  centímetros. La presión de radiación, según hemos consignado en el cuadro anterior, valdría:

$$q = 0,57 P \quad \text{y la elástica} \quad p = 0,43 P$$

y como  $p$ , ó sea  $gr\rho$ , tiene por valor  $2,69 \cdot 10^{15}$ , deducimos que  $p$  vale  $6,25 \cdot 10^{15}$  y, por consiguiente:  $q = 3,57 \cdot 10^{15}$ .

Para lanzar de este sol una masa como la terrestre, a una distancia de  $1,5 \cdot 10^{13}$  cm., que es el radio medio de la eclíptica, a una velocidad de 27,4 km/seg. ó 30 km/seg. en números redondos, que es la velocidad media de traslación de la Tierra con relación al Sol, sería preciso comunicarle una fuerza viva:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 5,97 \cdot 10^{27} (3 \cdot 10^6)^2 = 26,9 \cdot 10^{39} \text{ erg.}$$

El sol, como un fusil libremente suspendido en el aire, debía retroceder después del disparo, según la ley elemental de la cantidad de movimiento  $M V = - m v$ . Y sustituyendo valores:

$$1,98 \cdot 10^{34} \cdot V = - 5,97 \cdot 10^{27} \cdot 3 \cdot 10^6 = 1,79 \cdot 10^{33}$$

que nos da para la velocidad  $V$  de retroceso 0,094 cm., lo que nos dice que el sol apenas se conmovió.

El impulso por unidad de superficie valdría:

$$I = \frac{m v}{\pi r^2} = \frac{5,97 \cdot 10^{27} \cdot 3 \cdot 10^6}{3,14 (10,07 \cdot 10^8)^2} = 5,62 \cdot 10^{15}$$

porque, como después veremos, el radio de la Tierra estelar era  $10,07 \cdot 10^8$  centímetros.

Anteriormente hemos visto que la presión de radiación valía  $3,57 \cdot 10^{15}$ , que es sumamente próximo al impulso necesario, por lo cual queda bien demostrado que en caso de una ruptura de equilibrio existe energía suficiente para el lanzamiento, posiblemente a una órbita mucho mayor que la actual.

La hipótesis complementaria que hemos formulado para los cálculos que anteceden, basada en la constancia de la densidad y en la variación del radio, parece que es la más lógica, porque la contracción es evidente, y, con ello, el aumento, pero no la disminución de la densidad. Veamos, sin embargo, a lo que nos conduciría la segunda hipótesis, de constancia del radio y variación de la densidad. Siendo la masa del sol diez veces mayor, las presiones también lo serían, pero obtendríamos una densidad de 14,1 como media, que es absurda, porque de ese sol no se podría pasar al actual de densidad media 1,41, por lo que hemos aceptado la primera, que conduce a una conclusión más razonable.

Finalmente, como quiera que nuestro sistema planetario, conocido hasta ahora, tiene una masa total de unas 500 veces la de la Tierra, o sea, en conjunto,  $2,99 \cdot 10^{30}$ , y la del sol supuesto es de  $1,983 \cdot 10^{34}$ , pudo constituir un sistema planetario de  $9.000 \cdot 10^{30}$ , mientras que el actual no tiene más que  $3 \cdot 10^{30}$  e incluso le habría sido fácil disparar masas más pequeñas, con la velocidad de fuga.

### III

#### EL PERÍODO ESTELAR

La Tierra no es una piedra fría que gira y camina por el cielo, obediente a un mandato del Sol. La observación demuestra que existe un grado geotérmico que no cabe atribuir, íntegramente, a la radioactividad, toda vez que esta última decrece según la basicidad de las rocas, por todo lo cual la hipótesis de un calor central constituye el fundamento de todas las teorías geogénicas que más agradan al geólogo. Dentro de la nuestra, dicho calor es residual, porque una Tierra hija del Sol hubo de nacer como un sol en miniatura. Habrá tenido una etapa estelar, larga o breve, que esto depende de la masa con que saliese del Sol, que por necesidades del cálculo hemos supuesto igual a la de ahora, lo que nos permite aplicarle la teoría de Eddington, en una fase próxima a la del comienzo de su consolidación.

Comencemos por formular la ecuación (9):

$$\frac{1 - \beta}{\beta^4} = 0,061 \left[ \frac{5,974 \cdot 10^{27}}{1,983 \cdot 10^{33}} \right]^2$$

o bien:

$$5,53 \cdot 10^{-13} \beta^4 + \beta - 1 = 0$$

y resolviendo esta ecuación, hallamos, con aproximación suficiente, dada la pequeñez de  $1 - \beta$

$$\beta = \sim 0,999999999999457 \text{ y } 1 - \beta = \sim 0,000000000000553$$

que escribimos en esta forma para que resalten más las peculiaridades de sus valores, que en forma abreviada son:

$$\beta \approx \sim 1 - 5,53 \cdot 10^{-13} \quad \text{y} \quad 1 - \beta \approx \sim 5,53 \times 10^{-13}$$

Para proseguir nuestros cálculos necesitamos establecer una hipótesis, sea acerca de la densidad, sea sobre la temperatura. Más probabilidades de acierto parece que han de conseguirse razonando sobre la primera que no sobre la segunda, por tener, esta última, en el Sol, límites más extremados, toda vez que varía de  $6.000^\circ$  en la superficie, a 40 millones de grados en el centro. Admitamos que la Tierra—y tal vez los planetas cercanos al Sol (\*), nacidos en la misma o en otras explosiones—saliese con una densidad muy próxima, casi igual, a la media del astro progenitor, o sea 1,4, pues no hemos de perder de vista la relativa abundancia de elementos pesados en nuestro planeta.

Conocidas la densidad y la masa, podemos calcular el radio:

$$5,97 \cdot 10^{27} = \frac{4}{3} \cdot 3,14 r^3 \cdot 1,4$$

de donde

$$r = 10,07 \cdot 10^8 \text{ cm.}$$

o sea 10.070 kilómetros.

(\*) Dentro de una tesis planetaria, puede decirse que los planetas más próximos al Sol son los más densos: Mercurio, 6,5; Venus, 4,4; Tierra, 5,5; Marte, 3,9; y a partir de Júpiter la densidad nunca llega a 2. La gran masa de Júpiter, 309,8 veces la de la Tierra, tiene de densidad 1,3 y si a partir de él los planetas se caracterizan por su livianidad, en cambio su masa es mucho mayor que la del nuestro, al contrario de lo que sucede con los próximos. Saturno, el más ligero, con densidad 0,7, tiene una masa 91,9 veces la de la Tierra. La media del conjunto es, aproximadamente, 3,2. Se caracteriza el sistema por su escasa densidad, lo que constituye un nuevo atractivo para aceptar la hipótesis.

La aceleración de la gravedad tendrá por expresión:

$$g = G \frac{M}{r^2} = 6,66 \cdot 10^{-8} \frac{5,974 \cdot 10^{27}}{(10,07 \cdot 10^8)^2} = 392 \text{ cm/seg}^2$$

siendo G la constante de la gravitación:

$$66,6 \cdot 10^{-8} \text{ dinas. cm.}^2 \text{ gr.}^{-2}$$

Para la presión elástica del gas en el centro obtenemos:

$$\begin{aligned} p &= -g \cdot r \cdot \rho = -196 \cdot 10,07 \cdot 10^8 \cdot 1,4 = \\ &= -2,77 \cdot 10^{11} \text{ dinas. cm.}^2 \end{aligned}$$

teniendo presente que la aceleración es máxima en la superficie y nula en el centro, por lo cual sustituimos su valor medio. Resulta, por tanto, para presión en el centro 560.000 atmósferas, aproximadamente.

La temperatura en el centro, que suponemos fuese, al principio, la misma en todos los puntos de la estrella, tendrá por valor:

$$T = \frac{m p}{R \rho} = \frac{2,77 \cdot 10^{11} \cdot 2,1}{8,32 \cdot 10^7 \cdot 1,4} = 5.000 \text{ grados.}$$

Aplicando la ley de Stefan-Boltzmann podemos hallar, directamente, la presión de radiación que corresponde a esta temperatura:

$$q = \frac{1}{3} a T^4 = \frac{1}{3} 7,6 \cdot 10^{-15} \cdot 625 \cdot 10^{12} \text{ dinas. cm.}^2$$

o sea 1,59, que resulta insignificante, por lo cual la estrella no podría subsistir como tal.

La densidad en el centro, después de constituida la tierra estelar, la calculamos valiéndonos de la ecuación (7),

en la que  $P = \rho$ , puesto que en  $\rho = P \beta$ ,  $\beta$  es muy próxima a la unidad. Sustituyendo valores y omitiendo los cálculos, encontramos:

$$\sqrt[3]{\frac{1}{\rho_c}} = \frac{2,77 \cdot 10^{11}}{7,98 \cdot 10^{10}} = 3,47$$

de donde:

$$\rho_c = 2,54$$

El radio estelar valía, como hemos visto,  $10,07 \cdot 10^8$  centímetros, ó 10.070 kilómetros, y el radio medio terrestre es de 6.370; de manera que ha experimentado una disminución de 3.700 kilómetros. Esta conclusión puede poner fin a las discusiones acerca de la contracción de la Tierra.

Tratemos de formarnos una idea de la importancia del núcleo, que la diferenciación gravitacional sugiere. Esto es, supongamos constituido el geoide primitivo por un núcleo esférico de radio  $r_n$  y de densidad media  $\rho_n$  y por una corona esférica envolvente de densidad media  $\rho$ . La ecuación de condiciones (fig. 1) debe expresar que la suma de la masa

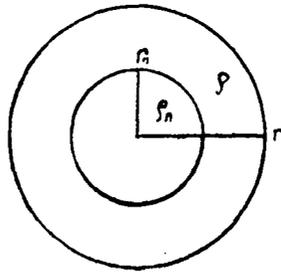


FIG. 1.

del núcleo y de la corona debe ser igual a la masa total de la esfera de radio  $r$  y densidad  $\rho_m$ , o sea:

$$r_n^3 \rho_n + (r^3 - r_n^3) \rho = r^3 \rho_m$$

Para la determinación de la densidad de la corteza nu-

clear tengamos presente que existen rocas peridotíticas, que cuando no están muy serpentinizadas presentan densidades que frecuentemente llegan y exceden de 3,5. La lherzolita de Lherz, en el Ariège, tiene 4,08. Si tomamos 4,03 y añadimos un 20 por 100, para ponernos a cubierto de las mayores densidades que han de existir en las zonas profundas, podemos admitir 4,83 para densidad media de dicha envoltura nuclear, y si tenemos presente que el factor de condensación de densidades es 3,94; ( $1,4 \cdot 3,94 =$  la densidad media terrestre 5,52), de manera que a la antedicha densidad corresponde, en el período estelar, 1,225, que aceptamos como valor de  $\rho$ .

Respecto al núcleo, no conocemos más que la densidad en el centro  $\rho_c = 2,54$ . No podemos tomar en consideración la hipótesis (fig. 2) de que aquélla se encuentre sedimenta-

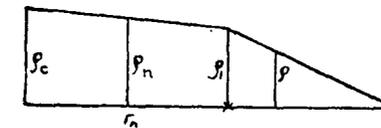


FIG. 2.

da según el radio, porque entonces la densidad en el centro sería 2,8 en lugar de 2,54. Precisamente esta diferencia es la que demuestra que se ha formado un núcleo. La relación de  $\rho_c$  al radio es  $2,54 : 10,07 \cdot 10^8 = 0,25 \cdot 10^8$ , pero la variación ha de ser mucho más lenta. Admitamos 0,421 por cada  $10^8$  cm.; o sea:

$$\rho_n \cdot 10^8 = r_n \cdot 0,421$$

Eliminando  $\rho_n$  entre esta igualdad y la ecuación de relación de masas, se obtiene la siguiente:

$$0,421 \cdot 10^{-8} r_n^4 - \rho r_n^3 - r^3 (\rho_m - \rho) = 0$$

y sustituyendo los valores conocidos:

$$r_n^4 - 2,91 \cdot 10^8 r_n^3 - 420 \cdot 10^{32} = 0$$

cuya solución nos conduce al valor de  $r_n$ :

$$r_n = 5,48 \cdot 10^8 \text{ cm.} = 5.480 \text{ kilometros}$$

con lo cual tenemos todos los elementos precisos para determinar las demás incógnitas: La densidad media del núcleo tiene por valor:

$$\rho_n = \frac{r_n 0,421}{10^8} = \frac{5,48 \cdot 10^8 0,421}{10^8} = 2,31$$

y la densidad de la capa externa de dicho núcleo:

$$\rho_1 = 4,62 - 2,54 = 2,08$$

Finalmente; conociendo el volumen y la densidad del núcleo estelar, podemos calcular su masa, que resulta igual a

$$\text{Masa del núcleo} = 1,593 \cdot 10^{27}$$

o sea, 26,7 por 100 de la masa de la Tierra.

Ya veremos las consecuencias de estos cálculos cuando consideremos la Tierra actual.

#### IV.

##### EL PERÍODO DE CONSOLIDACIÓN

La contracción era obligada para defender la pérdida de energía, ya que lleva consigo una generación calorífica que trata de compensarla. Nuestro planeta quiso mantener su rango, pero, en la etapa estelar, inútil fué su defensa. El pequeño valor de su masa conduce a una presión de radiación insignificante: 1,59 dinas por centímetro cuadrado.

Su fase estelar debió ser tan efímera como turbulenta y agitada. Apresuraba su más augusta finalidad: apagarse para ser el hogar templado del hombre, del mismo que, al correr de los siglos, hubiera querido incendiarla, según la frase de Nernst, sin reparar en que lo encontrado por él no es más que algo así como una ceniza del incendio primitivo.

Consideremos brevemente las condiciones de la superficie que justifican nuestro punto de vista. Calculando por la ley de Stefan la temperatura de la radiación solar se halla  $T=5.750^\circ$ , y según la ley de Wien se obtiene  $6.150^\circ$ , por lo que se acepta generalmente  $6.000^\circ$  para la del estrato inversor de la fotósfera, de acuerdo también con las medidas directas. A la presión de  $10^{-4}$  atmósferas que allí debe existir, se encuentran ionizados la mayor parte de los átomos y son escasos los neutros. La densidad tiene por valor  $4,14 \cdot 10^{-10}$ , y todavía, a más altos niveles, donde la presión es mucho menor, del orden de  $10^{-12}$  atmósferas,

aquella es aún más pequeña, y a estas condiciones parece que se debe la gran altura, hasta 250.000 kilómetros, que alcanzan las protuberancias solares, y en las cuales se perdería nuestra Tierra, como un grano de arena en la llama de una hoguera.

Muy diferentes eran las condiciones de nuestro planeta. En el principio, aunque la temperatura de la superficie no descendiese de  $4.000^{\circ}$ , como quiera que la presión sería ínfima, existe la posibilidad de que muchos átomos se mantuvieran ionizados, hasta los de más elevado potencial de ionización. Sabemos que, cuando aumenta la temperatura, crece la proporción de átomos ionizados, y si éstos se fueran alejando de los electrones separados, la ionización continuaría hasta el agotamiento. Pero lo que realmente sucede es que, moviéndose los electrones en un gas, cuando uno de ellos encuentra a un ión, se recombina y reconstituye un átomo neutro.

El número relativo de átomos neutros y de iones es una consecuencia del equilibrio entre la disociación y la recombinación, procesos que gobierna no sólo la temperatura, sino también la presión. La temperatura elevada favorece la ionización, mientras la fuerte presión protege la recombinación, pues aproxima a los iones y electrones, deduciéndose de aquí que a temperatura constante, el número relativo, o tanto por ciento, de los iones disminuye con la densidad, o sea con el aumento de presión.

Por ejemplo: cuando la temperatura fuese de  $4.000^{\circ}$  y la presión  $10^{-4}$  atmósferas, existirían 26 por 100 de átomos de calcio ionizados, cuyo potencial de ionización es de 6,1 voltios y un número mayor de los de cerio ( $V=3,1$ ), sodio ( $V=5,11$ ), litio ( $V=5,37$ ), bario ( $V=5,12$ ), estroncio ( $V=5,67$ ), etc., mientras que los de mayor potencial de ionización, tales como magnesio ( $V=7,65$ ), carbono

( $V=11,3$ ), nitrógeno ( $V=14,81$ ), hidrógeno ( $V=15,34$ ), silicio ( $V=16,27$ ), hierro ( $V=19,19$ ), etc., estarían, en las supuestas condiciones, en estado de átomos neutros.

De esta manera, el descenso gradual de la temperatura y el aumento de presión, a consecuencia de la formación de una atmósfera cada vez más densa, daría lugar a que los electrones, sin energía que les hiciese salir del edificio atómico, ni ocupar, siquiera, altos niveles, se irían enlazando los de valencia en ese enlace misterioso del que nada sabemos en concreto, constituyendo moléculas cada vez más estables. De esta manera nacerían el vapor de agua, el anhídrido carbónico, etc.

El nitrógeno, de alto potencial de ionización, provocaría una pronta recombinación de sus dos átomos, y no siendo propicio a combinaciones químicas, huiría de la Tierra, en cuya corteza apenas se encuentra, para ocupar su importante papel en la atmósfera, tan necesario para el establecimiento de los reinos animal y vegetal. El oxígeno, por el contrario, quedó en gran parte retenido, observándose ahora su presencia en una gran cantidad de minerales, existiendo autores, como Clark y Washington, que estipulan un 46,59 por 100 de oxígeno en la composición de las rocas ígneas de los primeros 16 kilómetros de la litosfera. Pero no por esto dejó de escapar hacia la atmósfera, cuando la temperatura hizo posible la recombinación de sus dos átomos, logrando la molécula biatómica.

Los átomos de alto potencial de ionización, tales como el hierro, y hasta tal vez el hidrógeno, es posible que vinieran ya formados, porque a la temperatura de la superficie terrestre darían un porcentaje de ionización insignificante, al menos después de los primeros momentos. Para el hidrógeno, con una temperatura de  $7.000^{\circ}$  y una presión de  $10^{-4}$ , están ionizados el 12 por 100. Una parte de este gas

quedó en el interior de nuestro planeta para formar los minerales hidratados, y la restante, merced a su gran poder de difusión, podría salvar la adsorción, ya que ésta disminuye para este gas, con la presión; a alta temperatura, y saliendo de la corteza se elevaría en la atmósfera hasta altitudes que algunos meteorólogos estiman ahora en 500 kilómetros, pero tan rarificada, que calculan una presión de 1,6 mm. Influye, probablemente, la sugerencia del Sol, en el cual, como es sabido, se observan enormes masas gaseosas, que a veces vuelven a caer, como un penacho de fuego, o se sostienen como montañas encendidas sobre el limbo del astro. Aunque muy en pequeño, algo análogo sucedería en la Tierra, porque el hidrógeno, por su ligereza (0,06947 menos denso que el aire), asciende rápidamente en la atmósfera. Téngase, además, en cuenta que, según opinan algunos químicos, el hidrógeno atmosférico puede provenir, en parte, de la acción de los rayos ultravioletas sobre el agua de los mares y sobre el vapor acuoso de la atmósfera, y, por tanto, puede tener en ésta una génesis secundaria.

Unas veces ardería en el oxígeno, dando entonces una temperatura de 2.800° y, a su vez, en él se apagarían los cuerpos encendidos. Su acción reductora se vería compeliada por la pequeñez de la presión ambiente, y allí donde no existiese mezclado con el oxígeno, en proporción de 8 a 84 por 100 del primero, y a la temperatura conveniente, se tendría la mezcla explosiva, hasta que aquélla no descendiese de unos 973° absolutos, que es la de su punto de inflamación.

Un momento interesante en la historia de la Tierra sería cuando la temperatura superficial descendiese a unos 1.500° absolutos, que es la que suele admitirse para la fusión de los magmas. Según nuestra teoría, no puede ser

motivo de controversia si la Tierra ha estado o no fundida. Hemos supuesto que era un gas y por esto le hemos aplicado la teoría cinética de los gases, pero es una consecuencia lógica que si los materiales que ahora pisamos se hallan en estado sólido y han sido, en un tiempo, gaseosos, han de haber pasado por el estado líquido, como, al propio tiempo, deducimos de la teoría molecular. A 1.473° absolutos la teoría revela que la velocidad de los átomos de un gas es de 584 m., y el cálculo es tan exacto, que Stern, al comprobarle, obtuvo 590 m. Pero cuando la temperatura desciende, la difusión es cada vez más lenta y más difícil; los átomos se hallan cada vez más próximos, llegan casi a tocarse, y esta es la característica de los estados líquidos y sólido.

La idea de una corteza previamente fundida la comparten casi todos los geólogos, porque puede decirse que es un hecho de observación. Si se pudiesen eliminar las formaciones sedimentarias, que ocultan el «substratum», por todas partes encontraríamos una *roca ígnea o un magma*. Será, por tanto, la petrología la que mejor puede ilustrarnos en esta cuestión. Esta ciencia marcha actualmente por buenos caminos. De un lado, tiene muy en cuenta los estados de equilibrio que se producen en la consolidación de las mezclas fundidas y, de otro, los procesos de reacción continua en tales baños fundidos, procesos experimentales que nos enseñan la importancia que tienen los períodos de enfriamiento. Basándonos en los conocimientos actuales, podemos admitir que, en el principio, ya debió existir alguna diferenciación magmática de un magma medio de tipo gabbroideo, del que se formó el granito y demás rocas que ahora constituyen el denominado sial de los continentes, en oposición al sima, que también cubriría grandes espacios, pues en nuestra teoría cabe

admitir que existiesen depresiones primarias, como pálido reflejo de las manchas solares. Viene en apoyo de esta suposición de la corteza fundida—que ahora se convierte en una deducción lógica—el hecho de que los primitivos sedimentos se hallen metamorfizados, por acción regional o por contacto, perteneciendo a la familia de las pizarras cristalinas. Entiéndase que no por esto introducimos un concepto de edad, como hacían los geólogos del siglo pasado, o dicho más claramente, que no todas las pizarras cristalinas constituyen los primeros sedimentos, y de aquí que nos parezca perfectamente adecuada la denominación empleada por el Instituto Geológico y Minero de España, de *estrato cristalino*, porque este nombre no quiere decir más que lo que simplemente significa: un estrato, o sea, un sedimento, que presenta una textura cristalina, pero nada prejuzga de si es antiguo o moderno. Tratándose de un metamorfismo que pudiera producirse incluso en nuestros días, claro es que puede afectar a cualquiera de las formaciones sedimentarias. Por ello no es de extrañar la presencia de los gabbros terciarios italianos, ni la granulita de Portugal, que atraviesa una caliza jurásica, ni las de Argelia, que penetran en el eoceno superior y han metamorfizado los sedimentos en que se encuentran.

Para que el magma pudiera consolidarse como granito, generalmente, pero a veces también como gabbro, era necesaria la presencia del agua, presente ahora en la biotita, la hornablenda y demás minerales hidratados. Al descender la temperatura a 973° dejaría de producirse, según hemos dicho, un fenómeno de gran importancia: la combinación del hidrógeno con el oxígeno, productora de aquella. La temperatura de inflamación de la mezcla es, como mínima, la antedicha, pero claro es que vendría produciéndose a otras más altas. Es indudable que debió formarse también

en el seno mismo del magma, como lo atestiguan los minerales hidratados, formados por la consolidación de aquél.

La importancia del agua en la constitución primitiva de la litosfera resulta evidente. Ya hemos visto el gran espesor de la corona esférica con densidad igual a 1,225, dentro de nuestra teoría, y aun en la actualidad, si repartimos uniformemente los  $126.10^{16}$  metros cúbicos, volumen de los océanos, sobre los  $5,097.10^{14}$  metros cuadrados de la superficie terrestre, obtenemos una hidrosfera continua de 2.470 metros de altura, lo que sugiere la idea de que, siendo el agua muy abundante y quedando aprisionada, aun a considerables profundidades, debió constituir un gran elemento mineralizador que intervino, eficazmente, en el descenso del punto de fusión de los minerales.

La Tierra, por consiguiente, finalizó su etapa estelar y comenzó a consolidarse, en un medio rico en vapor de agua, de la que debió asimilar, encerrándola en el seno de minerales y rocas, como actualmente nos demuestran los minerales hidratados, una gran cantidad. Sería, al principio, un complejo de una mezcla de líquido y de gases, un estado análogo al actual de Júpiter y de otros planetas; un estado que debemos denominar coloidal (1), pero en el que las moléculas de los gases se hallan tan próximas, que tenían los caracteres de un sólido.

La propia forma de la Tierra es la que corresponde a las formaciones desarrolladas en el seno de medios no homogé-

(1) Obsérvese que no se trata de la hipótesis de Spurr (*The Ore Magmas*, 1923), quien supone que algunos magmas son coloidales y que todos pueden retener agua bajo presión, lo que algunos petrólogos no aceptan, aunque admiten que el magma que alcanza la superficie puede ser diferente del existente a grandes profundidades. En mi hipótesis no se trata de magma, puesto que no se considera a la materia en estado de fusión. En la Tierra actual, esto sería incompatible con lo que nos manifiesta la sismología.

neos, animados de movimiento de rotación, tales como las orbículas de los granitos, las oolitas y pisolitas, las concreciones de todas clases, el ágata, etc., e incluso la célula de la materia viva. En estas formaciones no existe más diferencia, en conjunto, que el crecimiento puede ser endoférico o exoférico, como creo haber demostrado en otra ocasión (2).

De análoga manera a como los minerales de las rocas, cuando cristalizan, contienen infinidad de partículas microscópicas y ultramicroscópicas, así el vapor de agua habrá creado, con el auxilio de la presión, un tan gran número de interposiciones en los cristales, que no tendrán nada de homogéneo. Este vapor, como los demás gases que se hallen en condiciones hipercríticas, a causa de la temperatura, quedará en tensión, pero en equilibrio con las demás presiones externas.

Con esta hipótesis es como más fácilmente pueden explicarse, a mi juicio, todos los fenómenos que acompañan al paroxismo de un volcán, de acuerdo, además, con la sismología actual.

El geólogo no debe sentir repugnancia por estos estados complejos de un pseudo sólido o un líquido, pronto a expandirse como un gas y dispuesto a penetrar en poros y fisuras, incluso produciendo recristalizaciones y creando, de este modo, rocas metamórficas. Sin esta hipótesis no se puede concebir, en mi opinión, las *nubes ardientes*, como sin ella tampoco puede explicarse la inyección lecho por lecho (*«lit-par-lit»*, en el lenguaje geológico internacional) de neises y pizarras, produciendo migmatitas o transformando los sedimentos en neises granulíticos. Las discusiones

(2) Conferencia titulada «De la historia mineral. Cómo cría un criadero», en el Instituto de Ingenieros Civiles. Madrid.

sobre el estado físico de la inyección perduran todavía, pero toda controversia no tiene razón de existir tan pronto como se admitan esos estados complejos, *forzados*, que vengo considerando y cuya deducción resulta fácil, a la vista de los fenómenos. Una masa ígnea pastosa es, para mí, imposible que penetre en un lecho de pizarra de un centímetro de potencia y que la convierta en un neis granulítico, sin fundirla; pero si es un líquido al que la cantidad de gas o vapor contenido le impone la ley de sus propiedades, podrá penetrar con fuerza corrosiva en todos los poros, porque la presión del vapor es muy considerable. Las nubes ardientes y las primeras cenizas que lanzan los volcanes, antes de presentarse la lava, se pueden explicar, también, por el estallido de los cristales que ocluyen el vapor a presión.

Prosiguiendo con la consolidación de nuestro planeta, añadiremos que la textura granuda del granito, por ejemplo, no puede obtenerse más que con un período de solidificación, en el que la temperatura descienda muy lentamente. Dicha roca terminó de formarse en una atmósfera a 575° C. que fué decreciendo gradualmente. De no suceder así, protegiendo al granito se hubiera formado una capa de vidrio liparítico.

Una corteza mil veces rota y deshecha, por explosiones y por difusión de los gases, con fluctuaciones tal vez pulsátiles, llegaría a establecerse muy lentamente. Podemos conocer su temperatura final utilizando como termómetro geológico la inversión enantiotrópica del cuarzo  $\alpha$  (trapezoédrico-tetartroédrico) en el cuarzo  $\beta$  (trapezoédrico-hemiédrico) que tiene lugar a 575° C., o sea a 848° absolutos, temperatura que puede ser algo afectada por un aumento de presión, pero sólo en orden de unos 20 ó 30° C. Como quiera que el cuarzo de los granitos es el  $\alpha$  o de baja temperatura

ra, podemos decir que aquélla no debió pasar de los mencionados 848° absolutos, aproximadamente.

Las reacciones químicas exotérmicas, ayudadas por la radioactividad e incluso por la energía de la contracción gravitacional, así como la recombinación atómica de los primeros momentos, serían, como hemos dicho, los manantiales térmicos principales, sin acudir a la energía del núcleo, que se conservaría a 5.000° con el aumento consiguiente a la contracción. Esta hipótesis parece viable, a causa de la mala conductividad calorífica de las rocas, cuyo valor medio, entre un basalto y un granito es 0,005. Existen, además, diversos datos experimentales que concurren a su demostración. Por ejemplo: después de la efusión de una lava volcánica, apenas se solidifica una pequeña costra, se puede caminar por ella, a pesar de hallarse fundida la masa a poca profundidad. Spallanzani ha referido que once meses después de la erupción del Vesubio en 1799, lograba encender varillas de madera, introduciéndolas en las fisuras; y Humboldt, después de cuarenta años de una erupción del Jorullo, encontró la lava caliente y a los veintinueve años de dicha efusión encendía cigarrillos en las fisuras de contracción, de manera que puede decirse que en ese tiempo la temperatura había descendido de unos 1.100° a 400° C., aproximadamente, preservada por una costra sólida de escaso espesor. Conocida es la conservación del calor durante un siglo en la Montaña de Fuego, de Lanzarote. Por último, según la astrofísica, parece ser que el aumento de la densidad incrementa la absorción del calor interno, disminuyendo, consecuentemente, el radiante de la superficie. De esta manera se pueden explicar los grandes espesores que alcanzan las formaciones graníticas, por ejemplo, con una temperatura constante y bien conservada.

No dejaremos de observar que la presencia de elemen-

tos pesados en la superficie de la Tierra no viene, ciertamente, en apoyo de la teoría de segmentación gravimétrica en un Tierra totalmente fundida, porque parece más lógico que todos ellos se hubieran precipitado hacia el núcleo. Resulta difícil de justificar el impulso ascensional necesario para que tales minerales alcanzasen la superficie, venciendo la acción gravitatoria, a través de un baño fundido, expresada, en este caso, por la ley de Stokes, mientras que con nuestra teoría creemos que se explica el fenómeno con más facilidad. En efecto: sabemos desde tiempos de Maxwell (1886) que la viscosidad de un gas no depende de la presión, y esto, que parece un hecho sorprendente, no es una mera concepción teórica deducida de una fórmula, sino que fué sancionado por la experiencia, con lo cual quedó bien comprobada la teoría cinética de los gases. La velocidad de caída de una esferilla de radio  $a$  es independiente de la presión, o sea de la densidad del gas, y será la misma en el aire que en el aire comprimido a 300 atmósferas, por ejemplo. Como sabemos, viene expresada por la ley de Stokes:

$$\text{Velocidad de caída} = \frac{\text{peso de la esferilla}}{6 \pi a \eta}$$

en la que  $\eta$  = viscosidad.

En nuestra teoría, la fuerza ascensional necesaria puede actuar en cuanto exista un pequeño desequilibrio entre la presión elástica y la gravitacional o un movimiento de convección, más fácil de lograr en un gas que en un líquido, por la antedicha razón de la viscosidad.

## V

## EL NÚCLEO TERRESTRE

Consideremos, ahora, el estado actual de la Tierra después de la contracción experimentada. De todas las hipótesis que el geólogo formula, existe una, que por sí sola se impone: la del núcleo terrestre. Como la densidad media de la Tierra tiene por valor:

$$\rho = \frac{3g}{4G\pi r} = \frac{3 \cdot 981}{4 \cdot 6,66 \cdot 10^{-8} \cdot 3,14 \cdot 6,372 \cdot 10^8} = 5,52$$

y los materiales que coronan su superficie son mucho más ligeros, es obligado suponer que profundizando en la Tierra ha de aumentar la densidad. De aquí que la idea del núcleo haya sido consustancial con esta ciencia y, actualmente, es la sismología quien comprueba la certeza de tal suposición. Las discrepancias nacen en cuanto se trata de definir su naturaleza y su diámetro.

Los geólogos del siglo pasado, partiendo de la observación de los meteoritos, como documentos presentados por astros en quiebra, de que el hierro es también muy abundante en la Tierra; y del hecho del magnetismo terrestre, llegaron a la conclusión de que debía existir un núcleo de ferroníquel, cuya densidad de 9 a 10 compensase a la superficial de 2,7 a 2,85, para obtener la media de 5,52; hipótesis que viene sosteniéndose hasta ahora. La idea de

Suess de un núcleo *nife* (níquel-hierro) con la capas sobrepuestas de *sima* (silicato magnésico) y de *sial* (sílice, alúmina) perdura, en formas diversas, hasta nuestros días. Washington (1) supone que el núcleo tiene un radio de 3.400 kilómetros y que se halla formado de ferroníquel, cuya densidad es casi 10. Del núcleo se pasa, gradualmente, a una zona de 1.400 kilómetros de una composición peridotítica con más o menos óxidos y sulfuros. La peridotita tiene un espesor de 1.600 kilómetros y 4 de densidad. Luego viene la corteza, propiamente dicha, con espesor de 60 a 100 km., cuya parte inferior es basáltica o gabroidea y se continúa, gradualmente, hasta alcanzar otra capa de 15 a 20 km. de composición granítica o granodiorítica de 2,77 a 2,80 de densidad, que es la única —según dicho autor— que está sometida a la observación del geólogo. Señala un espesor de 15 km. a las rocas graníticas, neises y pizarras, lavas vulcánicas e intrusivas de todas clases y un pequeño espesor de sedimentos.

Goldschmidt supone en profundidad la existencia de una eclogita, roca de piroxeno y granate, por ser minerales estables a gran presión, la cual contiene inferiormente una capa de óxidos y sulfuros mezclados.

Harold Jeffreys (2), basándose en observaciones sismológicas, en vista de que aparece con la profundidad un aumento de las velocidades de las ondas longitudinales y transversales, y comparando con la compresibilidad conocida de las diversas rocas, admite que la zona superior de 10 km. de espesor es granito; la intermedia de 20 puede ser basalto, con la duda de que sea vítreo (3), y la inferior, de

(1) H. S. WASHINGTON: *The chemical composition of the earth*. «Am. Journ. Sci.», 1925.

(2) HAROLD JEFFREYS: *The earth*. New York, 1929.

(3) La Petrología se opone a esta duda.

peridotita. Las velocidades aumentan hasta la profundidad de unos 1.500 km., permaneciendo entonces constantes, y, finalmente, decrecen. Esto lo interpreta el autor como efecto de la existencia de un núcleo situado a una profundidad de unos 2.000 km., el cual posee un borde muy neto. Tal será el núcleo de ferroníquel.

En nuestra teoría, suponiendo que las rocas que observamos en los continentes ocupen el 27,5 por 100 de la superficie terrestre, con una densidad media de 2,75, y las presumibles submarinas el 72,5 por 100 restante, con una densidad de 2,87, porque suelen proceder de un magma basáltico, la densidad media total sería 2,8 aproximadamente, para las condiciones superficiales. La presión gravitatoria en el centro se hallará equilibrada por la presión elástica y radiante del gas central—puesto que el núcleo sigue siendo gaseoso, porque la temperatura, como vemos, lo permite—. Para determinar la primera, que estará representada por el peso de la materia, han suscitado algunos geólogos la cuestión de que, para su cálculo, debe utilizarse como volumen elemental de la Tierra el ángulo sólido, según el cual se ve desde el centro la unidad de superficie en esta última, o sea el peso de una pirámide que tenga por base un centímetro cuadrado situado en la superficie y por vértice el centro de la Tierra; así que tiene por altura el radio terrestre. El resultado es el mismo (1) porque las fórmulas

(1) La masa de cada pirámide es  $m = v \rho$  y su peso  $\frac{1}{3} r \rho g$ . La acción total de la esfera, para un punto cercano al centro, puesto que existirán  $4 \pi r^2$  pirámides, valdrá:

$$4 \pi r^2 \frac{1}{3} r \rho g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g;$$

que contiene el volumen de la esfera en función del radio, de modo normal.

mulas que empleamos han sido obtenidas en la teoría de las fuerzas centrales newtonianas, integrando ecuaciones que ya contenían el elemento diferencial de superficie o de ángulo sólido, por lo que ahora nos basta con sustituir valores finitos. En cambio, puede decirse que algunos autores calculan la presión en el centro y obtienen un valor doble del que debiera resultar, por no tener en cuenta, a mi juicio, el verdadero valor de la gravedad. Es fácil verlo: El peso  $P = Mg$  varía en el interior de la Tierra, porque varía la aceleración  $g$ . En la superficie tiene por valor (acción de la masa total de la Tierra condensada en el centro, a la distancia  $r$ ), según sabemos (pág. 21)  $\frac{4}{3} G \pi r^3 \rho = 981 \text{ cm/seg.}^2$ . Pero a la mitad del radio vale exactamente la mitad (acción de la esfera de radio mitad condensada en el centro, supuesta homogénea, y a distancia  $\frac{1}{2}r$ ) y en el centro tiene un valor nulo. Sucede que *pesan* la pirámide antedicha en la superficie, en vez de tener en cuenta sólo la acción en el interior. De aquella manera se obtienen presiones que varían de unos 3 a 3,5 millones de atmósferas, según los diversos autores. Debemos considerar, por tanto, la aceleración media y obtenemos así para la presión estática en el centro (\*).

$$P = 6,37 \cdot 10^8 \cdot 5,52 \cdot 490,5 = 17,25 \cdot 10^{11} \text{ dinas. por cm.}^2$$

o sea 1.760.000 atmósferas (\*\*).

En la etapa estelar la presión valía  $2,76 \cdot 10^{11}$ ; de manera

(\*) Siempre que, por brevedad, consignemos *centro*, debe entenderse que nos referimos a la *región central*.

(\*\*) Como es natural, este valor puede obtenerse integrando la ecuación [2] pág. 21 según se dice en la pág. 33.

que ahora ha adquirido un valor 6,25 veces mayor y es preciso, según la fórmula

$$p = \frac{R T \rho}{m}$$

que hayan aumentado  $\rho$  y  $T$ , es decir, la densidad y la temperatura. El aumento de la primera nos es conocido; es ahora 5,52 y se ha hecho, por tanto, 3,94 veces mayor, de manera que el aumento de temperatura ha debido ser de 1,585 veces, para que la presión conserve el valor antedicho, o sea:

$$p = \frac{8,32 \cdot 10^7 \cdot 1,585 T \cdot 3,94 \rho}{m}$$

y sustituyendo los valores antiguos  $T=5.000$  y  $\rho=1,4$  encontramos que la temperatura actual en el centro es de  $7.925^\circ$  absolutos o, aproximadamente,  $8.000^\circ$ .

Determinemos los restantes valores del núcleo. La contracción de los volúmenes totales ha sido del orden de:

$$\frac{6,37^3}{10,07^3} = 0,253$$

de modo que el radio del núcleo actual, elevado al cubo, será igual al cubo del estelar multiplicado por 0,253:

$$r_n^3 = 5,48^3 \cdot 10^{21} \cdot 0,253$$

de donde:

$$r_n = 3,47 \cdot 10^8 \text{ cm.} = 3.470 \text{ km.}$$

lo que concuerda con la contracción del radio que ha sido de 0,633 de su valor. Tenemos, por consiguiente, que el

núcleo se halla a una profundidad de 2.900 kilómetros, de acuerdo con lo que consigna la sismología.

Podríamos calcular las densidades por medio de las ecuaciones utilizadas para el período estelar, pero como hemos admitido la constancia de las masas, llegaremos al mismo resultado, y más fácilmente, multiplicando los valores obtenidos para dicha etapa por el factor de condensación de las densidades medias 3,94. En resolución; obtenemos:

Densidad media del núcleo .....	9,12
Densidad en el centro.....	10,00
Densidad en el borde nuclear.....	8,20
Densidad media de la corona.....	4,83

La densidad media de la envoltura nuclear 4,83 concede un margen de 2,8 a 6,86 para asignar valores a los diversos cambios que deben existir entre la superficie y el núcleo, a juzgar por las diferentes velocidades de propagación de las ondas sísmicas. La primera capa de discontinuidad aparece, según Conrad y otros autores, a 40 km. de profundidad, y no será extraño un aumento de densidad por el tránsito de las rocas del magma granítico al de las gabroideas-basálticas, como se deduce de la temperatura de las lavas. El material andesítico puede producirse a unos 33 kilómetros y el basáltico a 45 km., según nuestros cálculos, para la Montaña Pelada y el Mauna Loa, respectivamente. A dicha zona se puede asignar una densidad de 3,1.

A 57 km. de profundidad se señala otra capa discontinua, que puede estar relacionada con los materiales peridotídicos de densidad 3 a 3,45, con una media de 3,3, que puede extenderse hasta la zona de compensación situada a 120 km. de profundidad. A partir de dicha zona podemos considerar una densidad media de 4 hasta los 1.200 kilómetros, donde la sismología acusa un nuevo cambio, en

cuyo lugar la densidad puede saltar a 5. A los 1.700 kilómetros existe una nueva ruptura de la uniformidad, con densidad 6,1, porque las curvas de velocidad se elevan bastante, singularmente las de las ondas longitudinales; y a los 2.450 km. donde los sismólogos aprecian un nuevo cambio, la densidad puede alcanzar el valor de 6,5, que sigue aumentando hasta llegar a la capa externa del núcleo, donde se manifiesta un salto de aquel valor de 6,86 a 8,20. Todas estas cifras han sido determinadas teniendo en cuenta los valores de las masas, y su progresivo aumento puede atribuirse, siguiendo las normas clásicas, a la importancia creciente del hierro, a la que debiera añadirse la de los metales pesados, de lo que tenemos un indicio con la presencia del platino en las peridotitas.

Para terminar, recordaremos que Helmholtz y Kelvin, estudiando la contracción terrestre, demostraron que el Sol podía conservar su calor merced a una contracción que lleva consigo un aumento de densidad en el centro, transformándose así la energía potencial de gravitación en calor, pero los astrónomos, haciendo uso de tal hipótesis, calcularon, a su vez, que la edad de algunas estrellas de gran luminosidad debería ser de unos 100.000 años, mientras que existen muchas en la nebulosa de Andrómeda cuya luz tarda en llegar a la Tierra 870.000 años. El estudio de otras que son pulsátiles acabó de destruir la hipótesis, al propio tiempo que nuevas doctrinas venían a establecer que existe un gran manantial de energía en la transformación de la masa.

Opina Eddington que la estrella contiene latente en su interior la energía que ha de gastar en el resto de su vida. Esto parece evidente y es lo que nosotros hemos supuesto, porque no cabe pensar en otra fuente energética. La Tierra, en nuestra hipótesis, ocupó su lugar en el cielo a una temperatura media de 5.000°, pero como llegamos con nuestros

cálculos a una temperatura central de 8.000°, parece que somos defensores de la anticuada hipótesis de Kelvin. La ambigüedad desaparece en cuanto se considere que en nuestra teoría la contracción no es una hipótesis, sino una consecuencia analítica. La Tierra, efectivamente, se ha contraído, con lo cual ha aumentado su temperatura en el núcleo, según demuestra la teoría cinética de los gases y la experiencia de cada día. Ya hemos visto que la constancia del radio nos conducía a la hipótesis absurda de una densidad de 14.

Por lo demás, la energía radiante del núcleo con su masa de  $1,593 \cdot 10^{27}$ , es la energía de que la Tierra dispone durante el resto de su vida, como fuente principal, o sea, multiplicando dicha masa por el cuadrado de la velocidad de la luz,  $14,34 \cdot 10^{47}$  ergios. De manera que si la Tierra sigue perdiendo por radiación lo mismo que en la actualidad, es decir,  $12,90 \cdot 10^{27}$  ergios-año (a razón de 80 ergios por centímetro cuadrado y por segundo, con un gradiente de 1° por 30 metros), sólo con la energía de su núcleo puede subsistir como ahora, durante  $1,11 \cdot 10^{20}$  años, o sea ciento once trillones de años. Eddington considera como límite superior para la edad actual del Sol 5,2 billones de años, con una pérdida anual de 120 billones de toneladas, de cuyos datos se deduce que, de no existir una reacción termonuclear en cadena que casi compense la pérdida de energía, aun en la hipótesis absurda, por todos conceptos, de que pudiera aniquilar hasta su último gramo de masa, la vida máxima no excedería de unos 16,5 billones de años. La longevidad de este astro como Sol, con relación a la de la Tierra es como un minuto comparado con trece años.

Si a la masa nuclear se añade la energía potencial gravitatoria de su envoltura y la debida a la radioactividad de

las zonas altas (\*), el geólogo podrá vislumbrar la reserva energética de que la Tierra dispone para los futuros cataclismos. Muchos buscan el final apocalíptico de la Humanidad en el Sol. Pocos recuerdan que le tenemos debajo de nuestros pies.

---

(\*) Los criaderos de uranio y de torio se hallan relacionados con las diversas fases de consolidación de los baltolitos graníticos, lo que unido a la menor radiactividad de las rocas básicas profundas, en comparación con las graníticas, refuerza mi opinión de que parece existir cierta preferencia de la radiactividad por las zonas altas de la litósfera. Según he manifestado en otra ocasión («Génesis de los criaderos de uranio». Conferencia en el Instituto Nacional de Geofísica. Madrid, 1948), se presenta como un fenómeno selectivo que quiere huir de la Tierra. Soddy, midiendo, experimentalmente, la velocidad de producción del helio por el uranio, determinó que la vida media de este último es de 6.000 millones de años. Dentro de unos cuantos millares de millones de años, los estratos esféricos terrestres servirán de sepultura al plomo residual y todo el helio se habrá elevado a la atmósfera. Sin embargo, queda la incógnita de si existirá en el núcleo, como luego diremos.

## VI

## LA LUZ CENTRAL

Prosigamos con los problemas del núcleo. Hemos hallado su radio: 3.470 kilómetros, el requerido por la sismología; su densidad en el centro, 10, y la media, 9,12, necesarias para justificar la media de la Tierra; y su temperatura de 8.000° C., con lo cual queda demostrada su energía. Del valor del radio nuclear nada nuevo diremos. Habríamos de repetir que le consideramos como comprobación directa de nuestras hipótesis. De la densidad, mucho tendríamos que decir si no hubiéramos visto que pueden existir y existen gases muchísimo más pesados, por lo cual las cifras halladas parece que corresponden a la modestia del mundo que las posee. No discrepa de la que es frecuente encontrar en los tratados de geología. La temperatura tampoco requiere singular defensa, porque desde los 4.000° asignados por Kelvin, hasta los 15 ó 20.000° que figuran últimamente, merced a la prolongación ideal de las curvas de presión-fusión, mediante hipótesis sin amplia base, existe un margen prudencial para alojar los 8.000° obtenidos sin ninguna extrapolación. Se llega a una temperatura central de 200.000° extrapolando el gradiente geotérmico, pero si se tiene en cuenta que la labor minera más profunda es de 4,5 kilómetros, parece que es totalmente ilícito extrapolar a 6.370 kilómetros. Supone que la unifor-

midad de la Tierra es un principio innegable, pero el geofísico sabe que carece de consistencia.

Si se admite que la teoría se halla suficientemente comprobada—dentro de la comprobación que es factible para una teoría de esta naturaleza—, se podrá contestar a la eterna pregunta: ¿Cómo es el núcleo? Es un gas. Es un gas que tiene en el centro la densidad de la plata; y en un gas comprimido a 1.800.000 atmósferas y a 8.000° de temperatura, la imagen de los estados complejos vuelve a despertar. Tendrá algunas de las propiedades de los líquidos, y una de ellas será la de no permitir la propagación de las ondas sísmicas transversales, y así resulta, en efecto. Por la sismología sabemos que cuando se trata de telesismos, esto es, de sismos cuyo epicentro está situado a más de 13.000 kilómetros de la estación sismológica, las ondas engendradas alcanzan al núcleo terrestre, pero las transversales, en opinión de la mayoría de los sismólogos, encuentran un medio a través del cual no pueden propagarse. Para unos, el núcleo se halla constituido por una «sustancia de compresibilidad mensurable», y para el notable sismólogo A. Rey Pastor «el núcleo posee propiedades elásticas que le asemejan más a los líquidos que a los sólidos». El núcleo, en nuestra teoría, se halla muy lejos de haber llegado a su límite de compresibilidad, según sabemos, por el tamaño de sus partículas elementales. Es un gas atómico, nuclear y electrónico, con partículas predominantes de orden atómico, por su moderada temperatura, cuya proximidad le asemeja a un líquido denso; lo que justifica las anomalías experimentadas en la propagación de las ondas sísmicas, tales como reflexiones, refracciones y absorciones, de modo análogo a lo que sucede en una superficie libre. En la propagación de las ondas longitudinales interviene también la densidad.

Podemos deducir su comportamiento físico, desde otros puntos de vista. De la ley de Wien:

$$\lambda_m T = 0,2885$$

que nos relaciona la longitud de onda con la temperatura, sustituyendo el valor de  $T=7.900^\circ$  obtenemos para aquella  $\lambda_m=0,0000365$  centímetros, o sea, 0,365 micrones, cuya longitud de onda corresponde a una radiación ultravioleta, con alguna luz violácea. De manera que el núcleo, en su parte central emite, principalmente, dicha radiación. Como es sabido, resulta más penetrante que la luz ordinaria, pero puede ser absorbida fácilmente.

Consideremos ahora la zona externa del núcleo y comencemos por calcular su temperatura. Puesto que la masa nuclear es  $1,593 \cdot 10^{27}$  gr. y su radio  $3,47 \cdot 10^8$  cm., la aceleración en su superficie tendrá por valor:

$$g = \frac{6,66 \cdot 1,593 \cdot 10^{27} \cdot 10^{-8}}{(347 \cdot 10^8)^2} = 875.$$

y como en la superficie terrestre tiene por valor 981, la media de ambas será 928. La densidad media de la corona esférica vale, como sabemos, 4,83, de manera que la presión en la zona externa del núcleo tendrá un valor de:

$$p = 928 \cdot 2,9 \cdot 10^8 \cdot 4,83 = 13 \cdot 10^{11}$$

Hemos realizado, hasta ahora, todos nuestros cálculos considerando una masa molecular media de 2,1, pero en el núcleo deben figurar elementos situados al final del sistema periódico, cuya masa molecular llega a valer 2,5 para bastantes de ellos. Si aceptamos este valor y recordando que

la densidad en el borde del núcleo es 8,2, la temperatura en dicha zona será:

$$T = \frac{2,5 \cdot 13 \cdot 10^{11}}{8,32 \cdot 10^7 \cdot 8,2} = 4.750^{\circ}$$

o sea unos 5.000°.

Para este valor de la temperatura, la ley de Wien nos conduce a una longitud de onda de la radiación principal  $\lambda_m = 0,577$  micrones, algo análoga a la de la cromósfera solar. Sin embargo, en nuestro caso, refiriéndonos al espectro del hidrógeno, se trata de una luz entre azul y roja preferentemente. Dicha luz se propagará si el medio lo permite, pero sufrirá reflexiones, refracciones y dispersiones a través de los estratos esféricos. Su velocidad no será la que generalmente consideramos de 300.000 kilómetros por segundo, sino este valor dividido por el índice de refracción de la materia. Si dichos estratos fuesen opacos, claro es que la luz sería rápidamente absorbida, pero aunque pudiera transmitirse a través de elementos transparentes, llegaría a perderse por la multiplicación de los fenómenos antedichos, y terminará convirtiéndose en calor. Para darse idea de este efecto térmico se supone, como es sabido, que la energía que los electrones transmiten a los átomos con que chocan, es la causa del calor, y así se explica la relación que existe entre la conductibilidad calorífica y la eléctrica.

Podemos, por consiguiente, considerar al núcleo de nuestro planeta como un minúsculo sol prisionero en su envoltura.

#### OBSERVACIONES FINALES

No existiendo unanimidad entre los sismólogos acerca de las zonas de discontinuidad, hemos considerado las más generalizadas. Tampoco terminaremos sin decir que las observaciones de miss Lehmann el año 1935 le sugirieron la hipótesis de que dentro del núcleo que hemos considerado debe existir otro central, hipótesis que robustecieron Gutenberg y Richter en 1938 con la aportación de nuevos datos. Jeffreys, desde entonces, aplicando la teoría de Airy sobre la difracción, llega en su última obra a la deducción de que a una distancia de  $0,40 r_n$ , la velocidad de las ondas P disminuye rápidamente y mantiene un gradiente negativo, hasta un nivel de  $0,36 r_n$ , aproximadamente, mostrándose el borde del núcleo central a dicho último nivel. La introducción de este punto de vista en mi teoría es sencillísimo y en nada la altera, pero no debe efectuarse hasta que sea admitido por la mayoría de los sismólogos, por comprobación más eficiente de la hipótesis.

Finalmente; nos permitimos someter a la consideración del lector la circunstancia de que algunas teorías sismológicas llegan a densidades para el núcleo, que son inadmisibles. Para una densidad media nuclear superior a 10,11 es fácil demostrar, con sólo realizar el cálculo, que la presión en el centro debida, exclusivamente al núcleo, es superior a la de la Tierra entera. Es una *reductio ad absurdum*. Habría que admitir una presión negativa del núcleo sobre la envoltura, y esto tampoco es posible.

VII

RESUMEN DE LOS VALORES OBTENIDOS

*Para la Tierra estelar*

Radio estelar ... ..	10.070 kilómetros.
Radio del núcleo... ..	5.480 »
Aceleración de la gravedad... ..	3,92 metros/seg <sup>2</sup> .
Temperatura en el centro ... ..	5.000 grados.
Densidad en el centro ... ..	2,54 gr./cm <sup>3</sup> .
Densidad media de la corona esférica ... ..	1,225 »
Densidad media del núcleo. ... ..	2,31 »
Densidad en la periferia del núcleo... ..	2,08 »
Densidad media de la estrella (hipótesis) ... ..	1,4 »
Masa de la estrella ... ..	5,974.10 <sup>27</sup> gramos.
Masa del núcleo estelar. ... ..	1,593.10 <sup>27</sup> »
Masa de la corona esférica. ... ..	4,381.10 <sup>27</sup> »
Presión de radiación. ... ..	1,59 dinas. cm <sup>2</sup> .
Presión en el centro. ... ..	280.000 atmósferas.

*Para la Tierra actual*

Radio del núcleo ... ..	3.470 kilómetros.
Profundidad del núcleo... ..	2.900 »
Temperatura en el centro ... ..	8.000 grados.
Temperatura en la periferia nuclear... ..	5.000 »
Densidad en el centro ... ..	10 gr./cm <sup>3</sup> .
Densidad media de la corona esférica ... ..	4,83 »
Densidad media del núcleo. ... ..	9,12 »
Densidad en la periferia del núcleo... ..	8,2 »
Masa del núcleo... ..	1,593.10 <sup>27</sup> .
Masa de la corona esférica. ... ..	4,381.10 <sup>27</sup> .
Aceleración de la gravedad en la periferia del núcleo ... ..	875 metros/seg <sup>2</sup> .
Presión de radiación en el centro. ... ..	10,38 dinas. cm <sup>2</sup> .
Presión de radiación en la periferia nuclear ... ..	1,59 »
Presión en el centro. ... ..	1.760.000 atmósferas.

BIBLIOGRAFIA

Se halla incluida en el texto.

Nuevo interruptor doble de precisión para compensaciones en el método eléctrico de corriente continua, con potenciómetro de oposición

POR

JOAQUIN BORREGO GONZALEZ

JOAQUIN BORREGO GONZALEZ

## NUEVO INTERRUPTOR DOBLE DE PRECISION PARA COMPENSACIONES EN EL METODO ELEC- TRICO DE CORRIENTE CONTINUA, CON POTEN- CIOMETRO DE OPOSICION

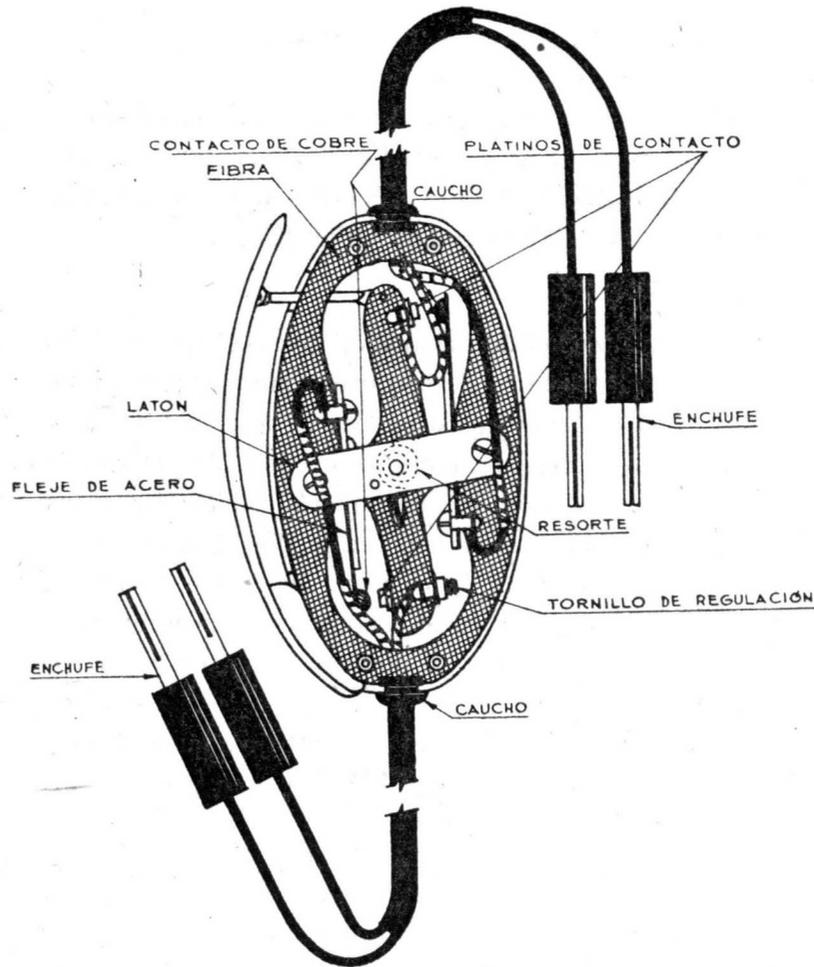
En la realización de trabajos de investigación geofísica por el método eléctrico de corriente continua, para ejecución de sondeos eléctricos o perfiles de resistividades aparentes, hemos utilizado durante varios años de trabajos de campo, diversos tipos de interruptores dobles. En todos ellos se tropezaba hasta ahora con la dificultad de lograr una regulación perfecta del contacto simultáneo de los dos cierres del circuito, lo cual es condición indispensable para una buena compensación y, por tanto, una medición correcta.

Además, a consecuencia del duro trabajo a que se hallan sometidos, se desreglaban con facilidad y en poco tiempo solían quedar inservibles.

La misión que han de cumplir es la de cerrar al mismo tiempo el circuito de campo, que produce entre las piquetas de cobre de la base una diferencia de potencial, y el circuito del potenciómetro que nos da la tensión igual y contraria a la que crea el campo eléctrico, a fin de que, puestas ambas tensiones en oposición sobre el galvanómetro, se pueda conseguir la inmovilidad en el cero del mismo y entonces hacer la medida de esta diferencia de potencial en

el milivoltímetro de que va provisto el variómetro de resistividades.

Para dotar a la Sección de Geofísica del Instituto Geo-



lógico y Minero de España de un interruptor que resolviese las dificultades, pensé hace tiempo en construir un aparato que reuniese las condiciones de precisión, regulación y manejabilidad, y al mismo tiempo que fuese sencillo y robusto.

Después de varias tentativas y ensayos, he construído el que ahora presento en esta nota, que ya ha sido utilizado por mí, con éxito, en algunas prospecciones reales y que por haber sido probada su eficacia no tengo inconveniente en proponer su construcción para los equipos eléctricos de la citada Sección.

Con este aparato de reducidas dimensiones es posible operar con una sola mano con poquísimos esfuerzos y se consigue con facilidad el control de la corriente de campo, disponiendo de la otra mano para la manipulación de los reostatos de compensación del variómetro.

La sencillez de su manejo da la posibilidad de realizar las compensaciones con un mínimo de tiempo de establecimiento de la corriente, lo que tiene por resultado una economía de baterías secas, alargando su duración, ya que con tiempos muy cortos se logra la compensación deseada, dejando inmóvil el galvanómetro.

Por la robustez, dentro de su tamaño, puede soportar el trabajo duro que ha de realizar, ya que son cientos de veces que ha de actuar para cerrar los circuitos durante la ejecución de un sondeo hasta obtener la seguridad de las medidas obtenidas.

Por estas razones se logran compensaciones rápidas y perfectas. Este último requisito es indispensable para la garantía de las medidas tomadas en el campo. También se logra una economía de tiempo y con ello aumento del rendimiento del operador. Si además se tiene bien organizado el movimiento de las piquetas, se consigue disminuir mucho la fatiga del que ha de hacer el trabajo de observación.

Se ha tenido cuidado de evitar los rebotes en los contactos que están unidos continuamente, mientras dure la presión ejercida por la palanca, ya que se han montado

sobre flejes de acero que actúan a modo de ballestas cuando son presionados por los platinos antagonistas, los cuales se mueven por la presión de la mano sobre la palanca de maniobra.

La fuerza del resorte garantiza una rotura rápida de los contactos cuando la presión deja de ejercerse.

Su regulación se consigue en un solo sitio mediante un tornillo pequeño. La operación puede realizarse observando el encendido de dos lámparas cuyos circuitos se cierran con cada uno de los lados del interruptor doble, hasta conseguir la instantaneidad del encendido. Por otra parte, la velocidad circunferencial de los contactos móviles, que es grande cuando se oprime la palanca con rapidez, aumenta la precisión de la simultaneidad de ambos contactos.

En el dibujo que se adjunta, y ha sido tomado del prototipo construido, para que se aprecien con claridad todos sus elementos, se puede ver la disposición interna del interruptor.

Este pequeño aparato puede también servir para el método sísmico de refracción utilizándolo para cerrar por un lado el circuito de la explosión y por otro dar la señal de radio que indica el momento de encendido del detonador que produce la voladura de la carga de dinamita.

Presenta en este aspecto la seguridad de que puede ser intercalado en el circuito de la pega unos instantes antes de efectuarla, evitándose con ello cualquier maniobra imprudente que pudiera hacer estallar la dinamita antes de tiempo.

El prototipo ha sido construido por el mecánico don Miguel Alabau, y quiero expresarle en estas líneas mi agradecimiento por el entusiasmo con que acogió la idea y la fiel interpretación del proyecto.

Madrid, julio de 1951.

## Una excursión a los campos petrolíferos de Schoonebeek en Holanda

POR

JOSE CANTOS FIGUEROLA

JOSE CANTOS FIGUEROLA

Ingeniero de Minas

## UNA EXCURSION A LOS CAMPOS PETROLIFEROS DE SCHOONEBEEK EN HOLANDA

### GENERALIDADES

No pretendo con este pequeño artículo hacer una descripción de los campos petrolíferos de Schoonebeek, sino únicamente trasladar al papel la impresión que me produjo la breve visita realizada en junio pasado, con motivo del III Congreso Mundial del Petróleo, complementada con los datos tan amablemente suministrados por el personal técnico de la N. V. Nederlandse Aardolie Maatschappij.

Lo primero que llama la atención al visitante de aquel yacimiento, tan recientemente descubierto, es la magnífica instalación de oficinas, almacenes, dependencias y la colonia de confortables casas con jardín para el personal técnico y obrero, así como su correspondiente campo de recreo y deportes.

Pero mayor sorpresa todavía nos produce el campo en sí, pues esperando ver el tan conocido horizonte de grandes torres de sondeo, que cambian totalmente la fisonomía del paisaje, como es el caso del vecino campo alemán de Emlichheim, nos encontramos ante un campo verde y cui-

dado, en el que apenas nada estorba su belleza. Y es que en éste han tenido especial esmero, aprovechando, naturalmente, el que las circunstancias técnicas lo permitían; en cuanto se termina un pozo, realizado con un tren de sondeo, portátil, se instala la bomba, que se rodea de un pequeño jardín; se empotran las tuberías y cables bajo la hierba, y no vuelve a llamar la atención el lugar hasta que no le corresponde hacer la limpieza periódica del tubo de la perforación, cuya operación se realiza también con el mismo tren, que vuelve al lugar para cumplir tal misión.

#### GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA

Topográficamente, el terreno es absolutamente llano, y, geológicamente, formado por sedimentos arenosos-arcillosos y depósitos de turba, recubriendo totalmente los horizontes Cretáceos y Jurásicos descubiertos por sondeos mecánicos, con motivo de las modernas prospecciones de petróleo.

En 1923 no se conocía en toda Holanda manifestación petrolífera alguna. Pero en aquel año, en busca de capas de carbón, en las cercanías del pueblo de Corle, dió un sondeo unos 100 litros de petróleo, procedente de los estratos permianos y carboníferos. A pesar de ello, hasta 1930 no se empezó a prestar cierta atención a este problema, y, en 1935, una Sociedad holandesa, filial de la Royal Dutch, inició su primer estudio gravimétrico con el péndulo Holweck, y como consecuencia del resultado obtenido se hizo un sondeo en 1937, al oeste de Coeverden, que no llegó a alcanzar a la capa hoy productiva. Sin embargo, se prosiguieron lentamente las investigaciones, aunque

temporalmente suspendidas al empezar la Gran Guerra, hasta que en enero de 1944 un sondeo puso de manifiesto la estructura de Schoonebeek, al alcanzar a los 850 metros un horizonte sabuloso del tramo Valanginiense, con una producción inicial de 36 m.<sup>3</sup> de petróleo por día. Esta capa ha sido el gran descubrimiento de Holanda. Por los conocimientos que se tienen hasta la fecha, su potencia varía entre 9 y 40 metros.

Es también de interés, hacer resaltar que en un terreno absolutamente llano como éste, y recubierto por el cuaternario, el importante descubrimiento se debe totalmente al empleo de los métodos geofísicos. El desarrollo de estas investigaciones ha sido próximamente el siguiente, según los datos que tan generosamente nos proporcionó la misma Sociedad:

De 1935 a 1939: 370 estaciones de péndulo Holweck y 420 de gravímetro Thyssen.

Durante la Guerra Mundial:

9.505 estaciones de Thyssen y Graf.

8.498 estaciones de Balanza de torsión.

301 estaciones de Magnetómetro.

1.420 kilómetros de líneas sísmicas de refracción.

85 kilómetros de líneas sísmicas de reflexión.

Desde 1946 hasta la fecha:

9.091 estaciones de gravímetro.

696 estaciones de Balanza de torsión.

4.920 kilómetros de líneas sísmicas de reflexión.

Nada de sísmico de refracción.

### LA ESTRUCTURA PETROLÍFERA

El yacimiento constituye un anticlinal de dirección E. O., cuyo eje sigue, aproximadamente, la línea de frontera con Alemania, formando el campo germano de Emlichheim el flanco Sur de la misma estructura (véase el croquis).

Esta se halla cortada por varias fallas, tanto transversales como longitudinales. Del flanco Sur de la misma estructura producen actualmente los alemanes 140.000 toneladas métricas. Como curiosidad añadiré que la producción total de la Alemana Occidental (Baja Sajonia y Emsland, Schleswig - Holstein, Hamburg y Baden) llega hoy a 1.260.000 toneladas al año, y al terminar la guerra su producción carecía de importancia.

### PRODUCCIÓN

En enero de 1951 se hallaban en producción en Schoonebeek 113 pozos de los 123 realizados en total en la zona.

La producción media inicial resulta de 35 m.<sup>3</sup> diarios, y la máxima de un solo pozo 99 m.<sup>3</sup>.

Como ya hemos dicho, el petróleo no tiene apenas presión y debe ser bombeado hasta la superficie.

Las bombas empleadas son Thomassen, del tipo de balancín, accionadas por motores eléctricos cuya fuerza varía de 10 a 35 HP. Su cuerpo de bomba es de pistón hasta de cuatro pulgadas de diámetro, con válvulas de bola de acero y con capacidad hasta 120 m.<sup>3</sup> por día. La producción actual es de 2.240 m.<sup>3</sup> diarios de bruto limpio, o sea unas 730.000 toneladas métricas al año.

### TRATAMIENTO INICIAL

El producto bruto es de mucha densidad (0,905) y gran proporción de parafina (7,5 por 100), lo que obliga a calentarlo hasta 70° C. para su transporte. Aun así hay que lavar periódicamente las conducciones con vapor de agua. Otro inconveniente del yacimiento es que el crudo sale con una proporción de agua salada, parte emulsionada, que llega caso a ser del 50 por 100 del total extraído. El tratamiento a que es sometido es el siguiente: Del pozo pasa directamente a un gran depósito de una de las instalaciones auxiliares repartidas por el campo. En este depósito se produce la primera separación, por decantación. El crudo, que ya no lleva más que el agua emulsionada, pasa a unas calderas que lo calientan a 70°, empleando como combustible el poco gas que produce el yacimiento y que se separa del petróleo a raíz de la primera decantación. Como aún conserva bastante salinidad, se vuelve a lavar el crudo con agua dulce, pasándolo por unos depósitos de deshidratación, desde donde es trasladado por tubería a presión a unos tanques de 45 toneladas métricas, que lo transportan por f. c. a la refinería de Pernis, perteneciente a la Sociedad.

En la última deshidratación de la emulsión se emplean ciertas sustancias químicas y el paso de una corriente alterna de 16.000 voltios.

Esto es, en líneas generales, lo que hemos visto durante nuestra visita.

El bruto que sale en tanques con destino a la refinería, no contiene más que 1 por 100 de agua y 100 gramos de sal por m.<sup>3</sup>.

Otro gran problema que han tenido que afrontar ha

sido la evacuación de más de 1.000 m.<sup>3</sup> diarios de agua salada, que hubiese producido graves daños a la agricultura, no encontrando más solución que volverla totalmente al yacimiento.

Para ello existen en la actualidad seis pozos de evacuación, que cortan a la capa del Valanginiense a un nivel bajo del yacimiento (entre 900 y 950 metros), adonde se introduce a presión el agua salada procedente del petróleo, con lo que, además, se compensa la pérdida de presión del criadero.

#### MÉTODO DE EXPLOTACIÓN

En el campo funcionan actualmente sólo dos sondas portátiles: la que vimos nosotros es americana, marca Ideco, de 1.200 metros de profundidad, con dos motores de gas-oil.

La instalación del tren se hace en un solo día. La perforación hasta la capa productiva (800 a 850 metros) en cuatro días, y en diez días más, se realiza la testificación geofísica, pues nunca se extrae testigo mecánico, el entubado y el montaje de la correspondiente bomba Thomasen, y tuberías de transporte a la estación separadora del agua salada. De donde resulta que en un plazo de quince días disponen de un nuevo pozo productivo de unos 35 m.<sup>3</sup> de petróleo.

#### OTRAS IMPRESIONES DURANTE LA MISMA EXCURSIÓN

Aunque nada tenga que ver con el petróleo, creo un deber de agradecimiento a nuestros colegas holandeses dar cuenta de lo que con tanto interés nos enseñaron durante el

primer día de excursión, pues se trata de una obra colosal de sus técnicos, que les honra en extremo.

Me refiero a la visita de la presa que ha convertido en lago Ijssel al Zuidersee, ensenada del mar del Norte, y en maravillosas zonas de cultivo, situadas a un nivel medio de cuatro a cinco metros bajo el del mar, a extensas superficies que antes le pertenecían. A ellos no les impresiona demasiado, teniendo en cuenta que desde hace varios siglos (empezaron sus conquistas de tierra por el año 1200) han conquistado al mar más de 450.000 hectáreas y han desecado más de 150.000 hectáreas de lagos. Aunque es de suponer que gran parte de esta superficie era de tierras secas en marea baja. Pero aquí se ha transformado una extensión de mar de cerca de 400.000 hectáreas en un lago de agua dulce, y después se han convertido extensas superficies de ese lago (de 20.000 hectáreas la del Wieringer Polder, visitada) en magníficas tierras de cultivo.

La presa principal del Zuidersee, principio y base de la obra, tiene 30 kilómetros de longitud y unos 90 metros de anchura, llegando a veces a más de 18 metros de profundidad. Pasa por encima una gran autopista, y tiene dos grandes compuertas para la entrada y salida de los barcos desde el mar al actual lago Ijssel, de agua dulce. Para dar mayor categoría a tan colosal aventura, sin duda la mayor obra técnica del siglo, añadiré que la mayor parte de la piedra empleada en su construcción ha sido producto de importación de Bélgica y Alemania.

En el año 1932 se consiguió su cierre en impresionante lucha con la corriente. En abril de 1945, al final de la gran contienda, el ejército enemigo voló la presa interior por motivos de guerra. Pero seis meses después, la presa es-

taba reconstruída y el campo seco, aunque con todos los pueblos y casas de labor totalmente destruídos.

Hoy vuelve a ser la zona un paraíso agrícola con todos los pueblos en pie, y con sus casas nuevas rodeadas de tulipanes.

Para el obligado desagüe continuo del Wieringer Polder, se emplean dos instalaciones de bombas con capacidad para cerca de 1.000 m.<sup>3</sup> por minuto. Los nuevos Polder en construcción son el North East, de 50.000 hectáreas. Y los Western, Eastern y Southern Polder, de más de 60.000 hectáreas cada uno.

#### NOVEDADES DIVERSAS RECOGIDAS DURANTE EL CONGRESO

Entre las varias noticias que surgieron, unas de las propias discusiones en las Secciones y otras a consecuencia de conversaciones tenidas entre distintas personalidades, miembros del Congreso, citemos las siguientes:

Que el pozo productivo de petróleo más profundo del mundo se encuentra en California, donde la capa se halla cortada a los 15.550 pies (4.711 metros) de profundidad, puesto en explotación en abril de 1950.

Que una casa perforadora ha batido el récord de velocidad, perforando 1.400 metros en siete horas treinta minutos.

Que nuestros vecinos de Aquitania han cortado agua salada a los 3.600 metros de profundidad, con una presión de 600 kilogramos por cm.<sup>2</sup>. El lugar se encuentra al E. de Soumoulou (cerca de Pau), que da nombre a la estructura descubierta por métodos geofísicos y que tiene como dimensiones 20 kilómetros de longitud por cinco o seis ki-

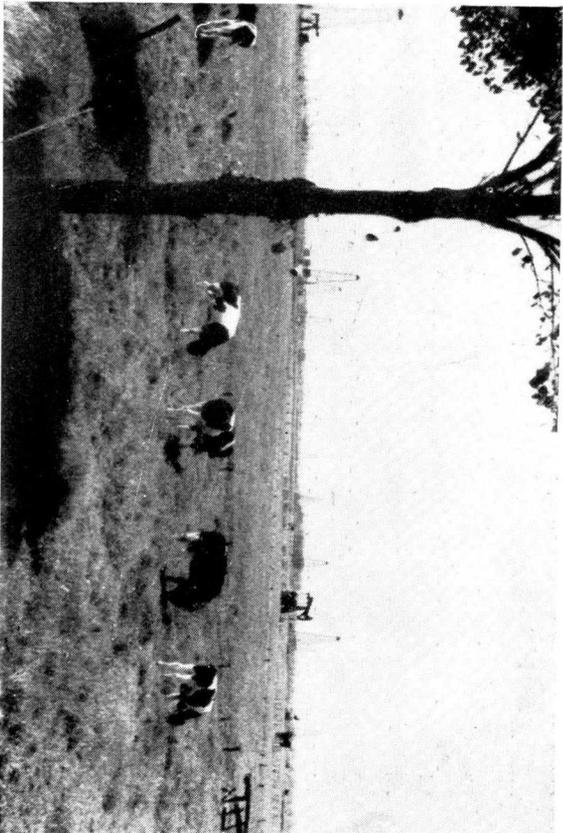
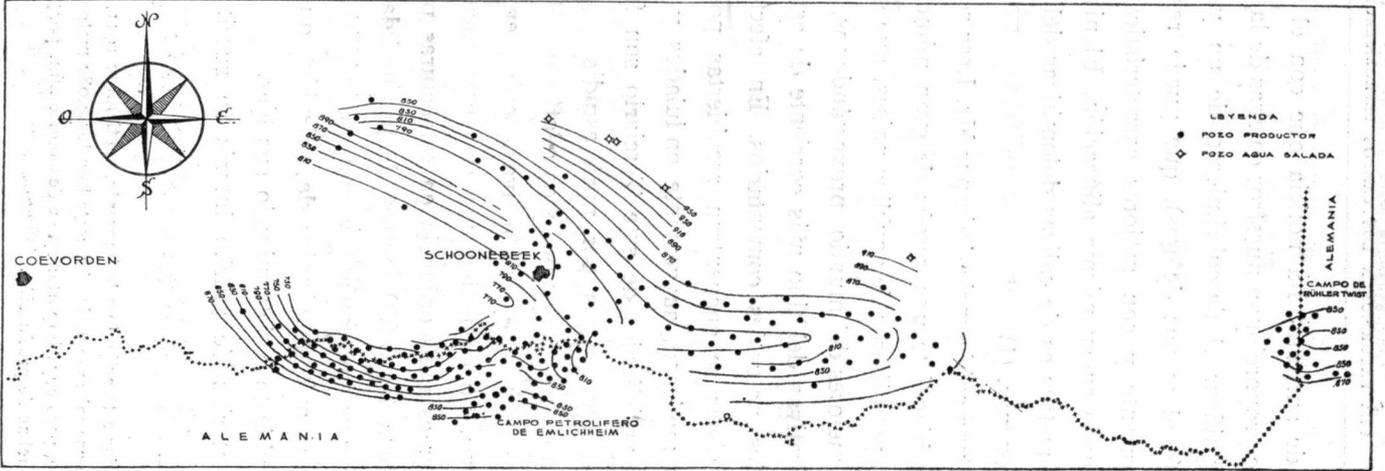
lómetros de anchura. La noticia que con el natural optimismo me proporcionan nuestros colegas de la S. N. P. A., parece significar el descubrimiento de un yacimiento de petróleo (o al menos de gas), que puede resultar mucho más importante y con mejores características que el de Lacq, situado en su misma alineación. El nivel cortado a los 3.600 metros es de calizas dolomíticas del Cenomanense o Turonense. (1)

Sobre una conferencia dada por Mr. Lees sobre el Oriente Medio, hizo éste una reseña de gran número de los yacimientos petrolíferos de aquellos países, que se encuentran entre los mejores del mundo, proyectándonos, además, placas explicativas del tipo más corriente de estructura, suscitando los naturales comentarios. En efecto, la mayor parte de éstas se encuentran recubiertas por tramos del Terciario moderno, suavemente ondulados y no petrolíferos. Los anticlinales de este Terciario son fácilmente localizables, unas veces por puro estudio geológico, pero más corrientemente por métodos geofísicos. Pues bien, los ejes de las estructuras productivas, ocultas en general bajo el Mioceno, no coinciden con esta estratificación, y para comprobar esta discordancia en estructuras profundas que llegan hasta los 3.000 metros de profundidad, apenas es aplicable económicamente y con probabilidades de éxito más que el método sísmico de reflexión, que es como se han descubierto o determinado sus ejes.

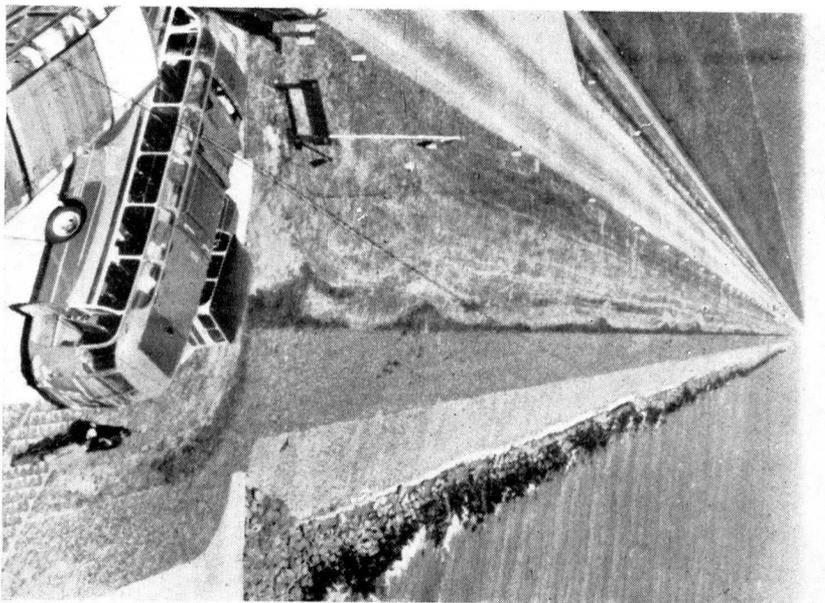
Comentarios de mucho interés se suscitaron también

(1) Al dar este artículo a la imprenta, septiembre 1951, nos llega la noticia de que ese mismo sondeo ha cortado a los 4.082 metros una nueva capa con petróleo, pero cuya importancia se desconoce aún, por no haberse realizado las pruebas de producción.

CAMPO PETROLIFERO DE SCHOONEBEEK



Schoonebeek. Un aspecto del campo petrolifero.

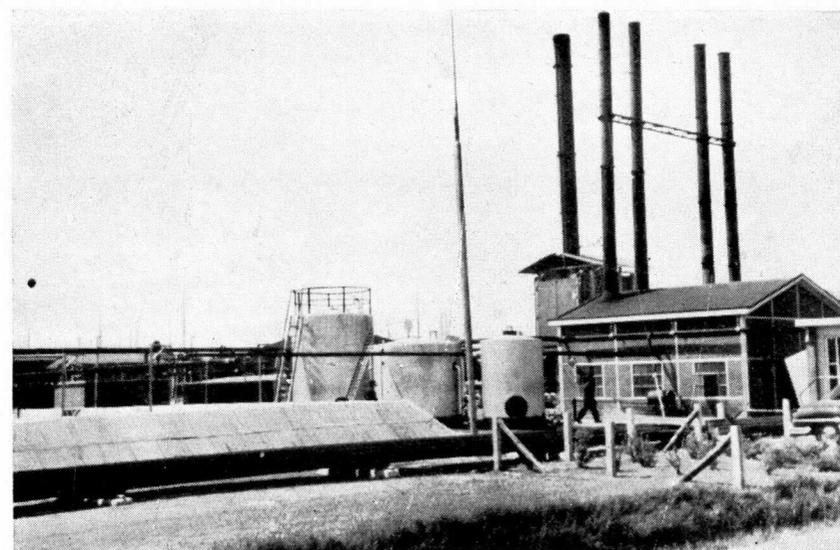


La Gran Presa, de 30 kms. de longitud, sobre el Zuidersee.





Schoonebeek. Instalación de lavado y deshidratación del petróleo.



Schoonebeek. Instalación y calentamiento y depuración del petróleo

durante la conferencia de Mr. Levy sobre los nuevos yacimientos de petróleo del Marruecos francés. Se trata de las estructuras de Oued Beth, que si bien su producción no es aun de importancia, suponen que están en el buen camino y avanzando ante los mejores auspicios.

El yacimiento se encuentra en el techo del Paleozoico, o más bien en su contacto con el Terciario, aunque a este petróleo se le supone procedente de bancos del Secundario.

El comentario principal fué que el método sísmico de reflexión había fracasado en este caso particular por encontrarse las capas del Paleozoico casi verticales. Esto había sugerido la vuelta al sísmico de refracción, aplicado ahora con éxito en la Zona, después de varios años de casi total abandono.

Claro está, que este caso particular no dice nada en cuanto a la comparación de ambos métodos y sí es significativo, el que actualmente, más del 90 por 100 de la actividad bajo diversos aspectos, del método sísmico en el campo del petróleo, se realiza por el procedimiento de reflexión.

Madrid, septiembre de 1951.

*Kotschubeita* de la Sierra de la Capelada  
Cabo Ortegá.—Galicia (España)

POR

GABRIEL MARTIN CARDOSO e ISIDRO PARGA-PONDAL

GABRIEL MARTIN CARDOSO e ISIDRO PARGA-PONDAL

*KOTSCHUBEITA*  
DE LA SIERRA DE LA CAPELADA  
CABO ORTEGAL.—GALICIA (ESPAÑA)

Es la Sierra de la Capelada un promontorio avanzado del norte de Galicia, que se extiende entre las rías de Ce-deira y de Ortigueira y que, continuándose por las cum-bres del Limo y Gargacido, termina en el cabo Ortegal, hundiéndose rápidamente en el mar por la punta e islotes de Los Aguillones. La altitud máxima en la Garita de la Herbeira es de 615 metros.

El geólogo encuentra aquí una región atractiva como pocas para la observación y el estudio. Está integrada por una importante formación de rocas cristalinas muy básicas que, formando dos núcleos eruptivos, el Limo y la Her-beira, se hallan rodeadas de una zona de intenso metamor-fismo constituída principalmente por anfibolitas granatí-feras y gneis cordieríticos con abundante esfena. Esta ca-tazona se halla separada de la faja oriental de micacitas y gneis micáceos por una importante masa de eclogitas de grano y estructura muy variados, que corre de norte a sur desde la punta de los Aguillones, mostrando un espesor medio de cerca de dos kilómetros y una longitud de más de veinte.

El batolito está formado esencialmente por piroxenitas cromíferas, las cuales son actualmente objeto de investigación por nuestra parte. Al recorrer la comarca en

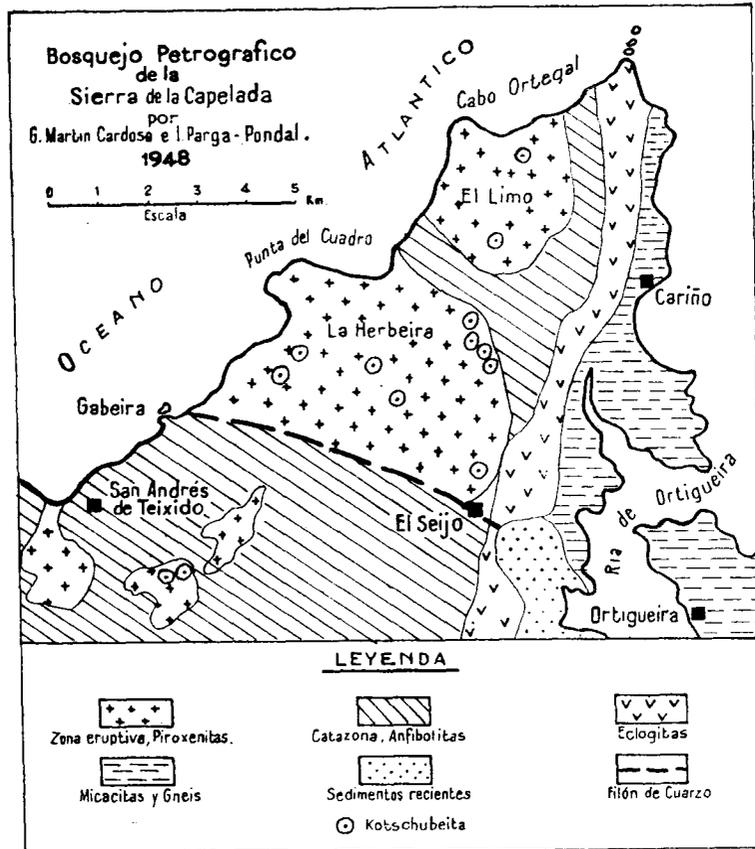


Fig. 1.

el estudio que de ella estamos haciendo, hemos encontrado en varios puntos una clorita cromífera en láminas de tamaño variable, verdosas, que por su abundancia y belleza de los cristales, creemos de interés darlas a conocer, adelantando esta nota que entresacamos del traba-

jo sobre la petrografía de dicha región, que más tarde se publicará.

La figura 1 representa un bosquejo en el que adelantamos nuestras investigaciones sobre la petrografía de la región; en él se señalan los lugares de aparición de la Kotschubeita, la cual se presenta exclusivamente dentro de los macizos eruptivos.

El ingente macizo de piroxenitas que alcanza una extensión de más de 25 kilómetros cuadrados por la parte alta de la Sierra de la Capelada, procede de un magma cuyo contenido originario en  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  oscila entre 1 y 2 por 100 (1), el cual en gran parte ha quedado segregado en forma de cromopicotita, que al serpentinizarse y disgregarse por alteración la roca, queda acumulada en arenas por el eluvión extendido superficialmente sobre el batolito. Pero otra parte ha sido recogida en la molécula de las cloritas producidas, como las serpentinas, por la alteración de las piroxenitas, dando lugar al mineral que es objeto de este estudio.

*Yacimientos de la Kotschubeita.*—Aparece esta clorita difundida por toda la extensión del plutonito, aunque de preferencia hacia los bordes donde las litoclasas son más abundantes y la transformación en serpentinas es también mayor. Forma nidos lenticulares o vetas generalmente integradas por láminas pequeñas de 1 a 10  $\text{cm}^2$  de superficie, las mayores y más homogéneas y transparentes, en el centro; más pequeñas, flexuosas, de aspecto fibroso o astillado hasta escamoso, en el centro, perdiendo la transparencia y tomando un brillo plateado. Pero hay dos puntos

(1) Véase la primera cita de la presencia de cromo en los magmas de Galicia en el trabajo: I. PARGA-PONDAL: *Datos para la geoquímica de los magmas gallegos*. (An. Soc. Esp. Fis.-Quim. T. XXVIII, 1930, p. 488).

en que han aparecido ejemplares magníficos: uno al S. W. a unos 200 metros del vértice geodésico del Limo, donde están las ruinas de una antigua casa-vigía y otro lugar a unos tres kilómetros al S. E. de la punta de El Cuadro en el mismo centro del batolito. Los ejemplares extraídos de las bolsadas encontradas en ambos lugares son transparentes, de un hermoso color verde, límpidos totalmente en unas láminas, en otras algo alterados en los bordes, y tienen dimensiones hasta de 200 cm<sup>2</sup>. constituyendo muestras de gran belleza (fig. 2).

*Morfología y propiedades ópticas.*—En las láminas se acusan perfectamente las estrías de exfoliación que permiten orientarlas, apareciendo algunos cristales sueltos con su contorno pseudoexagonal imperfecto. El color, por transparencia, va del verde botella oscuro al gris verdoso claro, dependiendo principalmente del espesor. Sólo en algunos ejemplares aparece un viso algo violáceo o rosado por reflexión. El brillo plateado es frecuente en los bordes y en los ejemplares flexuosos. Este exterior aspecto da la impresión, que el análisis químico confirmó después, de que no se trata de las cloritas ricas en cromo, que siempre ofrecen el color violeta.

Para el estudio óptico se examinaron 17 muestras variadas procedentes de distintos puntos. Todas ellas son ópticamente positivas  $\rho < v$  y claramente biáxicas, oscilando el ángulo 2E de 22 a 28°, medido con platina universal. El policróismo es apenas determinable en el verde grisáceo. Sólo es posible dar una birrefringencia media = 0,0115 (con luz de sodio y compensador de Berek). Densidad = 2,699.

*Análisis químico y conclusiones.*—Para el análisis se utilizó muestra homogénea, limpia y seca; triturándola lo

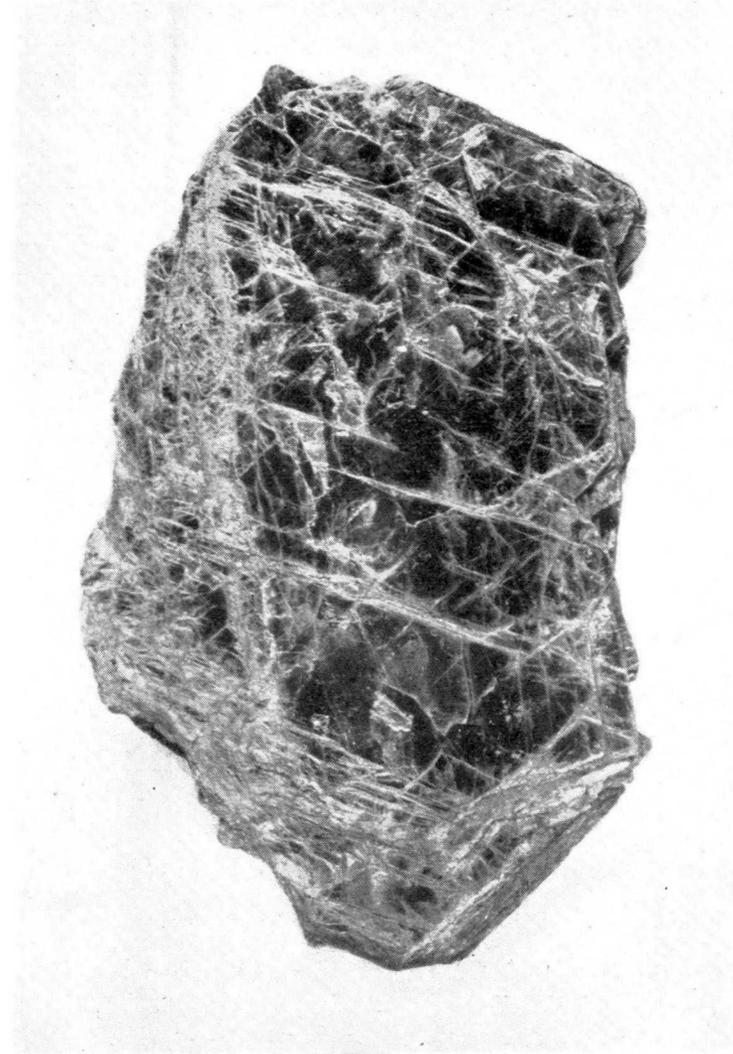


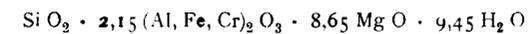
Fig. 2. — Muestra de *Kolschubeyta* procedente del pico de El Limo, en la Sierra de la Capelada (tamaño natural).



mejor posible a pesar de las dificultades que ofrece por su flexibilidad y plasticidad. Los resultados son los siguientes :

	o/o en peso	prop. molecular	
Si O <sub>2</sub> .....	28,03	0,4667	$\frac{\text{Si O}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 2,34$
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	17,24	0,1652	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	3,51	0,0220	$\frac{\text{Cr}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 0,081$
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	1,88	0,0124	
Fe O.....	2,69	0,0377	
Mn O.....	0,03	0,0005	
Mg O.....	31,09	0,7710	
H <sub>2</sub> O.....	15,90	0,8829	(Análisis I, Parga-Pondal).
	100,37		

Partiendo de esos numeros moleculares se llega a la fórmula siguiente :



que se aproxima bastante a la composición de la Kämmererita de Newcastle (California) (2), excepto en la proporción del agua (téngase en cuenta que la clorita que analizamos estaba seca).

Como es sabido, la variabilidad de caracteres ópticos de las cloritas y la dificultad de establecer con precisión las especies, mientras no se establezca de una manera que no deje lugar a dudas, la estructura cristalina en relación con la proporción de las moléculas de Mg (OH)<sub>2</sub>, Al (OH)<sub>3</sub> hemos decidido, basándonos en los datos que anteceden y

(2) SHANNON EARL V. Proceedings of the U. S. National Museum, vol. 58, 1921, págs. 371-379.

siguiendo la clasificación de Orcel (3), incluir la de la Sierra de la Capelada entre las Kotschubeitas, cloritas cromíferas con pequeña proporción de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , lo que explica que el color del mineral sea verde con sólo ligera tonalidad violácea.

Julio de 1948.

---

(3) J. Orcel.—Recherches pour la composition chimique des chlorites. Paris 1927, pág. 328.

Notas referentes al 3.<sup>er</sup> Congreso de Estratigrafía  
y Geología carboníferas de Heerlen (Países Bajos)

POR

A. DE ALVARADO  
Ingeniero de Minas

A. DE ALVARADO

NOTAS REFERENTES AL 3.<sup>er</sup> CONGRESO DE  
ESTRATIGRAFIA Y GEOLOGIA CARBONIFERAS  
DE HEERLEN (PAISES BAJOS)

Organizado este Congreso con anticipación suficiente, de unos dos años, y habiéndose dado la debida publicidad entre los centros técnicos y científicos de múltiples países, sus sesiones tuvieron lugar durante la última semana del pasado junio, siendo cumplimentadas por varias excursiones, a través de Holanda, durante los primeros días de julio.

Su comité organizador estaba integrado por los doctores W. J. Jongmans y A. A. Thiadens, como Presidentes, el Dr. S. Van der Heide, secretario, más los Vocales señores Kimpe, Dijkstra, Van der Waals y Ancion, lográndose la asistencia de numerosos notables geólogos representando a 19 diferentes países de varias partes del mundo.

Como Delegados españoles concurrieron los señores P. H. Sampelayo, B. Meléndez, J. Muñoz Amor, señorita J. Menéndez y el que suscribe estas notas, teniendo el honor de representar a este Instituto Geológico Mineiro; asistieron también las señoras de Alvarado y Meléndez.

Entre las representaciones de diferentes naciones fueron singularmente numerosas la neerlandesa, cual era ló-

gico, y sobre todo la alemana, en que figuraban varios célebres geólogos y especialistas en estudios del carbón, estratigrafía carbonífera, etc., presentando múltiples trabajos interesantes sobre los diversos temas del Congreso. Singularmente brillantes eran también las representaciones de Francia, Gran Bretaña y U. S. de Norteamérica, que aportaron igualmente trabajos científicos de notorio interés.

No siendo posible asistir y captar el sentido de todas las comunicaciones y discusiones desarrolladas, en tres idiomas que conocemos y en más de una sala, nos limitaremos a extractar varias de las que juzgamos más interesantes, así como el resultado de las propuestas y discusión sobre el tema, nuevas divisiones del Carbonífero de Europa, presentado como principal.

El profesor W. Gothan, célebre tratadista, desarrolló en alemán su comunicación referente a algunas peculiaridades geográficas de las plantas en las capas hulleras de Europa Central. Hizo notar la diferencia entre el grupo de «Lyginopteris» que se presenta en Alta Silesia, Donetz y Asia Menor, donde en capas parálicas abunda «L. hoenninghausi» que falta en Baja Silesia, mientras el grupo integrado por «L. divaricata», «L. Linki», etc., se halla muy extendido. Se han determinado inclusiones de flora silesiana en lechos del Asia Menor que se consideraban límnicos y entre los cuales hállanse muchos estratos marinos. La especie «Lonchopteris rugosa» está allí muy extendida, pero, falta hacia occidente en la mayoría de las capas inglesas y totalmente en los Appalaches norteamericanos.

Mgr. G. Delepine, ilustre rector de la Universidad Católica de Lille expuso, en francés, sobre el tema «Niveles

marinos del Carbonífero en los bordes de la Cubeta Mesogena y su comparación con los de cuencas hulleras del N. W. de Europa», tesis que para nosotros resultan de interés evidente. Establece relación entre la subsidencia que al borde N. del Mesogéa y a lo largo de los Pirineos tuvo lugar en época carbonífera y la formación de la Cuenca hullera Asturiana, donde las condiciones marinas prevalecieron más tiempo que en las zonas europeas sitas más al noroeste.

Recurrencias marinas procedentes del Mediterráneo de aquella época, más extenso, formaron techos marinos, con «fusulinas» y permitieron el acceso de faunas con muchos géneros y especies de «braquiopodos» moscovienses, haciendo contraste con la pobreza de las faunas marinas del Westfaliense y la total ausencia de «fusulinas» en el N. W. de Europa. Análogos fenómenos se observan en el borde de la Mesogéa, en las cuencas hulleras norteamericanas de Djerada y Kenadsa. Llega así el autor a establecer un paralelismo entre los niveles marinos de estas dos cuencas y marca las diferencias de facies que entre una y otra han sido por él observadas.

El distinguido especialista Williams, J. S., geólogo jefe y representante del U. S. A. Geological Survey, desarrolló brevemente, en inglés, comunicación sobre rocas del Paleozoico superior en los Estados Unidos. Como resumen de sus estudios hizo la propuesta de que el Congreso aceptara para Europa la división en sistemas Mississipiense y Pensylvaniense. Tal propuesta fué origen de amplia discusión que resumiremos al final de estas notas.

Th. Robertson, Subdirector del Geological Survey, de Gran Bretaña, presentó personalmente comunicación referente a «Control por las plantas de la sedimentación rítmica

ca». Se defiende en ella la tesis de que la vegetación de pantanos no limita su influencia en la sucesión sedimentaria de los «Coal Measures» a aquella parte de la unidad rítmica en que se presenta ahora carbón.

Se revisan en este interesante estudio los varios factores que rigen la formación de una serie de estratos que incluyen capas de carbón y se considera el crecimiento de las plantas como factor dominante en ciertas condiciones que ocurrían frecuentemente durante los tiempos en que los «Coal Measures», o series típicas con capas de carbón, se sedimentaron.

H. P. Gúthorl, de la Escuela de Minas del Sarre, presentó, redactada en alemán, una notable comunicación sobre significación estratigráfica de los *Conglomerados* y *Arcillas* en el Carbonífero del Saar-Lothringen.

Reséñanse en este trabajo las características de los diferentes *bancos arcillosos*, su variable potencia, desde algunos centímetros hasta 1,40 metros; nótese sus coloraciones, contenido de  $Al_2O_3$ , se hace observar que el muro y techo de los bancos arcillosos es generalmente *carbonoso* o, a veces, muro *carbonoso* y techo *pizarreño* o de *arenisca fina*, mientras en los tramos estériles, o sea, sin carbón, no se presentan bancos *arcillosos*. Se han observado también bancos arcillosos en las comarcas carboníferas de Alta y Baja Silesia, Bohemia, Sajonia, Rhin-Westfalia, Francia central, Gran Bretaña, etc., siendo no sólo de edad carbonífera, sino también permiana y mesozoica y resulta lógico suponer, según el autor, que estos *bancos arcillosos* tengan *relación genética con el carbón*.

En el interior de Westfaliense los *conglomerados* de la cuenca del Sarre Lorena alcanzan un 8 a 10 por 100 de los 2.300 metros de potencia total de sus estratos; mien-

tras los estratos de St. Ingberter, que son los más profundos y no encierran bancos de carbón, presentan 17 por 100 de conglomerados, la parte alta del Westfal D, en Falkenberg, llegan a 70 por 100 y disminuyen los conglomerados en los 1.700 metros del Estefaniense. En general son de poca significación como «horizontes guías», pero hay excepciones como el potente banco de *cantos rojizos* de Heiligenwalder.

El destacado geólogo neerlandés J. J. Dijkstra desarrolló en inglés la tesis de atribuir a los *megasporos* valor estratigráfico para correlación de horizontes en una cuenca carbonífera y para la comparación de dos cuencas carboníferas. Se citaron ejemplos observados en Turquía, Holanda y Polonia y se hizo resaltar la significación de los megasporos para determinación del carbonífero recubierto por estratos cretáceos, y, por último, se pretende que mediante «horizontalización», o detallada determinación de horizontes, pueden identificarse desconocidas capas de carbón con otras capas bien conocidas.

Por el ilustre paleobotánico R. Potonié, del servicio geológico alemán, fué expuesta interesante teoría referente a Significación de los Sporomorfos. Según dicho especialista, la gran frecuencia de los *microesporos* les hace muy apropiados para trabajos de fina estratigrafía, aunque hizo notar que los trabajos de sus alumnos en Alemania habían sido difíciles últimamente por haberse perdido muchos originales y ser preciso poner en marcha una completa revisión y descripción de tipos. Como dirección nueva se abre el camino de llegar por Diagnósis de los Sporomorfos a la historia diferenciada de las asociaciones, o Soziogenesis. En su estudio del Geisel Tal se distinguen formas subautóctonas y alóctonas, señalándose diferentes

asociaciones, dependientes de las características de los carbones.

H. R. Teichmüller, conocido especialista del servicio geológico alemán, presentó comunicación referente a *Metamorfosis del Carbón de Piedra*, en la cual se indica que el más importante origen de la carbonización geoquímica es el calentamiento sufrido, durante largo tiempo, al hundirse los materiales carbonosos en grandes profundidades de nuestra corteza de la Tierra.

En el carbonífero del Ruhr se ha observado que la carbonización total estaba esencialmente terminada antes del principal período de fallas y fracturas y lo mismo se ha observado, recientemente, en la zona de Aachen, cuyo borde Sur muestra las más viejas capas de hulla relativamente poco metamorfizadas, salvo cuando han sido cabalgadas por el macizo arrastrado de Stavelot. Asimismo, los carbones del Devoniano inferior de Münsterreifel, muy deformados por microtectónica, sólo han llegado al estado de carbones de gas, y en ellos Thomson ha encontrado, por primera vez, flora infra-devoniana. El metamorfismo y carbonización muy avanzados sólo están ligados a las zonas de fallas y fracturas cuando éstas derivan de grandes hundimientos.

El notable geólogo francés, P. Corsin, en su trabajo sobre *Límites entre Westfaliense y Estafaniense y flora del Westfaliense D y Estafaniense A*, hace referencia a anteriores estudios del Segundo Congreso de Heerlen, a los del Prof. P. Bertrand y a los del Prof. P. Pruvost, sobre el mismo tema. Expone para terminar un análisis de los descubrimientos realizados en Francia sobre este asunto en los veinte últimos años, con síntesis de hechos conseguidos.

Mr. L. Guillaume, distinguido ingeniero geólogo francés, presentó interesante comunicación referente a reconocimiento de nueva cuenca hullera descubierta por los sondeos profundos del B. R. G. G. en la región de Lons le Saulnier (Jura).

Estas perforaciones fueron iniciadas en 1941 por el Bureau de Recherches Geologiques et Geophysiques. Bajo terrenos estériles cuyo espesor, por mayor potencia del Permiano, pasa de 800 metros al S. a 1.250 metros al N; el Hullero ha sido cortado con espesores de 85 a 380 metros y llega a tener en Perrigny diez metros de hulla, de los que 8,50 metros corresponden a cuatro capas principales. Parece que los sondeos están situados transversalmente en la cuenca cuya anchura excedería de 10 kilómetros en este caso.

A juzgar por su flora, se trata de estratos correspondientes al Estefaniense con hullas de buena calidad, pocas cenizas, 23 a 30 por 100 de volátiles e indicios de hinchazón y poder aglutinante favorables a su coquización. El reconocimiento de la cuenca se proseguirá con dos nuevos sondeos que se proyectaba iniciar seguidamente.

El notable geólogo neerlandés, D. W. van Krevelen, al desarrollar, en inglés, su trabajo sobre *Algunos aspectos de la génesis y estructura de carbones*, establece un diagrama que ilustra la relación atómica H/C en función de la relación atómica O/C. Indica que la génesis de la *Vitrinita* puede tener lugar por dos caminos: primero, por una completa dispersión coloidal, produciendo un «gel» sin estructura y también por vía «xylita», con la composición elemental de la «lignina», produciendo una *vitritina* con estructura semejante a las maderas.

Supone el conferenciante que la formación de sistemas

aromáticos en la estructura química del carbón no tiene lugar hasta haber alcanzado la fase bituminosa. Considera los «fusenos» como formas intermedias entre la *vitritina* y la *fusinita* macerada que, según Seyler, parece tener composición elemental constante. Estima asimismo, que la sustancia inicial de donde se origina la *exinita* macerada está probablemente compuesta de *lignina* y *alcohol de cera*; la composición elemental de la *exinita* está situada en la línea que conecta «ceras» y «vitritinas».

El autor de estas notas, A. de Alvarado Medina, delegado de este Instituto, al resumir, en francés, su comunicación acerca de *Límites Estratigráficos del Carbonífero del N. W. de León*, tras una descripción en extremo concisa de los varios sectores que integran el Carbonífero de El Bierzo, establece que, por su *flora* bastante abundante en areniscas y pizarras, de techo y muro de las capas carboníferas, la formación debe situarse en Westfaliense C, Westfaliense D y Estefaniense.

Después de reseñar sucintamente los sectores que encierran antracitas hizo somera descripción de la rica cuenca de Villablino, donde, a más de algunas antracitas en Lumajo, los grupos María, Órallo, Calderón y otros explotan buenas capas de *carbones semigrasos* y hasta algunos *carbones bituminosos*, en parte coquizables. Indicamos también las características químicas de estos combustibles y con una enumeración de la *fauna limnica* y *fósiles vegetales* hallados en múltiples parajes de los haces productivos llegamos a admitir edad estefaniense de esta formación.

Al ensayar de aplicar la división del Carbonífero en los dos sistemas, o subsistemas, Missisipiense y Pennsylvaniense, admitidos en Norteamérica, a nuestras cuencas

hulleras septentrionales, vemos que en Asturias la situación de las capas de carbón llamadas «Generalas», bajo el grueso *banco de pudinga*, que sirve de «horizonte guía», y argumentos paleontológicos, han justificado su atribución al Namuriense, mientras en los Estados Unidos el Missisipiense clásico, llegando hasta el techo del grupo Chester, no encierra capas de carbón. En cuanto a las cuencas del NW. de León la flora recogida permite situar sus capas en los subpisos Westfaliense C, Westfaliense D y en el Estefaniense, no presentándose entre el tramo productivo calizas marinas; según es sabido, en los subpisos superiores del Pennsylvaniense norteamericano, Conemaugh y Monongahela, singularmente al E. de Ohio, cuenca de los Appalaches, abundan, entre las *capas de carbón, pizarras y areniscas*, repetidos horizontes de *calizas marinas*.

Llegamos así a establecer la conclusión de que, a nuestro juicio, para la cuenca de Asturias, más apropiada que la división norteamericana es la clásica europea, con las subdivisiones que en 1935 se establecieron en Heerlen, y que para la cuenca carbonera del Bierzo o NW. de León, es aún menos admisible la división en Missisipiense y Pennsylvaniense. Tuvimos la fortuna de que tal tesis fuera defendida, para la generalidad de las cuencas europeas, por gran mayoría de los más destacados geólogos alemanes, franceses e ingleses.

#### PROPUESTAS, DEBATES Y CONCLUSIONES SOBRE DIVISIONES DEL SISTEMA CARBONÍFERO

El tema de variar las divisiones principales admitidas, hasta ahora, para el sistema Carbonífero, la consideración de éste como unidad o separado en dos sistemas estrati-

gráficos y la adopción para Europa de la nomenclatura norteamericana fueron uno de los objetivos esenciales de este Congreso, según se había anunciado en las circulares preparatorias.

*Primera Ponencia holandesa.*—Esta propuesta inicial, destinada a tratar de armonizar la disparidad de muy calificadas opiniones expuestas sobre dicho tema, abarcaba los puntos siguientes:

1. El Carbonífero es una unidad que puede ser clasificada como Sistema.

Esta unidad comprende dos partes: superior e inferior.

La parte superior es el *Pennsylvaniense*.

La parte inferior es el *Mississippiense*.

Estos pueden ser clasificados como Subsistemas.

Como base para *subdivisión general en Europa* se tomaría la división en:

A) *Pennsylvaniense*:

Estefaniense C, B, A.

Westfaliense D, C, B, A.

Namuriense C, B, A.

B) *Mississippiense*: B, A.

Pero en los U. S. A., el límite Mississippiense-Pennsylvaniense se coloca al techo del grupo Chester y no puede ser en Europa exactamente correlacionado.

2. Como el Carbonífero es una unidad, no podemos separarlo del Autuniense en Europa y del Dunkard en Norteamérica, y por ello debe aquél ser colocado en la cumbre del total Sistema:

*Pennsylvaniense*:

Autuniense.

Estefaniense C, B, A.

Westfaliense D, C, B, A.

Namuriense C, B, A.

*Mississippiense*: B, A.

3. Aunque todos convengamos en que *nuestros límites son artificiales* debemos tener cierto número de subdivisiones. Localmente, ellas pueden ser delimitadas por *interrupciones, discordancias, etc.*

4. Tablas o cuadros, cual el publicado por Pruvost y Jongmans para el Carbonífero continental del W. de Europa, deben ser hechos para cada cuenca y contener típicas plantas y típicos animales de *lechos guías*. La sucesión de éstos se deduce de condiciones locales y estos cuadros pueden ser correlacionados.

Se deduce que, en cada cuenca y en cada subdivisión, *floras y faunas típicas* deben ser estudiadas al detalle y deben ser tomadas como representantes típicos. Otras floras y faunas pueden ser clasificadas como más altas o más bajas, pero todas deben ser relacionadas con puntos de referencia definidos.

#### CUESTIONES ADICIONALES

5. El límite entre Namuriense y Mississippiense es de transición y comprende como flora y fauna, por ejemplo, la de Gulpen, en Limburg, y la de Boudour, en Bélgica.

6. El límite entre Mississippiense y Devoniano es de transición y comprende, como flora, la de «Lepidodendropsis» tal como ésta es conocida en Perú, Pocono, Alemania, Donetz, Egipto.

7. Existe una diferencia entre el Estefaniense francés y el americano por la presencia en éste de un cierto nú-

mero de especies Westfalienses que faltan en el Estefaniense francés típico.

Las capas o estratos de Heiligenwalder, en la cuenca del Saar, les da Malière y Rive de Gier y los de Stangalpe en Austria son de transición entre el típico Estefaniense (C, B) y el Westfaliense D.

#### DEBATES EN MESA REDONDA

Con el fin de discutir amigablemente el tema, juzgado básico, de la «División Estratigráfica General, especialmente del Carbonífero en Europa», y tratar de llegar a un acuerdo, se celebraron con el nombre de «Round Table Conferences» dos sesiones nocturnas, exponiéndose entre otras tesis las siguientes:

Los profesores W. J. Jongmans y S. van der Heide insistieron en los argumentos de la comunicación presentada por el primero de ellos, en unión del también famoso especialista profesor P. Pruvost, a la Société Geologique de France, e inserto en el tomo XX, 3.<sup>a</sup> serie, 1950, de su *Boletín*.

En ella se propone la unión del Autuniense al Carbonífero y se hace notar que las múltiples divisiones definidas sobre cortes locales y llevando nombres ya sean locales, ya litológicos, son prácticamente inutilizables para la estratigrafía comparada y dificultan la lectura de trabajos referentes a cuencas hulleras. Indícase también que tales divisiones están justificadas por corresponder al análisis estratigráfico preciso de una sucesión de capas en una región dada. Desde el punto de vista minero es muy deseable que se trate, ante todo, en un yacimiento particular, de establecer divisiones que den cuenta de la naturaleza y

posición respectiva de los haces de capas o de las series estériles, designándolos por nombres locales.

Sin embargo, es muy interesante que, una vez hecho este análisis y establecida la escala regional, sea posible incorporar sus resultados en un cuadro general estratigráfico. Indican dichos profesores que, como resultado de sus opiniones y consultados varios especialistas, deben incluirse en el Carbonífero superior o Pennsylvaniense los pisos Namuriense, Westfaliense, Estefaniense y Autuniense. Con las subdivisiones en tramos que, al citar la primera proposición holandesa, dejamos consignados. En apoyo de su tesis citan múltiples argumentos, cual los siguientes:

Para la adopción del Namuriense, separándolo del Westfaliense propiamente dicho, aducen que está aquel piso bien caracterizado, tanto en Europa como en el Norte de Africa, por su fauna de Goniátites, por su flora, así como por su facies francamente marina y ha seducido a muchos geólogos porque esta época namuriense coincide en Europa Occidental con el fin de la colocación de *granitos intrusivos* en la cordillera de la Europa media.

En cuanto al Westfaliense, sabido es que hubo confusiones referentes a la extensión atribuible a su tramo D, y, para aclararlas, proponen Jongmans y Pruvost tomar como tipo los carbones de llama larga de la cuenca Sarre-Lorraine, o hilada de Houve, y referirle solamente las formaciones de otros yacimientos que presenten los mismos caracteres paleontológicos y geométricos, o sea colocados entre capas con flora del Westfaliense C y otros con flora del Estefaniense inferior.

Para el Estefaniense, el tipo fijado por Munier Chalmas y de Lapparent en la cuenca del Loire, se mantiene exactamente con las tres subdivisiones A, B, C, indica-

das por ellos, comprendiendo capas con floras que se suceden desde el lecho de Rive de Gier al de Bois d'Aveze inclusive, con el banco intermedio de Saint Etienne.

Refiriéndose al Pennsylvaniense estiman que para hacer aplicable una clasificación general a Europa Occidental, América del Norte, Africa del Norte y aun Asia Septentrional, es preciso comprender en un solo nombre el conjunto del Carbonífero superior. Aducen en apoyo de esta idea que, fuera de la Europa Central y Occidental, el fenómeno hullero se ha producido *sin interrupción* hasta fin del Carbonífero y aun en el Permiano inferior; por ello creen arbitrario partir en dos una serie generalmente continua.

Para tener esto en cuenta se hubiera podido extender hacia arriba el Westfaliense incorporándole todo el Estefaniense, pero esto hubiera alterado radicalmente la definición original de aquel piso. Por ello, proponen Jongmans y Pruvost admitir universalmente el nombre *Pennsylvaniense* para todo el Carbonífero continental superior al *Dinantiense*. Tal nombre fué sugerido por Williams, para Norteamérica, «as a geographic term to replace the descriptive term Coal Measures».

Admiten los defensores de esta idea que una dificultad se presenta al fijar límite inferior, ya que los geólogos norteamericanos no comprenden en el Carbonífero superior su grupo de Chester que para ellos es Missisipiense.

El ilustre profesor G. Delepine sostiene que la fauna marina de Chester contiene ya elementos namurienses, y en su estudio sobre «Correlaciones entre las divisiones del Carbonífero en los Estados Unidos y en el NW. de Europa» (C. R. Congres Soc. Sav. Lille, 1928), hizo ya notar

diferencias de límites que indican como poco aconsejable adoptar divisiones generales comunes.

Por su parte, el profesor W. Gothan, célebre especialista alemán, sostuvo reiteradamente las diferencias entre su Oberkarbon europeo y el Pennsylvaniense de Norteamérica, rechazando la idea de admitir esta última denominación para todos los estratos carboníferos superiores al Dinantiense y transfiriendo a éste la denominación de Missisipiense.

Al detallar Gothan la estructura y sucesión de capas en varias de las principales cuencas hulleras alemanas, señaló que en la del Rnhr la serie de capas hulleras establecida por Oberste-Brink-Bärtling comprende, de abajo arriba, carbones secos, semigrasos, grasos, de gas y de llama, cuya relación con horizontes marinos se halla bien establecida y cuya ley en materias volátiles parece ser creciente en las capas más jóvenes a diferencia de lo observado en los Appalaches y Pennsylvania, donde las antracitas se presentan principalmente en pequeñas cuencas aisladas.

Otras diferencias entre cuencas alemanas y norteamericanas es el gran desarrollo, sensiblemente mayor que en el Westfaliense superior y Estefaniense europeos, alcanzado por los horizontes de *caliza marina* en el grupo Monongahela, que es el de más fuertes *capas carboneras*, en las «cuencas bituminosas» de Pennsylvania y otras del E. norteamericano. También merece citarse, para hacer resaltar la dificultad de homologar subdivisiones y límites estratigráficos, que, si hacemos abstracción o prescindimos de las capas de carbón presentes en la serie productiva de West Virginia y de otras accesorias incluídas en el grupo de Pocono, las principales capas productivas

de los Alleghanys y otras cuencas hulleras de los Estados Unidos se depositaron más tarde que en Europa.

Los distinguidos geólogos ingleses Th. Robertson, L. R. Moore y J. Walton, así como otros varios caracterizados representantes de Alemania, Francia y Bélgica, entre los que destacaron notablemente las intervenciones de R. Potonié y L. Marlière, expusieron argumentos múltiples en contra de la pretendida *extensión a Europa de las divisiones estratigráficas establecidas en el carbonífero de los U. S. norteamericanos*.

Como final de los debates y opiniones emitidas, *sobre este tema*, se establecieron las siguientes

#### CONCLUSIONES RELATIVAS

##### A) *Introducción.*

Puestas a discusión las divisiones estratigráficas generales del Sistema Carbonífero, el III Congreso de Estratigrafía y Geología carboníferas, de Heerlen, 1951, decide la creación de un comité de redacción trilingüe, para ayudar al Presidente de la Mesa Redonda y al Secretario del Congreso a redactar el compendio de las opiniones emitidas a fin de provocar una resolución, del Congreso Geológico Internacional de Argel, sobre esta cuestión.

##### B) *Proposiciones.*

1. El Carbonífero es una unidad que debe subsistir como *Sistema*.

Este sistema comprende dos partes, superior e inferior, que deben ser clasificadas como *Subsistemas*.

2. Como no es actualmente posible redactar una correlación exacta de los límites de estas dos partes, no se

proponen nombres especiales para ellas y los designaremos carbonífero superior e inferior.

##### C) *Comentarios.*

El Congreso ha estudiado cuidadosamente la proposición de que el Sistema Carbonífero fuese reemplazado por dos sistemas separados llamados Missisipiense y Pennsylvaniense.

Los miembros europeos son, en su mayor parte, de opinión de clasificar al Carbonífero como un solo sistema, cual se ha hecho hasta ahora. Sin embargo, hay la convicción de que las subdivisiones Missisipiense y Pennsylvaniense, en Norteamérica, y las de Carbonífero inferior y carbonífero superior, en Europa, son aproximadamente equivalentes. Por esas razones este Congreso somete al XIX Congreso Internacional de Geología, Argelia, 1952, la recomendación de que quiera considerar el voto o deseo emitido de dar a estas divisiones el rango de *subsistemas*. Se sugiere que hasta ese momento los nombres usuales sean conservados en las regiones donde es habitual su empleo y que todo el mundo se esfuerce en realizar una nomenclatura uniforme que pueda ser adoptada para América del Norte y para Europa.

##### D) *Proposiciones accesorias.*

Antes de que sea posible una decisión en cuanto a la adición del Autuniense al Carbonífero, hacen falta aún muchos estudios detallados, lo que es también necesario para saber la posición exacta de las subdivisiones diferentes. Cuando se apliquen divisiones locales es necesario mencionar sus relaciones con la división general.

Sería extremadamente útil hacer cuadros estratigráficos que contengan las relaciones entre la flora y la fauna. Un ejemplo de tal cuadro se encuentra en la publicación de Jongmans y Pruvost, *Les subdivisions du Carbonifère continental*.

RESOLUCIONES DE LA CONFERENCIA DE MESA REDONDA SOBRE  
PETROGRAFÍA DEL CARBÓN.—HEERLEN, JUNIO 1951

1. Se declara que la nomenclatura establecida en la Conferencia de la Mesa Redonda del 11 de septiembre de 1935 no corresponde ya a las exigencias de hoy. A fin de poder introducir los resultados de las investigaciones recientes se ha llegado a un acuerdo sobre la extensión del sistema de la manera siguiente:

Se deberá distinguir entre «micrinita maciza» y «micrinita granulosa». Será preciso añadir «sclerotinita» como nuevo maceral que se parece a la «semi-fusinita».

2. Se declara que este sistema es siempre de orden cualitativo y que ciertos términos, como «vitritinita», «semi-fusinita» y también «micrinita», no son aún del todo definitivos.

3. Se declara que hay una urgente necesidad de establecer un sistema cuantitativo de clasificación y de análisis petrográfico y que uno de los medios más prometedores para llegar a establecer tal sistema sería la medida microscópica cuantitativa de la reflectividad, tal como propuesta por Seyler.

4. Se declara que parece haber una contradicción en los resultados de los datos sobre la reflectividad obtenidos por medio del fotómetro de Berek y los obtenidos por otros métodos. Resulta de ello que por el momento un sistema cuantitativo de clasificación no puede aun ser aceptado de

un modo general. Es esencial con este objeto que más investigadores estudien la reflectividad, tanto por medio del fotómetro de Berek como por medio del método fotoeléctrico, a fin de dar cuenta de los resultados contradictorios.

5. Es recomendado que un comité para nomenclatura petrográfica se reúna cada dos años.

CONFERENCIA DE MESA REDONDA: PALYNOLOGÍA

*Conclusiones:*

1. Los Megasporos, así como los Microesporos, deben ser considerados como «especies».

2. Estas especies pueden ser agrupadas en géneros y en familias.

*Recomendaciones:*

1. Que en cada nueva denominación de un espora sea indicado que se trata de un espora.

2. Los nombres de nuevas especies de esporos no deben implicar una relación entre el espora y una planta fósil o actual.

3. Que cuando sea posible se indique el número de especies sobre los cuales la descripción está basada.

4. Es deseable emplear en una misma memoria los mismos aumentos. Si posible fuese se tomará para los Megasporos un aumento de 50 diámetros y para los Microesporos de 250 diámetros. Sobre cada lámina es deseable una escala métrica.

5. Estas proposiciones deben ser llevadas a conocimiento de la Comisión Internacional de Nomenclatura, y los editores de publicaciones botánicas deben ser informados de la cuarta recomendación.

Madrid, septiembre 1951.

Notas informativas

*Nota informativa de la Hoja núm. 934 de Murcia.*

Este trabajo, debido a los Ingenieros de Minas D. Diego Templado Martínez y D. José Meseguer Pardo, comienza con un compendio de los estudios anteriores en el que se señalan las investigaciones ya realizadas sobre la geología de la región.

Sigue un documentado resumen geográfico del territorio, en el que figuran la orografía, hidrografía, clima, vegetación, cultivos, población y vías de comunicación. Este resumen sirve de introducción al estudio de la estratigrafía, que comprende las rocas ígneas y los sistemas Permiano, Triásico, Mioceno, Plioceno y Cuartario.

Las rocas ígneas son de dos categorías: una, diábasica, que corresponde a chimeneas de ascenso del magma a consecuencia de las presiones hercinianas y se localiza en el contacto o a través de las calizas triásicas; y otra, traquítica micácea que ha metamorfozeado y levantado el Helveciense circundante. Esta última se halla relacionada con las manifestaciones endógenas, coetáneas de la sierra de Cartagena, e islotes del Mar Menor.

Por primera vez se atribuyen al Permiano algunas pizarras, areniscas y cuarcitas que sirven de apoyo a los estratos triásicos. Este modo de ver, aunque falto de argumentos paleontológicos se fundamenta en razones estratigráficas y en la semejanza de las capas con algunos sedimentos de Marruecos bien cronologados.

El Triás bético se halla compuesto de conglomerados, areniscas y calizas dolomíticas que resaltan en los escarpados accidentados de la alineación orográfica Sierra del Puerto—Cresta del Gallo—Miravete, y se ven afectados por pliegues y corrimientos.

El Mioceno marino, transgresivo, consta de conglomerados de base, areniscas calizo-arcillosas, abundantes margas grises, con frecuencia yesíferas, molasas y niveles calizos. Forma una mancha al N. de la Sierra del Puerto y algunos retazos en la de Miravete, pero donde adquiere amplio desarrollo es al S. del cordón triásico en que forma elevaciones características de 100 a 200 metros de altitud. El espesor es considerable y culmina en la sierra de Columbares a la cota de 645 metros, que es la máxima de la Hoja. Al N. del Puerto de la Cadena inclinan las capas hasta 45° hacia el valle del Segura, en cambio, al Mediodía del propio Puerto, el buzamiento se verifica al S. con tendido de 15 a 20°. Algunas de las molasas superiores, deben de pertenecer al Saheliense.

En consideración a las características litológicas y a la disposición tectónica se incluye, por primera vez, en el Plioceno una formación de arcillas rojizas recubiertas por un banco calizo de 1 a 2 metros de potencia. Ocupan buena parte de la zona meridional del territorio e inclinan 10° al S. SE. Según se avanza al Mediodía, el sistema va perdiendo altura y llega a desaparecer bajo el Pleistoceno del Campo de Cartagena.

Desde el punto de vista tectónico, el territorio comprende dos fosas de hundimiento: una al NO., en la que se asienta la Huerta de Murcia, y otra, al Mediodía, que forma la gran llanura del Campo de Cartagena. Ambas depresiones están separadas por la arista Carrascoy, Puerto de la Cadena, Cresta del Gallo y Miravete, que constituye un anticlinal permotriásico o triásico bético, ligeramente disimétrico, cuyo flanco S. buza más suavemente que el septentrional.

El núcleo de dicho anticlinal es estrato-cristalino y se halla formado por pizarras y algunas calizas de facies arcaica, trastornadas por fallas y desplazamientos, probablemente de época variscica.

En discordancia sobre el Estrato-cristalino, descansan el Permiano y el Triás, también trastornados y rotos; superpuesto al último, se halla el Mioceno marino transgresivo y, por encima de éste, en el sector meridional, el Plioceno. Las capas terciarias deben de extenderse sin interrupción por ambos lados del anticlinal triásico, pero en la Huerta de Murcia y el Campo de Cartagena se ocultan bajo el Pleistoceno, que completa el relleno de ambas áreas de hundimiento.

La sismología del territorio se halla estrechamente relacionada con la geotectónica, pues las conmociones obedecen a rupturas del equilibrio de la litosfera en esta zona débil, cuyo antiguo desvencijamiento queda patente por las fallas que se observan.

La línea sismotectónica más notable es la falla del Guadalentín o Sangonera que, aunque de orientación longitudinal, respecto al eje del sistema Bético, ha sido originada por los paroxismos alpidicos. Esta fractura deja al Mediodía un macizo fragmentado en dos por la falla Murcia-Cartagena, que es la prolongación de la del Segura medio: uno, oriental o del Mar Menor, limitado a Levante por la falla Orihuela-Torre vieja, y otro, occidental, que termina al O. en la de Totana-Mazarrón. Ambos bloques llegan por el Mediodía, fuera de la Hoja, hasta la línea tectónica de La Unión, que establece la separación con el pequeño bloque costero de Cartagena.

La sismicidad de los referidos bloques no es muy grande. El del Mar Menor es casi estable; los focos sísmicos corresponden a un núcleo de media frecuencia y grado máximo V, cuya actividad se debe a la ligera tendencia epirogénica del bloque. Este epicentro se encuentra entre Alcantarilla, Espinardo y Murcia, y pertenece a la línea sismo tectónica del Segura Medio.

Respecto a aguas subterráneas, se observa el contraste de su rela-

tiva abundancia con la escasez de lluvias, cuya media anual es de 256,4 milímetros. Dichas aguas se manifiestan en manantiales en las partes altas de la sierra, y son de buena calidad, aunque de escaso caudal. Los terrenos de acarreo que se extienden al Norte y Sur contienen mantos de agua muy dura, que son explotados por pozos para regadíos, allí donde no llegan las acequias derivadas del Segura. Un tercer grupo de aguas subterráneas lo constituye el nivel artesiano del curso del expresado río, que es ascendente hasta 4 metros por bajo del suelo, en la capital, y surge unos dos kilómetros más, aguas abajo, donde hay perforados multitud de sondeos de unos 50 metros de profundidad y 200 milímetros de diámetro, que producen unos cuatro litros por segundo cada uno. Se cita un sondeo profundo practicado en la misma cuenca diluvial del Segura, a un kilómetro al Norte de Murcia, con el que a los 242 metros se ha alcanzado la base de la formación, constituida por calizas del Muschelkalk, cortándose 4 niveles acuíferos, ascendentes hasta muy cerca de la superficie, y con caudal total de 20 litros por segundo. El nivel más profundo, que es el más caudaloso, contiene 9,5 gramos de cloruro sódico por litro.

El territorio de la Hoja carece de yacimientos metalíferos de importancia industrial, ya que sólo se encuentran en diferentes parajes, algunas dolomías transformadas parcialmente en óxido de hierro, pequeños lechos de calamina, y filoncillos de malaquita y azurita, todos ellos desprovistos de valor. Se explotan diferentes sustancias pétreas: la diabasa, para el afirmado de las carreteras, y el yeso, las margas y las areniscas, como materiales de construcción. También se aprovechan los limos arcillosos del Guadalentín para la fabricación de tejas y ladrillos.

Termina la explicación con un capítulo dedicado a Agronomía, en el que se da cuenta sumaria de esta materia.—D. TEMPLADO y J. MESEGUER

#### *Nota informativa de la Hoja de Villarcayo.*

Está situada al Norte de la Provincia de Burgos, limitando con la de Santander, por el Oeste, con una reducida penetración de ésta en aquélla.

Son rasgos destacados de la tectónica de esta Hoja el terminar en ella los principales pliegues que arrancan en los montes Obarenes y, a su vez, limitan por el Norte las altas mesetas o Loras, formadas por suaves sinclinales en el Turonense y pisos superiores del Cretáceo. Otro rasgo es la definitiva salida hacia el Oeste del Cretáceo inferior por levantamiento paulatino y general hacia el macizo herciniano de Asturias, rejuvenecido en los movimientos alpinos, que son los que han configurado la región, muy principalmente el de fase sálica.

Tres son los grandes pliegues que en la dirección SE.NO. cruzan

esta Hoja, a saber: el que forma el anticlinal de Leva, el de Tesla, con su prolongación en Canales o San Cristóbal, y el de Zamanzas.

El primero es el más septentrional y nace en el de Tesla para terminar en un sistema de fallas, abriéndose, al propio tiempo, muy ampliamente hacia el O. y NO., tendiendo su rama Norte a unirse a la cordillera Cantábrica y la meridional al flanco Norte del de Zamanzas. En el gran cubeto formado por estas dos últimas ramas, termina periclinalmente el anticlinal de San Cristóbal o Canales, comprendido entre los otros dos y su eje sufre una inflexión que la separa del de Tesla; éste nace en los Obarenes, sufriendo otra inflexión más en Frias (Oña); llega y muere, como hemos dicho, en esta Hoja.

El de Zamanzas viene de la Hoja de Sedano, abriéndose hacia Oña con fallas y salida del Jurásico y se ramifica, falla y abre también al NO. de esta Hoja, con salida del Trias en la zona de Bezana. Sufre su eje varias inflexiones y fuerte cambio de dirección hacia el N., en el valle de Zamanzas. Los inclinables de Villarcayo, Manzanedo (rio Ebro), Valdiviedo y Haedo de Butrón-Tudanca se encuentran entre estos anticlinales o los limitan. Además se forman otros pliegues secundarios en el sinclinal de Haedo y al NO. del anticlinal de Zamanzas, ramificándolo en este rumbo.

Estratigráficamente, es esta Hoja bastante compleja. El piso más bajo en la escala geológica es el Trias que asoma brevemente con ofitas en la zona de Bezana. Falta, o están dudosamente representados el Liásico y Jurásico. El Cretáceo inferior es de facies Wealdense con la típica facies ibérica del Albense y con alguna breve representación del Aptense marino, que penetra por indentación en el valle de Zamanzas. El Cenomanense presenta dos facies: unas ibérica arenosa con Ostreas, y otra, de transición hacia la Cantábrica con Orbitolinas. Algo semejante le ocurre al Turonense inferior con aumento de espesor hacia el Norte, mientras el Coniacense margoso y calizo, el Santoniense, en sus composiciones caliza, margosa y arenosa, y el Campaniense calizo y margoso, conservan una composición constante en toda la Hoja. El Maestrichtiense es potente y muy variable, con cambios de facies marinas y continentales. Es de señalar en él, por ser caso quizás único en España, la presencia de las calizas Nankis al Norte del sinclinal de Villarcayo, reproducción de las de los Petis Pyrennés (Francia).

Señalamos también la presencia del Danés, escaso de potencia en los sinclinales de Villarcayo y Manzanedo, así como una característica facies garumnense en nivel que corresponde al maestrichtiense medio.

El eoceno está representado por el ypresiense en facies continental, con calizas magnesianas, areniscas y arcillas versicolores; por el luteiciense, con calizas de Alveolinas y Ostras, y por margas y areniscas costeras y, en fin, por el eoceno superior, de facies continental y solabre en su parte alta. Ocupa la zona oriental de la Hoja en los valles de

Villarcayo y Valdivieso y corona sus colinas del valle central de Manzanedo.

El Oligoceno tiene una pequeña representación en el valle de Valdivieso y, por fin, el cuaternario sólo está representado por terrazas y aluviones en las márgenes de los ríos Ebro y Nela.

Las zonas de fallas se hallan en los extremos NO. de los anticlinales de Zamanzas y de Leva y su dirección es la misma de los pliegues, en general, salvo algunas en el de Zamanzas, y una al N. de Soncillo, que son transversales al mismo. Aquéllas son, en general, de comprensión por rotura y hundimiento de los estratos meridionales a las mismas.

El relieve del terreno es muy acentuado, con profundos valles, barrancos, desfiladeros, hoces y grandes escarpes. Sólo el valle de Villarcayo es amplio y suave, y la Lora de Bricia tampoco presenta brusquedades.

Los valles son fértiles y rocosos y áridas las sierras, aunque el conjunto es pintoresco. Donde la avaricia e imprevisión del hombre no han puesto sus garras, quedan frondosos bosques, escasos testigos ya de la antigua riqueza forestal de la región.

El agua es abundante no sólo por cruzar la Hoja dos ríos—el Ebro y el Nela—, sino por las numerosas fuentes y arroyos que contiene. Es clima intermedio entre el seco de la meseta castellana y el húmedo de la cercana región cantábrica.

La miseria es nula y sólo los indicios petrolíferos que en ella se hallan y sus estructuras, aunque no muy extensas, dan algunas esperanzas para el porvenir.— R. SANZ.

#### *Nota informativa de la Hoja de Jaisquibel.*

Esta Hoja comprende un territorio de extensión muy pequeña y de composición geológica sencilla. No obstante, contiene datos de especial interés en cuanto a su fisiografía. En medio de ella se abre la Boca de la ría de Pasajes, puerto el más importante del litoral guipuzcoano, cuya historia evolutiva muestra curiosos episodios epirogénicos. La meteorización crea curiosas formas de disgregación de las rocas, que hacen de esta zona un buen ejemplar de tal clase de fenómenos.

En el capítulo de la historia de los conocimientos geológicos sobre la región, se destacan los trabajos de Stuard Menteath, a quien se debe la introducción del término «flysch» para los terrenos resbaladizos, tan típicos del litoral guipuzcoano, y de Lamare, quien publica el estudio más extenso que hasta ahora se ha hecho de la estratigrafía secundaria y terciaria de los Pirineos Vascos.

En el capítulo de Geografía Física se estudia nuevamente la especial

morfología del «flysch» y se dedica un apartado especial a la evolución geográfica de la ría de Pasajes.

En el capítulo dedicado a la Estratigrafía se anota que en ella se encuentran el danés, el paleoceno y el eoceno, todos en su facies marina. El danés lo constituyen las calizas rojas y blancas con raros *Ananchytes*, pero en cambio contiene bien manifiestas las microscópicas *Globotruncanas*.

En el paleoceno, incluimos una serie de capas de transición entre las calizas danesas y los maciños numulíticos. Esta serie de capas fue estudiada por el malogrado J. de Lapparent y Lamare, en el mapa geológico detallado de Francia, Hoja de Bayona (núm. 226), publicada en 1935, la separa también de los tramos más altos, típicamente numulíticos. Por nuestra parte, las denominamos tramo «Pysbe», por hallarse bien caracterizadas en la zona (ahora oculta en gran parte) comprendida por las instalaciones de esta Sociedad, en Pasajes de San Juan.

Sobre esta serie que, provisionalmente, incluimos en el paleoceno, sigue la serie final caracterizada por los potentes bancos de arenisca de cemento silíceo, o maciño, con escasos numulites.

En el capítulo Paleontología, lo más interesante es la presencia de pistas en los bancos duros de maciños numulíticos, tema ahora de interés especial que constituye objeto de estudio de la Paleocnología. La Boca de la ría de Pasajes, en su lado derecho, contiene curiosas muestras de estas pistas fósiles.

Como capítulo especial de esta Hoja, exponemos uno dedicado a «La meteorización de las rocas del flysch».

La tectónica es la típica de los «terrenos de cobertura» o mejor aún del «flysch». Los pliegues y repliegues de pequeño radio, que son reacciones secundarias de los grandes empujes orogénicos, se reconocen por distintos sitios de la Hoja, sobre todo en los cortes de las canteras y barrancos. Pero, en general, domina una inclinación uniforme de la masa de estratos, que con un rumbo E. O. buzan hacia el N., es decir, hacia el mar, con una pronunciada inclinación. Un curioso episodio lo muestra el fuerte repliegue de estratos verticales que se descubre entre la bahía de Illurguita y el fuerte de Mompás.

El régimen hidrológico de la región está impuesto por la potente masa de areniscas que aun en época de sequía asegura un caudal constante, aunque reducido, a las poblaciones que toman sus aguas de esta zona.

Otro capítulo especial, equivalente al de canteras y minería de otras Hojas, lo dedicamos al estudio de las rocas de los alrededores de Pasajes, utilizadas en las obras de su puerto, e insistimos en la importancia que tienen los macizos numulíticos que, precisamente, alcanzan una gran potencia a lo largo de la acantilada orilla, en donde se abre la Boca de la ría de Pasajes, sobre todo en la derecha.—JOAQUÍN MENDI-ZÁBAL y JOAQUÍN G. DE LLARENA.

*Nota informativa de la Hoja núm. 955 de Fuente Alamo de Murcia.*

Este trabajo, debido a los Ingenieros D. Diego Templado Martínez y D. José Meseguer Pardo, comienza con un compendio de los estudios anteriores, en el que se señalan las investigaciones ya realizadas sobre la geología de la región.

Sigue un documentado resumen geográfico del territorio, en el que figuran la orografía, hidrografía, clima, vegetación, cultivos, población y vías de comunicación. Este resumen sirve de introducción al estudio de la estratigrafía, que es extraordinariamente sencilla, pues no aparecen rocas ígneas y sólo están representados los sistemas Estrato-cristalino y Pleistoceno.

Se distingue fácilmente el primero por lo ríscoso e inculto de los lugares en que asoma, pues la resistencia de las rocas a la disgregación ha dado origen a accidentes orográficos, únicos del territorio, que resultan poco apropiados para la agricultura. Consta el Estrato-cristalino de micacitas, pizarras talcosas y sericíticas, en las que se intercalan bancos homogéneos de calizas cristalinas; estas rocas se hallan concordantes con las pizarras supra e infrayacentes y tienen el mismo origen que ellas, hasta el punto de apreciarse tránsitos de composición intermedia: calizas pizarreñas o pizarras calíferas. Todas las capas carecen de fósiles, pero los caracteres litológicos y la estrecha semejanza con las homólogas de la sierra de Cartagena inducen a atribuirles al piso superior del Estrato-cristalino. Sin duda, constituyen el substrato comarcal, pues los afloramientos existentes en la Hoja se hallan en innegable relación con los homotáxicos cartageneros, de los cuales constituyen la continuación bajo la espesa acumulación de sedimentos terciarios y pleistocenos que rellenan la depresión tectónica del Campo de Cartagena.

A causa de las reiteradas acciones diastóricas sufridas desde los tiempos primitivos, las capas Estrato-cristalinas ofrecen cambios de dirección y buzamiento e inclinaciones desiguales. Por otra parte, se hallan cruzadas por vetas de cuarzo lechoso, de 5 a 30 centímetros de espesor, tan abundantes en algunos lugares como el cabezo Blanco, que esta colina ha tomado nombre del color que le prestan los crestones cuarzosos.

El Pleistoceno, de facies continental, esencialmente detrítico, ocupa la casi totalidad de la superficie de la Hoja y determina mantos de bastante espesor que cubren por completo al terciario y completan con él el relleno de la depresión del Campo de Cartagena. Procede el sistema de la derrubiacón de los relieves que forman las estribaciones meridionales de las sierras de Carrascoy y el Puerto, cuyos detritus han sido arrastrados a nivel inferior para esparcirse en el amplio sinclinal que ocasionaron los movimientos alpidicos. Los depósitos están constituidos por arcillas dominantes, lechos de arena, gravas, conglomerados calizos y travertinos, y en las inmediaciones del Estrato-cristalino abundan los

fragmentos de caliza y pizarra, procedentes de la disgregación de aquellas capas.

El territorio de la Hoja se encuentra en la llanura del Campo de Cartagena, extensa zona de hundimiento, limitada al N. por las sierras de Carrascoy, El Puerto, Los Villares y Columbares, que la separan de la fosa tectónica de Murcia, y al S., por la de Cartagena, interpuesta entre el Campo y el litoral.

Al pie del Puerto y Columbares, las capas del Mioceno buzan al S. con inclinación de 15° a 20°, y recubiertas por el Plioceno, más al Mediodía, acaban por ocultarse bajo el Cuartario en el gran sinclinal relleno por dichas formaciones.

La sismología de la región está relacionada estrechamente con la geotectónica, pues las conmociones obedecen a rupturas del equilibrio de la litosfera en esta zona débil, cuyo antiguo desvencijamiento queda patente por las fallas que se observan.

La línea sismotectónica más notable en toda la comarca es la falla del Guadalentín o Sangonera, que es el accidente más destacado de la Península, después de la del Guadalquivir. Esta línea, aunque de orientación longitudinal, respecto al eje del sistema Bético, ha sido originada por los movimientos alpidicos y deja al Mediodía un macizo fragmentado en dos por la falla Murcia-Cartagena, que es prolongación de la del Segura medio: uno, oriental o del Mar Menor, limitado a Levante por la falla Orihuela-Torre Vieja, y otro, occidental, que termina al O., en la de Totana-Mazarrón. Ambos bloques llegan por el S. hasta la línea tectónica de La Unión, que establece la separación con el pequeño bloque costero de Cartagena.

La sismicidad de los referidos bloques no es muy grande; en el territorio de la Hoja sólo aparece un epicentro de poca frecuencia y grado máximo IV, entre Fuente Alamo y Torre Pacheco, el cual puede ser debido a la línea de dislocación Murcia-Cartagena. El bloque del Mar Menor, aunque es casi estable, sufre, desde luego, los procesos vibratorios derivados del hundimiento del inmediato bloque de Elche.

Las aguas subterráneas de la comarca son clasificadas en dos grupos: uno, el de las contenidas en el terreno diluvial, y otro, el de las que encierra el mioceno.

Las del primero son explotadas en la zona occidental, donde la pendiente del terreno se acentúa por largos socavones, y en el resto del territorio por pozos, que, primitivamente, eran de noria y hoy van siendo equipados con motores. Estos pozos se completan muchas veces con galerías en su fondo, por medio de las cuales se dreña el nivel alcanzado, o con taladros con los que se cortan niveles inferiores, muchas veces con presión suficiente para que las aguas suban hasta el pozo ordinario. Se calcula en un gasto continuo de 1.000 litros por segundo el caudal de agua subterránea explotado en el diluvial.

Las aguas del segundo grupo, o sean las contenidas en el mioceno,

son artesianas y están concentradas en una zona de unos 80 kilómetros cuadrados junto al Mar Menor. Aunque su existencia fué predicha por Ingenieros de Minas a mediados del siglo pasado, hasta 1921 no se hizo el primer sondeo, de 205 metros, que alumbró 5 litros por segundo de agua surgente, hasta 12 metros sobre el suelo. Después se han ejecutado muchos más, llegándose a alumbrar, a fines de 1943, unos 400 litros por segundo, caudal que después ha disminuído por inutilización de algunos de aquéllos. Las aguas se presentan en dos niveles principales: el superior, en una zona de areniscas y calizas, y el inferior, en otra de calizas fisuradas; zonas que se encuentran separadas por un tramo margoso impermeable. Las del primer nivel son frías y sólo ascendentes, y las del segundo, termales, surgentes y más caudalosas.

En el capítulo de Minería y Canteras se da cuenta de las manifestaciones ferríferas del territorio, de las que sólo han sido explotadas las del Cabezo Gordo y las del nombrado del Rey. Se trata de sustituciones metasomáticas de las calizas cristalinas, y los minerales preparados para la venta alcanzan un 52 por 100 de hierro en el primer paraje y sólo un 40 en el segundo, dedicándose estos últimos a su mezcla con otros de mayor ley, pero más impuros. También en el Cabezo Gordo se han practicado investigaciones sin resultado favorable sobre indicaciones de galena.

Respecto a canteras, se explotan en este Cabezo las calizas cristalinas para mampostería y sillería, y en otros parajes las pizarras de la misma edad para losados, además de las arcillas cuartarias para cerámica y los travertinos, igualmente modernos, para mampostería y obtención de cal.

Termina la explicación con un capítulo dedicado a Agronomía, en el que se da cuenta sumaria de esta materia.—D. TEMPLADO y J. MESEGUER.

*Nota informativa de la Hoja de Ayerbe, núm. 247.*

Comienza esta Memoria, de la que son autores los Ingenieros don Antonio Almela y D. José M.<sup>a</sup> Ríos, por un capítulo en el que se sitúa el área estudiada dentro de la región septentrional oscense, se esquematiza la geología y se citan los autores que han estudiado la región con anterioridad.

Se describe a continuación, y de manera esquemática, los rasgos geográficos más importantes, relacionando las sierras y valles, en especial la de Loarre, que es la más importante de la Hoja, con el sistema orográfico general y se describen los cursos de agua más importantes que surcan el territorio. En relación con la geografía humana, se da idea de la importancia de los núcleos de población, comunicaciones y riqueza agrícola y forestal.

El capítulo IV trata de la estratigrafía y en él se describen los te-

rrenos aflorantes: el triásico, compuesto de las margas del Keuper y calizas tableadas, fétidas superpuestas; neocretáceo con calizas de edad senonense y encima una formación garumnense típica; eoceno, compuesto aquí casi exclusivamente de calizas con nummulites y un pequeño retazo de margas; oligoceno de facies variadas, conglomerados en masa; areniscas y conglomerados y facies margosa, y por último, una curiosa formación de conglomerados que aparecen en la Peña del Sol, por encima de la cota 1.100, y que alcanza ya el mioceno. Termina el capítulo describiendo las distintas formaciones cuaternarias existentes.

En el capítulo dedicado a Tectónica se describe la disposición de los terrenos, tabular en casi toda el área ocupada por el oligoceno y, en cambio, de pliegues varios y violentos en la sierra de Loarre, a veces cabalgantes sobre el oligoceno, que va representados en una serie de catorce cortes en los que se desmenuza la complicada tectónica de detalle de la parte NE. de la Hoja.

El último capítulo se dedica a dar una breve idea de los escasos materiales aprovechables, que existen en la zona, yesos y calizas, y hacer un estudio de la disposición de los manantiales existentes, niveles permeables e impermeables y posibilidades de alumbramiento de aguas.

Termina esta explicación con una bibliografía en la que se reúnen los trabajos que más directamente afectan a la zona estudiada.—A. ALMELA y J. M. RÍOS.

#### *Nota informativa de la Hoja de Arganda.*

La superficie comprendida en esta Hoja está situada al SE. de la provincia de Madrid y limita al N. y S. por las de Alcalá de Henares y Chinchón y al O. por la de Getafe, todas ellas publicadas, y la última citada, estudiada y redactada por los mismos autores que la de Arganda.

La geología del territorio que comprende es sencilla y sólo encontramos representados los sistemas terciario y cuaternario.

Sin embargo, la falta de fósiles y los cambios laterales de facies, propios de las formaciones continentales, constituyen una gran dificultad para una clasificación indudable de sus tramos, lo que explica las diferencias de criterio, que se aprecian en los anteriores estudios.

Por este motivo, y siguiendo el camino trazado en la Hoja de Getafe, se recogen en el capítulo «Antecedentes y Rasgos Geológicos» la evolución de las ideas sobre el conjunto de la cuenca en cuanto se relaciona con los terrenos comprendidos en la superficie estudiada.

En síntesis, las formaciones terciarias de esta cuenca se componen de abajo a arriba de yesos y capas margosas y arcillosas verdes onduladas; tramo arcilloso (peñuela) con algún horizonte calizo y episodios de sepiolita y pedernal, al que corresponden los mamíferos fósiles encontrados en los alrededores de la capital y que han servido para clasificar como

mioceno el subsuelo de Madrid; tramo arcilloso-arenoso, con yesos y caliza en la parte alta, que enlaza con las calizas superiores. Hacia los bordes de la cuenca se produce una sustitución de facies y los depósitos fundamentalmente químicos que se acaban de enumerar se reemplazan por los detríticos.

Los tramos inferior y medio se incluyen en el vindoboniense y el superior en el pontiense.

El tramo inferior fué considerado en los estudios antiguos como mioceno. Posteriormente se atribuyó al oligoceno y así figura en las posteriores ediciones del Mapa Geológico de España.

Dentro del perímetro de la Hoja y ya hacia la parte central de la cuenca donde el espesor de las formaciones miocenas debe ser considerable, se ven en varios sitios, los yesos y margas yesosas que constituyen el tramo inferior, casi inmediatamente por debajo del pontiense y sin apreciar discordancias estratigráficas propiamente dichas, ya que no pueden estimarse como tales, las debidas a hundimientos por disolución de los yesos infrayacentes que son frecuentes en la región.

La Memoria consta de ocho capítulos y va ilustrada con fotografías del terreno y de fósiles del pontiense.—J. CASTELLS y S. DE LA CONCHA.

#### *Nota informativa de la Hoja núm. 696 de Burjasot (Valencia).*

Este trabajo, debido a los Ingenieros de Minas D. Diego Templado Martínez y D. José Meseguer Pardo, Vocales del Instituto, comienza con un compendio histórico de los estudios anteriores, para que pueda formarse idea de las investigaciones ya realizadas sobre la geología de la región.

Sigue un documentado resumen geográfico del territorio, en el que figuran la orografía, hidrografía, características climáticas, vegetación, cultivos, población y vías de comunicación. Este resumen, sirve de introducción al estudio de la Estratigrafía que, aparte de las rocas ígneas, comprende los sistemas Triásico, Mioceno y Cuaternario.

Las rocas hipogénicas quedan reducidas a dos pequeños asomos diabásicos entre las margas del Keuper del cerro de La Calderona, correspondiente a la sierra de Náquera. La diabasa, compacta, de color oscuro y textura ofítica, está compuesta de oligoclasa y augita, tan íntimamente mezcladas, que es difícil diferenciarlas a primera vista. Accesorariamente, aparecen la esfena y algunos gránulos de cuarzo y como elemento secundario se presenta la magnetita. La masa endógena ha ejercido cierta influencia sobre los sedimentos circundantes del Triásico superior, y a su aparición se debe el exomorfismo que ha modificado la composición de las margas del referido piso.

El sistema Triásico, que en otras épocas debió de constituir por sí

sólo toda la superficie de la Hoja, forma hoy, casi exclusivamente, el macizo de la sierra de Náquera, donde alcanza buen desarrollo y ofrece los tres pisos de la serie. Comprende el Buntsandstein, areniscas duras y micáferas, de color rojo, que se designan en el país con el nombre de *rodano*; tienen un espesor total de 300 metros, aproximadamente, y la disposición de los estratos es bastante variable, pues mientras hay lugares en que presentan aquéllos inclinaciones próximas a 45° con tendido general al O. SO., se hallan en otros completamente horizontales. Los múltiples pliegues y ondulaciones que los afectan revelan la intensidad de las acciones orogénicas que actuaron sobre los mismos. Superpuesto a las capas del piso inferior, se halla, en concordancia, un horizonte dolomítico de 90 metros de espesor que sigue, generalmente, los pliegues e inflexiones de las areniscas. Las rocas carecen de restos orgánicos, pero en atención a los caracteres litológicos, posición estratigráfica y analogías con otras fosilíferas de la región, se atribuyen al Muschelkalk. El piso superior o Ketper, se manifiesta por margas irisadas, terrosas, y sin estratificación aparente, a las que deben agregarse los yesos íntimamente relacionados con las primeras. Generalmente, se presentan compactos, pero, a veces, adoptan una textura cristalina que se acentúa hasta formar cristales bien definidos.

El Mioceno determina una mancha de alguna extensión, que comienza en el pueblo de Bétera y comprende los suaves relieves que se alzan entre dicho núcleo de población y los de Moncada, Godella, Burjasot y Paterna. Se compone exclusivamente de calizas grises, pertenecientes al Pontiense, según indican los restos de *Planorbis* y las oquedades de forma cónica, ocupadas seguramente por otros *Gastrópodos*, cuya concha ha desaparecido. Tales calizas permanecen horizontales y sólo en algunas ocasiones muestran ligera inclinación. Junto al pueblo de Paterna se las ve descansar sobre unas areniscas incoherentes, de color amarillo, que corresponden a la facies marina del sistema, pues no muy lejos se han encontrado en ellas restos de *Equinodermos*, *Pecten* y *Panopeas*. El hecho de hallarse en contacto los sedimentos marinos y lacustres, se explica imaginando que los materiales transportados por las aguas superficiales en los últimos tiempos miocenos, se depositarían, a la vez, en el mar y en los lagos contiguos que entonces existían.

El Cuartario, además de la amplia llanura situada al S de la sierra de Náquera, ocupa todo el borde occidental de la Hoja y la zona litoral, asiento de magnífica huerta. Se halla constituido, en general, por lechos irregulares y discontinuos de arcillas, margas, cantos rodados, gravas, arenas y légamos dispuestos horizontalmente. En conjunto, la formación viene a ser un gran delta producido por el Turia, que se une por el N. con el correspondiente del Palancia. El espesor del Cuartario es considerable y, en tesis general, aumenta hacia el Mediodía, pues el río parece haber discurrido siempre por la parte central y más profunda del antiguo golfo, cuyo fondo han colmado paulatinamente las avenidas.

Forma el Triásico el substrato comarcal y aparece en la sierra de Náquera plegado y fragmentado por fallas de dirección general E. O. El levantamiento del sistema se debe a la acción de la fase paleocimérica de los plegamientos posthercinianos, que fué preparatoria de los empujes ocasionados ulteriormente en época terciaria. En los tiempos neogenos, los movimientos alpidicos comprimieron los estratos de buena parte de la región de Levante, y a consecuencia del choque contra los núcleos del extremo meridional del sistema Ibérico se produjo una incurvación del eje orográfico penibético, con franca orientación al NE. A fines del Terciario, todo el territorio, incluso la planicie submarina que es la prolongación de la llanura costera, estaría emergida formando la soldadura de la Península al archipiélago balear, y de ahí la existencia de una planicie de erosión, que el diatrofismo posterior fragmentó en dos segmentos paralelos: la pendiente escalonada de las montañas valencianas y la fosa de las Baleares.

Esta última depresión, como la disposición en gradería de los accidentes orográficos, revelan las acciones de descompresión productoras durante el Plioceno de repetidas fallas y potentes dislocaciones en toda la región, así que ésta aparece dividida en bloques que ofrecen fracturas bien manifiestas y todavía no consolidadas, a juzgar por los fenómenos sísmicos que aún vienen produciéndose.

La hidrología subterránea tiene extraordinaria importancia en el territorio estudiado, y merced a ella se ha puesto en cultivo de regadío gran cantidad de hectáreas dedicadas a agrios, que constituyen una ampliación a la rica huerta valenciana, regadas con aguas de superficie. La disposición de los terrenos mesozoicos, formando semicírculo que limita por Oeste y Sur la planicie miocena y cuartaria, y alcanzando rápidamente elevadas cotas, hace converger hacia ésta grandes caudales acuíferos que se reparten en diversos niveles, desde el freático que, a veces se manifiesta espontáneamente en la superficie hasta la base de dichos materiales modernos, surgentes algunos de estos últimos. En un principio se explotó sólo el primer nivel por medio de norias, pero después se han multiplicado de modo extraordinario los pozos, algunos de los cuales, con taladros en su fondo, han alcanzado 300 metros de profundidad, calculando la Jefatura de Minas de Valencia que sólo en esta provincia existían en 1940 8.200 con potencia instalada de 37.000 caballos y capacidad de elevación de 53.000 litros por segundo, con los que se regaban 30.000 hectáreas.

Para hacer un reconocimiento general de los niveles existentes en el delta del Turia emprendió el Estado, bajo la dirección del Instituto Geológico y Minero de España, la perforación de cuatro sondeos que alcanzaron profundidades de 700 a 1.000 metros, de los cuales sólo uno llegó a los terrenos de la base. El reconocimiento dió por resultado el encuentro a los 663 metros, en el mioceno, de un nivel termal surgente muy mineralizado y con caudal de 25 litros por segundo, y otro a los

248, en el mismo terreno, ascendente, de agua potable y caudal de 20 litros por segundo, además de otros menos importantes o conocidos ya.

La minería de la Hoja es, prácticamente, nula. De algunas concesiones situadas en el ángulo NO. (términos de Serra y Olocau) se llegaron a extraer algunos quintales de galena, y cerca de Náquera se citan de antiguo manifestaciones cupríferas, pero sin que se sepa que hayan sido explotadas. En cambio, la metalurgia es de gran importancia por radicar en el territorio la gran factoría siderúrgica de Sanguito, con dos hornos altos, de 330 toneladas de capacidad de producción, en veinticuatro horas cada uno, baterías de hornos de cok y talleres de acero y laminación, donde se utiliza mineral de Ojos Negros, con ley de 51,5 al 54 por 100. Existe gran número de canteras en las formaciones triásicas de arenisca en el Puig, explotadas para las obras del puerto de Valencia: de mármol en Náquera, y de yeso en varios puntos: en el cretáceo, de caolin, términos de Bugarra y Villar del Arzobispo; y en el pontiense de caliza y marga para sillería y fabricación de cemento portland, en la fábrica de Burjasot.

Se da al final de la explicación ligera noticia sobre Agronomía, resaltando la importancia de los cultivos de regadío que dan fama mundial a la huerta valenciana.—D. TEMPLADO y J. MESEGUER.

*Nota informativa de la Hoja núm. 616 de Villaframes (Castellón de la Plana).*

Este trabajo, debido a los Ingenieros de Minas D. Diego Templado Martínez y D. José Meseguer Pardo, Vocales del Instituto, comienza con un compendio histórico de los estudios anteriores para que pueda formarse idea de las investigaciones ya realizadas sobre la geología de la región.

Sigue un documentado resumen geográfico del territorio, en el que figuran la orografía, hidrografía, características climáticas, vegetación, cultivos, población y vías de comunicación. Este resumen sirve de introducción al estudio de la Estratigrafía, que comprende los sistemas Carbonífero, Triásico, Cretáceo, Oligoceno y Pleistoceno.

El primero de dichos sistemas se manifiesta en el centro de la comarca en tres manchones y se integra de grauvacas, areniscas y pizarras arcillosas alternantes con bancos de arenisca compacta. Los estratos presentan frecuentes cambios de dirección y buzamiento, pero en tesis general puede asignárseles una orientación NE. SO., siquiera existan lugares en que se dirigen de N. a S. y se aproximan a la vertical con tendido al E. No es sencilla la cronologación de estos sedimentos, pues los fósiles encontrados no son suficientes para ello; así, es necesario acudir a los caracteres litológicos, los cuales, dada la semejanza con otras formaciones regionales de la misma naturaleza, hacen atribuir las capas al Carbonífero.

El Triásico forma varias manchas en las que aparecen representados los dos primeros pisos del sistema, principalmente el inferior, que comienza por un conglomerado cuarzoso de cantos bastante gruesos, a continuación del cual vienen las areniscas rojas que imprimen un carácter particular a la orografía del país. Sobre el potente horizonte de las areniscas descansan, en concordancia, las calizas del Muschelkalk, que forman bancos de bastante espesor en distintas zonas. Todas las capas triásicas ofrecen, en términos generales, un arrumbamiento SO. NE., con tendencia al E. O., e inclinación de 20° a 50° al SE. Como particularidad, respecto a estructura, cabe señalar que en las manchas central y occidental ocupa el Triásico el borde oriental de los asomos carboníferos, sin correspondencia en el sentido opuesto, circunstancia que induce a suponer hundidos los estratos del flanco occidental en forma escalonada.

El Cretáceo, que ocupa buena parte de la superficie de la Hoja, se apoya en discordancia sobre el Triás. Las alteraciones estratigráficas que a cada paso manifiesta, completadas con fenómenos de erosión, prestan cierta aspereza a la orografía. Litológicamente, presentan las capas una gran homogeneidad en toda la comarca, y se componen de calizas claras, compactas, otras sabulosas, de matiz pardusco, margas claras, cuajadas de Orbitolinas, y niveles calizos, con profusión de fósiles. Aunque algunos de dichos estratos pertenecen al Cenomanense y al Albenese, la mayor parte son del piso Urgo-aptense, llamado Tenénico por Landerer. Los trastornos del Cretáceo hacen difícil señalar la disposición general de las capas, las cuales ofrecen las orientaciones más diversas e incluso adoptan posiciones violentas y anormales.

Constituye el Oligoceno una formación de arrastre, dispuesta a modo de festón que bordea al Urgo-aptense, y se compone de fragmentos de caliza (con otros de arenisca en las proximidades del Triás), unidos por cemento margoso, que constituyen verdadera brecha. Esta determina bancos de gran espesor, superior, a veces, a 90 metros, que inclinan 5° a 10° al N. El sistema se distingue a distancia por ser asiento de los cultivos de algarrobo y almendros, salvo en ciertas áreas en que, merced a las aguas subterráneas alumbradas, ha podido establecerse el naranjo. La formación que nos ocupa carece de fósiles, mas el modo de originarse y la disposición tectónica de los depósitos inducen a considerarla de edad oligocena.

El Pleistoceno forma las zonas llanas o tierras bajas de la superficie de la Hoja, y se halla constituido por mantos más o menos continuos, cuya composición varía con los lugares. Algunos de dichos mantos son de naturaleza arenosa, mientras que otros constan de gravas, cantos rodados calizos y tierras sueltas calizo-arcillosas. El espesor del horizonte detrítico varía de unos sitios a otros. Las indicaciones obtenidas con los estudios geofísicos permiten señalar que oscila entre 25 y 68 metros.

Los movimientos más antiguos que de modo indudable se advierten

en el territorio estudiado son hercinianos, aunque algunos geólogos admiten los caledonianos. Después de ellos tuvo lugar una era activa de denudación que hizo desaparecer casi por completo los términos superiores del triásico, a la cual siguió la gran transgresión infracretácea que originó la extensa mancha de esta edad, existente en la zona de unión de las cadenas Ibérica y Costera catalana. Las grandes conmociones del terciario afectaron a estos sedimentos plegándolos según las direcciones de estas dos alineaciones montañosas, de donde resulta el territorio surcado por pliegues que en la parte NO., como más próxima a la primera, tienen dirección NO.-SE., y en la SE., situada en la prolongación de la segunda, la NE.-SO. Después de los movimientos del final del terciario que dieron la forma actual en círcos de hundimiento a nuestras costas mediterráneas, se produjeron nuevos descensos en la era cuartaria, a causa de movimientos epirogénicos, por lo que los depósitos diluviales tienen su base por bajo del nivel del mar, como lo demuestran sondeos practicados en el litoral y la existencia de turba en el mismo, que no ha podido formarse más que en aguas dulces. Por último, más recientemente, se ha producido una pequeña retirada del mar, con la consecuencia de un rejuvenecimiento del perfil de los cursos de agua de la comarca, según lo indican las terrazas del río Miñares en el final de su recorrido.

La hidrología subterránea es muy interesante. Existe un nivel muy superficial que circula por las grietas de las calizas infracretáceas y aflora en múltiples puntos merced a los accidentes del terreno, de cuyo nivel se abastecen, en general, los pueblos del territorio, y otro profundo que se desliza sobre los sedimentos impermeables antiguos, y que se forma con las precipitaciones acuosas del gran macizo del Maestrazgo, en cuyo extremo SE. se encuentra la presente Hoja, el cual pasa a impregnar los depósitos diluviales de la Plana, donde se aprovecha en una pequeña parte por pozos que puede calcularse que extraen un metro cúbico continuo de agua por segundo. Este manto aflora a unos 3 kilómetros al N. de Castellón, junto a la costa, manando de medio a dos metros cúbicos por segundo, que se utilizan en el riego de arrozales. Pero aún es mayor el caudal que pasa subterráneamente al mar, y a fin de cortarlo a cotas convenientes para su aprovechamiento agrícola se han proyectado por el Instituto Geológico obras que acualmente se encuentran en ejecución.

Se observan en distintos puntos del territorio señales de explotaciones mineras y restos de escoriales que, según datos recogidos, parecen corresponder a criaderos de hierro y de plomo argentífero. Recientemente ha sido reconocido un yacimiento de turba que, aunque de algún volumen, no ha resultado de la necesaria calidad para su aprovechamiento industrial.

Abundan las canteras. La principal de ellas es la de la Magdalena, de caliza infracretácea, explotada para las obras del puerto de Castellón

Las hay también de mármol en Borriol y Cabanes, de arenisca, triásica en el primero de dichos pueblos, y de yeso, y se aprovechan arcillas cuartarias en diversos parajes para la fabricación de cerámica de construcción.

Termina la explicación que extractamos con una nota agronómica que aporta los datos más salientes sobre la materia.—D. TEMPLADO y J. MESEGUER.

#### *Nota informativa de la Hoja de Madridejos.*

Ha sido terminado el estudio y redacción de esta Hoja, realizados por el Ingeniero Vocal de este Instituto D. Juan A. Sindelán y Duany, con la colaboración, en los trabajos de campo, del ayudante facultativo don Francisco Merelo Azañón.

Se señala en la Hoja los terrenos Cambriano, Siluriano, Mioceno y Cuaternario.

En cuanto al Paleozoico, corresponde a la zona oriental de los montes de Toledo, encontrándose dentro de la Hoja la 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup> faja siluriana, correspondiente a las sierras de Guadalerza y Valdespino (esta última en la alineación de la Calderina). La primera faja siluriana la considera el autor situada en la alineación Los Yebenes-Mora, de la Hoja de Turleque.

Respecto al Cambriano, se señala en la Hoja la 3.<sup>a</sup> faja, considerándose la 1.<sup>a</sup> la de Layos-Nombroca (Hoja de Sonseca), y la 2.<sup>o</sup> la del valle de Turleque, entre la sierra de Yebenes y Guadalerza.

Se hace la distinción de dos horizontes en el Siluriano: el superior de cuarcitas blanquecinas compactas, con erosión en acantilado, y otro inferior de pizarras cuarcitosas, con elementos aluminosos, en donde la erosión ha producido suaves laderas, recubiertas de tierra y vegetación.

En este horizonte inferior se encuentran *Cruciana furcifera* (D'Orb) y *Scolittus linearis* (Hall); mientras que en las cuarcitas propiamente dichas, se encuentran *vexillum* y *fraena*. Se incluyen en la explicación fotografías de algunos de los ejemplares recogidos.

Basándose en la equivalencia de faunas españolas de la clasificación inglesa, propuesta por Hernández Sampelayo (P), y teniendo en cuenta las diferencias litológicas, el autor considera que el horizonte inferior de pizarras cuarcitosas, con *C. furcifera* y *scolittus*, corresponde a las zonas 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup>, es decir, el Skiddaviense y el superior, de cuarcitas propiamente dichas, con *vexillum*, a la 5.<sup>a</sup> o sea al Llanvirniense.

Por tanto considera al siluriano de la hoja como Ordoviciense inferior o Arenigiense, distinguiendo en éste los subpisos citados, si bien los consigna en la hoja con interrogación, ya que la clasificación no puede generalizarse al resto de la formación de los montes.

En el Cambriano no se encuentran fósiles y sólo se clasifica como tal, por su situación, bajo el Siluriano y por su litología, constituida por pizarras delgadas y calizas (mármoles). La ausencia de material paleontológico obliga a dejar el Cambriano indiferenciado.

En el capítulo de Paleontología se analizan los fósiles recogidos personalmente y por otros geólogos y en el de Petrografía se estudian las diferencias entre las cuarcitas propiamente dichas y las pizarras cuarcitosas y asimismo se describen los mármoles de Urda y Consuegra.

Se incluyen las llanuras arcillo-sabulosas miocenas en el Pontense, por tratarse del mismo horizonte que el de Hipparion gracile de la Puebla de Almoradier (Hernández Pacheco E.) y por otras razones que se exponen.

En el cuaternario se incluyen las «arañas» en el Aluvial, opinión hasta ahora inédita. Se trata de un fenómeno que ha debido verificarse en todas las épocas; pero que se está verificando en la actualidad, merced al derrubio del Siluriano y dada la pequeña potencia de los depósitos que rodean con poco arrastre las sierras paleozoicas, no pueden referirse a los enormes volúmenes que representarían el arrasamiento anterior de las formaciones que hoy observamos, cuyos derrubios han sido evacuados en distintos periodos.

Pero el autor hace constar que sólo se refiere a las «arañas» existentes dentro de la Hoja y no niega puedan existir en otras regiones depósitos semejantes anteriores al Aluvial.

Desde el punto de vista tectónico se considera un primer empuje netamente herciniano, que produjo una onda principal en anticlinal sobre el valle de Urda, hoy arrasado, y una falla con cabalgamiento en la sierra de Guadalerza.

Individuizadas por erosión las sierras silurianas, y quedando en el valle las pizarras cambrianas menos tenaces, un segundo empuje, que relaciona el autor con los movimientos de extensión hercínica, pliega las formaciones en proyección horizontal, observándose ondulaciones de eje vertical.—EL INGENIERO JEFE DE LA 5.ª REGIÓN.

#### *Nota informativa de la Hoja de Getafe.*

La superficie delimitada por la Hoja de Getafe queda comprendida entre las de Madrid, Navalcarnero y Aranjuez ya publicadas y respectivamente a su Norte, Poniente y Sur y por la de Arganda, actualmente en prensa, por su lado Levante.

La escasez de fósiles y la variabilidad de los caracteres petrográficos de los horizontes aun en sitios muy próximos entre sí, dentro de la zona, han favorecido las discrepancias sobre la clasificación de estos terrenos y por ello y con el objeto de aclararlas, en el capítulo «Antecedentes y rasgos geológicos», se recogen las ideas a través de los años sobre el

conjunto de la cuenca en cuanto se relacionan con los terrenos comprendidos en la Hoja.

En el capítulo «Estratigrafía» se razona la clasificación que se adopta, insistiendo mayormente en el tramo margoso-yesoso que aflora al Sur de la Hoja de Madrid y aparece extensamente representado en la de Getafe y que se incluye en el vindoboniense.

La memoria consta de ocho capítulos, con análisis químicos de rocas y aguas y va ilustrada con varios cortes y fotografías.—J. CASTELLS y S. DE LA CONCHA.

#### *Nota informativa de la Hoja de Bujalance (Córdoba).*

Situada la Hoja núm. 924, del mapa en escala 1 : 50.000, en la campiña andaluza está, en su mayor parte, formada por el terciario, principalmente tortoniense, representado por calizas, margas, arcillas y areniscas que dan lugar a un relieve de suaves ondulaciones con las entalladuras correspondientes a los arroyos y riachuelos que en algunos puntos alcanzan bastante profundidad al discurrir por estos blandos materiales. En los sitios donde están las capas de caliza o de arenisca dura, los cerros tienen aspecto de mesas.

En el ángulo NW. aparecen en las laderas del río Guadalquivir las formaciones primarias representadas por pizarras y cuarcitas silurianas, y los tramos dinantiense y culm del carbonífero. El secundario aflora con el trias formado por margas y areniscas abigarradas con su correspondiente conglomerado cuarcitoso en la base.

En el ángulo SE. al Sur de Porcuna está el Oligoceno medio (estampiense); ha sido clasificado por fósiles encontrados en la vecina Hoja de Castro del Río.

La distribución de los terrenos es parecida a la que está representada en los anteriores mapas, variando los detalles de sus contornos, y hemos dibujado nuevas manchas de cuaternario haciendo una mayor subdivisión en cuanto a tramos se refiere. La mancha estampiense del Sur de Porcuna estaba considerada, hasta ahora, como Numulítico.

Desde el punto de vista minero es interesante esta Hoja por haberse efectuado en ella un sondeo para reconocer la posible prolongación del carbonífero de la cuenca de Peñarroya-Adamuz, a través de la Falla del Guadalquivir y bajo los sedimentos terciarios del Valle Bético.

Se ha perforado un sondeo cerca del kilómetro 10 de la carretera de Bujalance a Villa del Río. Se llegó a los 510 metros de profundidad, cortándose 301 metros de mioceno medio; 158,70 metros de trias en posición horizontal, y debajo de éste el cambriano con pizarras casi verticales.

Falta el carbonífero, que se iba buscando, sin que esto nos haga opinar que no exista, pues como en el otro lado de la falla se presenta pinzado entre los estratos más antiguos, será necesario realizar una serie

de sondeos y estudios geofísicos para formarse una idea definitiva de la composición del subsuelo.

El accidente tectónico de la falla del Guadalquivir aparece en el ángulo NW. de la Hoja, aflorando el siluriano, carbonífero y trias en las márgenes del río Guadalquivir en los meandros que forma el NW. de Pedro Abad. La situación exacta de la falla no está determinada, y opinamos que debe encontrarse al Este del sondeo ejecutado, ya que en él el trias está horizontal, que es como se presenta en el pilar norte, pero en el sur, debido a los empujes y asientos se encuentra, en todo Andalucía, intensamente plegado.—J. PRIETO y J. LIZAURO.

*Nota informativa de la Hoja de Navamorcuende.*

Esta Hoja ha sido realizada por D. Juan A. Kindelán, Ingeniero de este Instituto, en lo que respecta a Minería e Hidrología, y por D. Francisco Hernández-Pacheco el resto.

En el capítulo de Historia geológica se pasa revista a numerosos trabajos que tienen relación con el territorio de la Hoja, y en especial las opiniones sobre la inclusión del término acillosabuloso en el Plioceno.

Se dividen las distintas unidades fisiográficas, y muy especialmente los ríos Alberche y Tíerta, con sus contrastes morfológicos. En los campos del llano del Alberche distinguen tres accidentes geográficos: la «Rañas», que ocupan las zonas altas; los niveles fundamentales de las terrazas, y más abajo las extensas llanuras del amplio valle con desnivel total de unos 100 metros.

Respecto a estratigrafía, se señalan formaciones graníticas, Gneisicas y sedimentos arcillo-silíceos. Respecto a estos últimos, el autor del capítulo correspondiente los incluye en el Plioceno por su situación estratigráfica y sus condiciones de deposición análogos a los del N. y NO. de Madrid, que también considera pliocenos.

Respecto a granitos y Gneis, se incluye el estudio micrográfico de numerosas muestras. Los contactos entre granitos y Gneis tienen la particularidad de no presentar metamorfismo.

Respecto a tectónica, el fenómeno fundamental que se ofrece es el resalte que separa la plataforma granítica-cristalina del resto de la formación reciente, resalte que considera el autor como continuación de la gran factura que al N. de Madrid separa los campos graníticos de Torrelodones y Villalba de los llanos pliocenos de Las Rozas y Las Matas.

La tectónica que ha afectado el conjunto granito-estrato cristalino fundamentalmente herciniano.

En resumen y en cuanto a geologías se refiere, destaca el criterio de considerar pliocenos los sedimentos arcillo-silíceos no sólo dentro de la Hoja, sino en el N. de Madrid, criterio opuesto al seguido hasta el presente en el mapa 1 : 50.000, en el cual se ha incluido el término sabuloso en el mioceno.

En cuanto a minería, se considera la región de escaso interés. Sin embargo, se detallan algunos filones de cuarzo y Pegmatitas, incluidos en los estratos cristalinos de dirección NO., en donde no puede asegurarse que no existan algunos minerales, propios de este tipo de formación, aunque existen algunos reconocimientos infructuosos.

Se estudia, por último, la hidrología subterránea, indicando la permeabilidad de la mayor parte de la superficie de la Hoja, que constituye una cuenca de elevado índice de filtración. Se analiza el régimen de las aguas subterráneas en cada terreno y se incluyen las composiciones de las distintas aguas de abastecimiento.—JUAN A. KINDELÁN.

*Nota informativa de la Hoja de Lillo.*

Esta Hoja, perteneciente a la 5.<sup>a</sup> Región y enclavada en la provincia de Toledo, ha sido estudiada y redactada por los Ingenieros Vocales D. Juan A. Kindelán y D. José Cantos.

Encuentran los autores terrenos miocenos y pliocenos en la mayor parte de la Hoja. Sin embargo, en el límite meridional, cerca de Lillo y en el límite oriental, encuentran algunos asomos paleontológicos, siendo el cerro Gollino, en el límite de Levante, formado por cuarcitas silurianas, los representantes más orientales del paleozoico toledano.

El mioceno está constituido por yesos y principalmente por arcillas sabulosas, encontrándose algunos restos, muy arrasados, de calizas pontienenses coronando algunos cerros.

En la zona Nordeste se desarrollan sedimentos pliocenos, constituidos principalmente por arenas y areniscas rojizas y conglomerados poco coherentes.—J. A. KINDELÁN.

*Nota informativa de la Hoja de Mora de Toledo.*

Esta Hoja ha sido estudiada por los Ingenieros Vocales D. Juan A. Kindelán y D. José Cantos Figuerola.

Los autores señalan algunos afloramientos paleozoicos formando serratas de cuarcitas y pizarras en el límite Sur de la Hoja, que consideran silurianas, por corresponder a la alineación de los Yébenes. Sin embargo, apuntan la posibilidad de que las pizarras sean cambrianas, aunque no pueden decidir por falta de elementos paleontológicos.

Señalan también una amplia mancha de granitos, topográficamente poco destacada, y entre estos granitos y el paleozoico encuentran una zona de rocas metamórficas, constituidas por gneis, cerca de los granitos y pizarras nodulosas en contacto con el paleozoico.

El mioceno ocupa una gran extensión hacia Poniente y aun por la zona Norte, estando constituido en su mayor parte por el horizonte arcillo-sabuloso, aunque existen algunos yesos y algunas calizas.

Estas últimas las sitúan en el pontiense y los yesos y arcillas sabulosas en el tortoniense; pero consideran que en realidad todo el paquete debería considerarse pontiense, por razones estratigráficas y de facies, que aportan y por haberse encontrado en las arcillas (Puebla de Almodiader) *Hipparion gracile*. No obstante conservan la clasificación tortoniense, hasta que se haya analizado suficientemente la solución que proponen, de extender el límite inferior del pontiense hasta las arcillas y margas yesíferas con yesos de primera formación, con *Mastodón angustidens*.

Señalan la gran importancia del diluvial que forma rañas de tierras oscuras con profusión de cantos de cuarcita, en donde se encuentran los extensos olivares de Mora. En la zona cercana al granito predominan los cantos de esta roca con tierras rojizas.—J. A. KINDELÁN.

#### *Nota informativa de Ledanca.*

Esta Hoja ha sido estudiada por los Ingenieros Vocales D. Miguel Moya y Gastón y D. Juan A. Kindelán.

Como terrenos más antiguos señalan los autores horizontes del lias, constituidas por calizas oscuras en la base; blancas y muy tableadas en medio y areniscas y arenas rojas en la coronación, encontrando en el inferior tarebratulas y rinconelas características, de las que se incluyen fotografías.

Sobre estos horizontes triásicos y en concordancia se apoyan otros cretáceos, formados por calizas albenses en la base y cenomanenses en la coronación, estos últimos presentando fósiles que lo caracterizan.

Las calizas liásicas y cretáceas presentan algunas ondulaciones en sentido NO.-SE., y ocupan más del tercio oriental de la Hoja.

En el resto se extiende una elevada meseta constituida por las clásicas «calizas de los páramos» (pontienses), las cuales, por Ledanca y por el Sur de la Hoja, presentan los horizontes inferiores miocenos de arcillas —sabulosas y yesos en los entrantes que diversos arroyos labran en la meseta.

Por el NO. el río Henares forma una fosa labrada también en la meseta, en donde aparecen estos últimos horizontes. En el ángulo NO. se eleva nuevamente el terreno y se alcanzan las calizas en Cedejas de la Torre, donde se ha encontrado *Hipparion gracile*.

En la margen derecha del Henares, por el límite Norte de la Hoja, señalan molasas y gonfolitas oligocenas, en concordancia con el cretáceo.—J. A. KINDELÁN.

## Notas bibliográficas

Región 2.<sup>a</sup> Norte. Nota bibliográfica de la Hoja número 174, Sangüesa (Navarra), por ALFONSO DEL VALLE DE LERSUNDI, MANUEL DE CINCUNEGUI, JOAQUÍN MENDIZÁBAL, JOSÉ MARÍA RÍOS y ANTONIO ALMELA.

De las Hojas que rodean a las de Sangüesa han sido ya publicadas precedentemente por el Instituto Geológico las de Pamplona (141), Tafalla (177) y Sos del Rey Católico (207).

La Memoria explicativa de esta Hoja está dividida en los siguientes capítulos: I *Antecedentes y rasgos geológicos*; II *Rasgos de geografía física y humana*; III *Estratigrafía*; IV *Tectónica*; V *Sondeos e investigaciones geográficas*; VI *Historia geológica de la región*; VII *Hidrología*; VIII *Minería y canteras*, y IX *Bibliografía*.

En el primer capítulo se pasa detallada revista a todos los geólogos que han precedido a los autores en el estudio de la región, resumiendo sus opiniones y poniendo de relieve sus aportaciones al estado actual de conocimientos geológicos.

Al final del mismo destacan por medio de oportuno croquis de conjunto y la explicación consiguiente la importancia de la conocida unidad geológica: Depresión del Ebro en su sector navarro.

El capítulo II no sólo se dedica a la descripción de la orografía e hidrografía de la Hoja, sino que además se establecen otros dos apartados donde se recogen interesantes datos relacionados con la geografía humana y con la Arqueología y Prehistoria.

Como es lógico y natural, los capítulos que mayor extensión adquieren son los de Estratigrafía, III, y de Tectónica, IV.

Los terrenos que se estudian en el de Estratigrafía corresponden a los sistemas cretáceos, eoceno, oligoceno y cuaternario. Después de iniciar el capítulo con los cortes del cretáceo que publicaron D. Pedro Palacios y don L. Cruz, dedican los autores su principal atención a discutir y estudiar los antecedentes y el terreno para poder fijar con exactitud el límite estratigráfico entre el cretáceo y eoceno.

También ocupó detenidamente su atención el estudio de la estratigrafía del eoceno y del oligoceno, así como también la difícil separación de los límites entre estos dos sistemas.

Se dedica breve espacio al sistema cuaternario fijándose principalmente en las manchas diluviales del Aragón y del Onsella y las de los im-

portantes depósitos de ladera en la vertiente meridional de la sierra de Leyre.

Merece mención aparte el capítulo de Tectónica, en el que los autores, después de glosar y discutir los referidos cortes y opiniones de Palacios y Carez, hacen un detenido estudio acerca del origen tectónico de la sierra eoceno-cretácea de Leyre, con multitud de cortes explicativos sucesivos, normales, a la dirección de la sierra, e incluidos en el texto de la Memoria, aparte de los generales, que van al final en Hoja separada.

Estudian asimismo los siguientes accidentes tectónicos: Anticlinal de Liédena, Sinclinal de Rocaforte, Anticlinal de Undués de Lerda, Anticlinal de Sada de Sangüesa o de Santo Domingo, Sinclinal de Artajona y Anticlinal de Tafalla.

Sigue a estos dos capítulos el V dedicado a «Sondeos e investigaciones geofísicas». En el mismo se hace un resumen histórico del descubrimiento de las sales potásicas en Navarra y del proceso seguido para llegar a ubicar los dos sondeos comprendidos dentro de los límites de esta Hoja: de Sos del Rey Católico y de Javier, después de importantes estudios geofísicos a cargo de la correspondiente sección del Instituto Geológico, bajo la dirección de D. José García Sñeriz. Se da cuenta asimismo del resultado obtenido en ambos sondeos.

Como consecuencia de las numerosas Hojas publicadas ya en la región, han creído conveniente los autores dedicar un capítulo al estudio de la paleogeografía de la región, apoyados en los trabajos de conjunto de Selzer, Ríos y Llopis.

En el de Hidrología (VII) dan una relación de los manantiales de la sierra de Leyre, así como del oligoceno, tanto en los términos de Javier como en los de Sangüesa, sin que pretendan dar a esta relación carácter exhaustivo y sí tan sólo un avance para que pueda servir de base a la labor de la sección de Hidrología del Instituto.

En el capítulo de Minería y Cantera se recoge lo poquísimo de canteras y riqueza minera que pueda existir en potencial en esta Hoja.

Y finalmente, en el de Bibliografía se citan 41 obras pertenecientes a 40 autores.

VAN DER SIJF, J. W. CH. M.: *Petrography and Geology of Montseny-Guillerías (NE. Spain). Petrografía y Geología del Montseny-Guillerías*. Tesis Doctoral. Universidad de Utrech, 1951.

Interesante Memoria que reúne una serie de observaciones personales e investigaciones petrológicas de campo y de laboratorio, referentes a la zona eruptivo-metamórfica de las montañas del Montseny y de las Guillerías, en las provincias de Barcelona y de Gerona. Consta de 99 pá-

ginas, 17 figuras, 12 láminas, un mapa geológico a escala 1: 35 y 7 mapas parciales.

Después de un breve prefacio y una introducción resumen de datos geográficos y geológicos de la región estudiada, antes de entrar en el tema objeto de la Memoria, hace unas observaciones acerca del método de investigación y representación gráfica de los resultados.

La Memoria, propiamente dicha, comienza por un resumen de los conocimientos que de esta región se encuentran dispersos en varias publicaciones, desde 1881 hasta 1936, tanto petrográficos como geológicos y estratigráficos-cronológicos.

A continuación dedica un capítulo al estudio de las pizarras, de las cuales distingue 12 tipos y hace un estudio comparativo con los de otras localidades.

En el siguiente capítulo estudia las rocas plutónicas, de las que ha reconocido seis tipos.

Después estudia la Geología y Tectónica de las rocas pizarrosas, de los diques posttectónicos y de las rocas plutónicas, y termina con una amplia referencia bibliográfica.

Por tratarse de un estudio sobre una formación geológica española añadimos a esta exposición o nota bibliográfica un resumen de la Memoria.

En este trabajo se dan a conocer los resultados de un estudio geológico y petrográfico de la región Montseny-Guillerías, situada en la terminación septentrional de la Cordillera Prelitoral de los Catalánides.

Durante el Cámbrico y el Silúrico inferior se depositaron sedimentos arcillosos con cuarcitas en el área objeto de este estudio. Entre las capas más antiguas se hallan intercalaciones de calizas.

Después del depósito de los materiales carboníferos, esta región fué plegada en la fase astórica de la orogénesis variscica (Schriell, 1929). Durante los movimientos tectónicos tuvo lugar la intrusión de leucogranitos en la serie pizarrosa. Se formaron así pequeños macizos, especialmente en la zona de Osor (Guillerías). Además de la formación de pliegues, esta orogénesis produjo el desarrollo de filitas, gneis y mármoles. Solamente se observan pliegues de tipo sencillo. La disyunción en hojas, en las pizarras generalmente, es paralela a las superficies de estratificación. Solamente en muy pocas localidades se observa una esquistosidad propiamente dicha, la cual es, en tales casos, ligeramente oblicua a la estratificación. Las capas de mármoles, durante los movimientos tectónicos, se comportaron como material plástico, originando «rock flowage» y estructuras diapíricas en pequeña escala.

La linealidad muestra una notable constancia de dirección en la zona de Montseny. Las estructuras principales de los Catalánides señalan una dirección de transporte (= eje  $\alpha$ ) en coincidencia con el azimut de la linealidad. Solamente han sido observados unos pocos pliegues de de-

talle paralelos al eje *b*. En la zona de Osor, estas relaciones son menos claras.

Al final de la orogénesis varisca tuvo lugar la intrusión de una potente masa granítica, siguiendo principalmente rasgos estructurales pre-existentes en las pizarras y se desarrollaron aureolas de metamorfismo de contacto.

En la zona del Montseny, la intrusión causó un abombamiento del techo del plutón y se produjo una fragmentación parcial del mismo, individualizándose algunos bloques de pizarras. En esta zona, el metamorfismo de contacto se manifiesta principalmente por pizarras nodulosas o pizarras con sericita y biotita (según la composición originaria de los sedimentos). En los contactos se hallan cornubianita con biotita y andalucita, a veces con feldespato. Los diques graníticos escasean y se encuentran únicamente entre las pizarras feldespáticas. Especialmente en la vecindad de los contactos tuvo lugar la segregación de cuarzo en venas lenticulares.

Cerca de Gualba existen varias canteras que facilitan la observación. La influencia del granito sobre el mármol se reduce, principalmente, a los efectos térmicos. En los mármoles impuros ha tenido lugar una reconstitución química. Los minerales de metamorfismo de contacto allí representados son: wollastonita, grossularia, diópsido, epidota y plagioclasa. Las corneanas están confinadas a determinados horizontes en los mármoles y solamente en el mismo contacto existe, paralela a aquél, una estrecha zona de mármol metamorfizado.

En algunas corneanas, la wollastonita se halla juntamente con epidota primaria y, en la banda contigua, la wollastonita se asocia con granate. No han sido observados indicios de pseudomorfosis de epidota sobre granate. Por consiguiente, teniendo en cuenta que la temperatura de formación de ambas rocas habrá sido la misma, se deduce que el contenido en aguas primario es decisivo para la formación de epidota. Por otra parte, la temperatura del granito no habrá superado los 850° aproximadamente. Esto se deduce por el hecho de no haber reaccionado entre sí, a corta distancia de los contactos, el cuarzo y la calcita; y también por la existencia de agregados fibrosos calcita, cuarzo y algo de wollastonita. Además, la asociación wollastonita-calcita, observada en muchos puntos, es estable por debajo de unos 850°, a una presión de 625 Kg/cm. (Las rocas suprayacentes no han alcanzado una potencia superior a unos 2,5 Km.) El granate anisótropo también indica una temperatura menor que 850°, ya que, según los experimentos de Mervin, por encima de esta temperatura se hace isótropo.

En unas pocas preparaciones de cornubianitas han sido observadas pseudomorfosis de ortocloritas sobre clinzoisita. En la zona de Osor se hallan capas delgadas de anfíbolitas (pizarras de biotita y hornblenda), frecuentemente intercaladas entre los mármoles.

En las Guillerías (zona de Osor), la constitución es más compleja que

en el área del Montseny. Las intrusiones sintectónicas (representadas acualmente por gneis) originaron pizarras de metamorfismo de contacto; las micacitas, con biotita (feldespática a veces), integran una aureola alrededor de los macizos de gneis.

En el valle de la Riera de Osor, y cerca de El Pasteral, afloran leucogranitos con moscovita, ligeramente foliados. Estos granitos sintectónicos tardíos han originado, junto con las pizarras (de metamorfismo de contacto) con biotita y sillimanita, migmatitas («corismitas»). Esta intrusión en un área reducida dió lugar a pizarras altamente metamórficas, con biotita y sillimanita.

La gran intrusión granítica postestónica afectó al complejo de Osor, originando una aureola, más extensa, de metamorfismo de contacto. Cerca del granito se hallan pizarras con andalucita y biotita, y, a mayor distancia, filitas nodulosas solamente.

La zona granítica de Arbúcies-San Hilario Sacalm es heterogénea. Está constituida esencialmente por leucogranitos, granitos y granodioritas. Únicamente los leucogranitos de grano fino forman dos macizos de límites bien definidos: uno cerca de Santa Fe del Montseny, y otro al oeste de Arbúcies. En el primero se hallan afloramientos de granodiorita de grano fino.

Principalmente en la parte occidental de la zona granítica, se observan inclusiones fusiformes oscuras de composición diorítica. Las direcciones de los ejes mayores de las mismas indican la orientación e inclinación de las líneas de flujo, las cuales abogan por una estructura cupuliforme del plutón granítico.

En el plutón existen aplitas, las cuales se orientan preferentemente según dos direcciones de las diaclasas. En la parte septentrional de la región cartografiada se observan una gran cantidad de diques de pórfidos diorítico-cuarcíferos y dioríticos, cuyas direcciones vienen también condicionadas por diaclasas.

El diagrama polar de las diaclasas, incluido en el presente trabajo, conduce a las siguientes conclusiones: a) Las diaclasas fueron formadas después del plegamiento de las pizarras, puesto que casi todas ellas son verticales; b) Durante la formación de las diaclasas, los diques fueron introduciéndose, aprovechando soluciones de continuidad preexistentes; c) La formación de las diaclasas estaba en relación con la orogénesis, dadas las relaciones evidentes entre la distribución de las diaclasas y los ejes  $\alpha$  de la masa de pizarras; d) Las pequeñas diferencias entre las disposiciones de las diaclasas de las pizarras, en el gneis, y en los diques, obedecen probablemente a las diferentes propiedades mecánicas de las rocas en cuestión.—M. SAN MIGUEL DE LA CÁMARA.

*Nota bibliográfica de la Hoja de Sacedón, núm. 562.*

Esta Hoja, perteneciente a la 4.<sup>a</sup> Región, ha sido estudiada y redactada por el Ingeniero Vocal de este Instituto D. Juan A. Kindelán. Está enclavada en las provincias de Guadalajara y Cuenca.

La explicación consta de 36 páginas con 13 fotografías y cinco croquis intercalados en el texto, comprendiendo los capítulos siguientes: Bibliografía, Fisiografía, Bosquejo geológico general, Estratigrafía, Tectónica, Paleontología, Petrografía y Aprovechamiento e Hidrología. Se acompañan tres cortes geológicos generales.

Los terrenos que se señalan dentro de la Hoja son: cretáceo, oligoceno, mioceno y aluvial.

El cretáceo, constituido por calizas cenomanenses y turonenses, se reduce a las sierras que forman la alineación de Altomira, que comienza muy aproximadamente en la Hoja. Sin embargo, algunas de estas sierras, que se han considerado anteriormente cretáceas, están constituidas por calizas pontienses, según el autor.

En el oligoceno se distinguen tres horizontes: molasas, margas y gonfolitas, encontrándose en concordancia con el cretáceo y el mioceno por yesos, arcillas sabulosas y calizas, en sedimentación horizontal.

En la explicación se estudian con detalle todos estos terrenos, así como su geotectónica, hidrología subterránea, etc. Se hace también un estudio paleográfico, para explicar el cruce de las sierras por los ríos Tajo y Guadiela.—J. A. KINDELÁN.

*Nota bibliográfica de la Hoja de Almonacid de Zorita, núm. 585.*

Esta Hoja, perteneciente a la 4.<sup>a</sup> Región y enclavada en las provincias de Cuenca y Guadalajara, ha sido estudiada por el Ingeniero Vocal de este Instituto D. Juan A. Kindelán.

La explicación consta de 29 páginas, divididas en los capítulos siguientes: Bibliografía, Fisiografía, Descripción geológica, Estratigrafía, Tectónica, Minas, Canteras y Aguas subterráneas. Se incluyen 10 fotografías y cuatro cortes generales.

Señala el autor calizas cretáceas en la alineación de Altomira, aunque algunas de las sierras que constituyen esta alineación, por el Oeste, están formadas por calizas pontienses.

A Levante de la Sierra se desarrollan ampliamente molasas oligocenas en concordancia con el cretáceo, encontrándose ambos notoriamente ondulados.

En el resto de la Hoja se extiende el mioceno, con yesos y arcillas sabulosas, coronándose algunos cerros elevados por calizas pontienses.—J. A. KINDELÁN.

*Nota bibliográfica de la Hoja de Ocaña, núm. 631.*

Esta Hoja, perteneciente a la 5.<sup>a</sup> Región y enclavada en la provincia de Toledo, ha sido estudiada y redactada por los Ingenieros Vocales de este Instituto D. Juan A. Kindelán y D. José Cantos.

La explicación consta de 35 páginas divididas en los siguientes capítulos: Bibliografía, Geografía física, Descripción geológica, Estratigrafía, Nota paleontológica, tectónica, Minería, Canteras y Agronomía e Hidrología. Se incluyen 11 fotografías y cinco cortes generales.

Se estudian en la Hoja los terrenos miocenos y pliocenos. Los primeros están constituidos por arcillas yesíferas y calizas, presentándose solamente en los bordes Norte, Sur y Oeste de la Hoja.

La mayor parte de ella forma la llamada Mesa de Ocaña, considerada anteriormente como miocena o como diluvial. Los autores la consideran pliocena, señalando tres horizontes: arcillas blancas en la base, areniscas y conglomerados en medio y tierras rojas superiores.—J. A. KINDELÁN.

P. BAERTSCHI: *Relative Abundances of Oxygen and Carbon Isotopes in Carbonate Rocks.* «Nature», CLXVIII, 288 y 289, 1951.

Las diferencias relativas en las relaciones O18/O16 y C13/C12 son determinadas por el autor al considerar la composición isotópica media de los diferentes grupos de carbonatos; se aprecia una abundancia de los isótopos pesados en las calizas sedimentarias. La abundancia del O18 en el agua de las rocas porosas aumenta en el espesor, y el agua magmática es 1/100 más rica que la del mar. Sugiere que el estudio de la diferenciación isotópica en carbonatos metamórficos es una valiosa información de la distribución y migración del agua y CO<sub>2</sub> durante el metamorfismo.—L. DE AZCONA.

M. L. WRIGHT: *Preparation of Uniform Solid Samples for Radioactive Assay.* «Nature», CLXVIII, 289 y 90, 1951.

Trata de la obtención de depósitos radiactivos uniformes y de las mismas dimensiones, tal que la absorción y dispersión en los ejemplares sean constantes. En el trabajo se describe la técnica que con este fin emplea su autor para sustancias solubles.—L. DE AZCONA.

G. BOATO, G. CASERI, G. NENCINI y M. SANTANGELO: *Sulla composizione isotopica dell'argon nei gas naturali.* «P. I. N. di Geof.», núm. 226 1951.

Los autores comentan los análisis isotópicos del argón en el gas natural que presenta un enriquecimiento en A40. Este enriquecimiento es consecuencia de la captura K que presenta el K40.—L. DE AZCONA.

B WASSERSTEIN: *Cube Edges of Uraninites as a Criterion of Age?* «Nature», CLXVIII, 380, 1951.

Funda este método en la reducción progresiva del tamaño de la celdilla elemental con el transcurso del tiempo, comprobado tanto en las uraninitas como en las torianitas, por ser menor el radio iónico del  $Pb^{4+}$  radiogénico que los del  $U^{4+}$  y  $Th^{4+}$  a quienes sustituye. Da los resultados obtenidos con cinco muestras, como comprobación de la afirmación anterior, pero al mismo tiempo obtuvo valores para otras tres muestras, que no siguen la ley indicada. La impresión que da el artículo es de ser más preciso el método clásico de valoración de edades fundado en la composición isotópica de los plomos.—L. DE AZCONA.

S KATCOFF, O. A. CHALFFER y J. M. HASTINGS: *Half-Life of  $I^{129}$  and the age of the Elements.* «Phys. Rev.», LXXXII, 688 a 690, 1951.

El periodo deducido para el  $I^{129}$  es de  $(1.72 \pm 0.09) \times 10^7$  años. El  $I^{129}$  originario dió lugar por su desintegración al  $Xe^{129}$ , con un incremento de este elemento sobre el contenido originario. Supone que la desintegración del  $I^{129}$  dió lugar al  $Xe^{129}$ , con un aumento de la proporción de este isotopo respecto al Xe originario, ya que la suma de los de masa 128 y 130 es  $1.90 + 4.07 = 5.97$  menor que la del  $Xe^{129}$ , que es 26.23. Apartir de las relaciones  $I^{127}/K^{40}$  y  $Xe^{129}/A^{40}$  efectúa el cálculo del tiempo mínimo transcurrido entre la formación de los núcleos de uranio y la ordenación del caos atómico y deduce una edad de 270 m. a., bastante inferior a la que suponemos nosotros como real, esta diferencia se debe a una serie de hipótesis sobre proporciones de los elementos que intervienen en los cálculos, quizá algo alejadas de la realidad.—L. DE AZCONA.

H. E. SUESS, R. J. HAYDEN y M. G. INGRAM: *Age of Tektites.* «Nature», CLXVIII, 432 y 433, 1951.

Determinan la edad de las tektitas, por la valoración isotópica del argón en ellas contenido, para ello acuden a las denominadas «gas-rich» procedentes de Filipinas y de Australia y supone que el  $A^{40}$  es radiogénico dentro de las tektitas. Las edades deducidas son menores de unas decenas de m. a., o sea, más recientes que los meteoritos más modernos.—L. DE AZCONA.

STIRLING A. COLGARTZ: *The Positron Activity of  $K^{40}$ .* «Physical Rev.», LXXXII, 1.063 y 64, 1951.

El paso del  $K^{40}$  al  $A^{40}$  puede tener lugar de tres maneras: captura de un electrón orbital a un estado excitado de  $A^{40}$  con la correspon-

diente emisión y, captura de electrón al estado fundamental del  $A^{40}$  y emisión de un positón. En el trabajo se comentan y discuten las relaciones en que se encuentran estas tres posibilidades de transición.—L. DE AZCONA.

DAVID E. ALBURGER: *Heat Production in Potassium.* «Physical Rev.», LXXXI, 888, 1951.

Considera las nuevas determinaciones de las probabilidades de transformación del potasio, y a partir de las deducidas por Sawyer y Wiedenbecki, que son 28.3 y 3.6 emisiones beta y gamma por gramo de potasio y segundo, la segunda consecuencia de la captura K con energía de 1.47 Mev, establece que el calor producido por año y gramo de K es de  $(27 \pm 1) \times 10^{-6}$  cal.—L. DE AZCONA.

P. MORRISON: *Interpretation of the Decay Scheme of  $K^{40}$ .* «Physical Rev.», LXXXII, 209 a 211, 1951.

Los periodos y energía de la desintegración del  $K^{40}$  tienen una gran importancia, tanto en lo referente a la historia térmica de la tierra como en cuanto se refiere a la génesis del  $Ca^{40}$  y  $A^{40}$ , los valores del esquema completo son  $\lambda = 1.54 \times 10^{-17} S^{-1}$ ,  $\lambda_{ke} = 0.13 \lambda$ ,  $\lambda_{\gamma} \approx 10^{-4} \lambda$ , y las energías la primera 1.36 Mev, la segunda 0.14 seguida de una emisión gamma con 1.45 Mev.—L. DE AZCONA.

K. F. CHACKETT:  *$K^{40}$  and the Age of the Atmosphere.* «Physical Rev.», LXXXI, 1.057, 1951.

Deduce la edad de la atmósfera por la proporción  $K^{40}$  contenida en la tierra y el  $A^{40}$  de la atmósfera, llegando a límites de edad 3.500 a 3.100 millones de años.—L. DE AZCONA.

## INDICE

	Págs.
Nota necrológica de D. Miguel Moya y Gastón ... ..	I
Teoría físico-matemática de la tierra (aportación a la geofísica), por JOSÉ ROMERO ORTIZ ... ..	3
Nuevo interruptor doble de precisión, por J. BORREGO ... ..	73
Excursión a los campos petrolíferos de Holanda, por J. CANTOS FI- GUEROLA ... ..	81
Kotschubeita de la Sierra de la Capelada, por G. MARTÍN CARDOSO y I. PARGA PONDAL? ... ..	93
Notas referentes al Congreso de Estratigrafía y geología carboní- feras de Heerlen, por A. DE ALVARADO ... ..	101
Notas informativas ... ..	123
Notas bibliográficas ... ..	147

## FE DE ERRATAS

En lám. II, fig. 2, del trabajo de la Srta. Menéndez Amor, delante de cartilaginoso debe incluirse la palabra —pseudo—.

En la pág. 93, en la Nota Informativa de Cardona, en los cuatro últimos párrafos se habla de Huesca, y debe referirse Cardona.