

REVISTA

DE LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

FACULTAD DE CIENCIAS

ENERO - JUNIO 1944



AÑO V

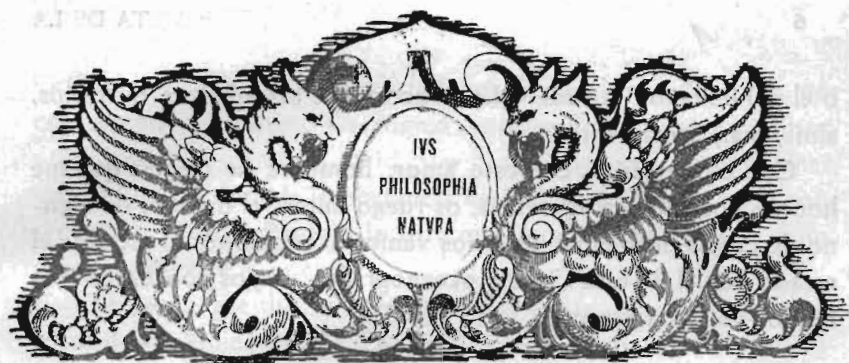
NÚMS. XXI y XXII



SUMARIO

Páginas

Conceptos modernos de la oceanografía española , por el Excelentísimo Sr. D. Jesús M. ^a de Rotaache, Subsecretario de la Marina Mercante y Director General del Instituto Especial de Oceanografía.....	5
La investigación sísmica en La Camocha (Gijón) , por José García Siñeriz, Vicepresidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.	21
El Cañón del Colorado , por E. Cueto Ruti-Díaz, Ingeniero de Minas.	35
Constitución mineralógica de las arcillas , por J. M. ^a Albareda Herrera, Secretario del Consejo de Investigaciones Científicas.....	67
Sobre la flotación de minerales complejos de cobre y cobalto , por Carlos del Fresno y Angel Arias Fernández....	91
Notas bibliográficas , por Luis Olay Cabal.....	109
Crónica universitaria	117



CONCEPTOS MODERNOS DE LA OCEANOGRAFIA ESPAÑOLA

POR EL

EXCMO. SR. D. JESUS M.^a DE ROTAECHE

SUBSECRETARIO DE LA MARINA MERCANTE
Y DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA

La mar para el hombre de Estado es la «vida», repitiendo la frase de Mussolini: «El mar nos es *vía*, es *vida*.» Para el historiador, según Mahan, es el elemento de más influencia en la Historia. Para el comerciante, repetiremos la anécdota del Alcalde de la City de Londres, Sir William Bedford, que amenazado por el Rey Jorge III, en 1762, de llevar la corte fuera de Londres, le respondió altivo: «¡Vaya V. M. enhoramala con tal de que nos deje el Támesis!», es decir el libre acceso al mar...; pero prefiéramos el punto de vista del poeta Carlos Baudelaire, que decía: «Contemplo el mar con la misma curiosidad de conocer los interiores de su seno que tendría un enamorado de leer en los ojos el misterio del alma de su amor»,

o el del italiano Marradi: «¡¡La atracción de los infinitos misterios, alma, mar, firmamento!!».

Con este espíritu, con este amor, hombres de ciencia que me honráis con vuestra asistencia, os ruego miréis el océano, de alguno de cuyos problemas internos vamos a ocuparnos al esbozar el estado actual de esta Ciencia oceanográfica, cuyos conceptos modernos vamos a exponer.

DEFINICION

Uno de los temas aún debatidos es la definición de esta Ciencia. El decir que es la «ciencia del mar», o la «descripción del mar», o la «parte de la Física del Globo que se ocupa del mar», es sugestivo por la sencillez; pero, por otra parte, tan difuso y ambicioso que sale de los límites y posibilidades de sus cultivadores.

Para estudiar la «forma» del Océano pediremos auxilio a la Geodesia. Si queremos un mayor detalle, es la *Geografía*, o la *Hidrografía*, quien tendrá que ayudarnos; si es el fondo marino el que nos interesa, será el *geólogo* quien intervendrá, y si éste examina los sedimentos, será el *químico*, quien tendrá la palabra; y al escucharla, el *biólogo* nos hará saber qué seres encontrarán allí un medio de vida y cuáles no, y el *físico* quien nos dará las razones por las que allí existe una cierta temperatura y salinidad reguladoras de ese clima submarino; y volverá el *químico* a dosificar el oxígeno *disuelto* en cada muestra de agua, y el *biólogo* a deducir consecuencias en la vida y riqueza pesqueras, la cual, a su vez, reaccionará en la composición *química* de las aguas.

En una palabra, es difícil adscribir el estudio del mar a una sola de las ciencias, pues es un medio tan complejo que exige la colaboración de otras varias, casi diremos de todas; pero sería demasiada ambición en un hombre el tratar de abarcarlas todas, por lo que las principales instituciones que se ocupan en el mundo de Oceanografía, tienen estas cuatro secciones: Física del mar; Química del mar; Biología y Geología marinas, secciones que integran la

Oceanografía. En España prescindimos de la última de éstas, por contar con un Instituto Geológico modelo, que colabora con nosotros; pero, en cambio, dividimos la Química en dos secciones: una industrial, dada la importancia de la industria pesquera y conservera de nuestra Patria y la otra más en consonancia con la investigación pura.

Claro está que dificultades parecidas existen para trazar los límites de cualquier ciencia. La ciencia *es una*, pero en todas sus ramas hay que pedir frecuentemente el auxilio de las más afines; pero es *la mar* tan importante en la vida del mundo que muchos se inclinan a considerar la Oceanografía, más que como ciencia separada, como aplicación al medio marino de las diferentes ciencias. Acentúa tal criterio que la mar se ha ido estudiando por hombres procedentes de diversos campos, sin formar un campo de doctrina hasta hace 40 años. Los principales iniciadores han sido biólogos, pero también hay marinos, astrónomos, meteorólogos, físicos y químicos.

Independientemente del cuerpo doctrinal que abarque esta ciencia hay que estudiar su aspecto utilitario. Aparte de estudiar las condiciones de vida necesarias para las diferentes especies hay que ir viendo las profundidades y fondos de diferentes parajes; haciendo lo que llamamos «cartas de pesca», en lo que respecta a esta fundamental consecuencia de la Oceanografía. En el mar, como en tierra, hay lugares fértiles y desérticos, unos sitios donde podemos esperar la fauna y flora marina y otros que no lo permitirán, dando por tanto, una conexión a esta Ciencia con la Hidrografía y comisiones planeras de todos los países; pero como éstas se detienen más escrupulosamente en las costas y accesos a los puertos y sitios más frecuentados por la navegación, la Oceanografía les pide adentrarse en el mar, para fijar los bancos pesqueros, ya existentes y descubrir los desconocidos.

El estudio científico de la mar, ciertamente, no es nada antiguo. Faltos de instrumentos de medida, hasta el siglo XVIII puede decirse que todo eran conjeturas sin base, y no es exagerado el de-

cir que nació con el termómetro, aunque su primitiva imperfección limitó su campo a la superficie del mar o a poca profundidad. No era únicamente esa falta instrumental lo que hacía la mar poco propicia a la investigación, sino también la inseguridad de los mares, que hizo a uno de sus primeros cultivadores, Marsigli, al comienzo de esa época, el caer prisionero de los piratas berberiscos; por lo que el mar quedaba reducido a un elemento proceloso, lleno de maravillas o encantos, que hacía a los profesionales, alucinados tal vez por esa creencia contar diversas historietas y dedicar con preferencia su atención a la descripción de los seres que pueblan ese elemento, y en ese aspecto hay algunas obras beneméritas, como la «Historia Natural y Moral de las Indias» en la que se tratan las cosas notables del cielo y elementos, plantas, animales, ritos, ceremonias, etc... del P. José de Acosta, Jesuíta, del año 1590, y Martín Cortés escribió otra análoga dedicada a Carlos V o la de Céspedes de 1700; pero de su veracidad juzgaremos por el diario de Colón, que en su primer viaje nos afirma que vio «dos sirenas, que no son tan bellas como dicen, pues tienen cara de hombre cosa que no les sucedía a otras dos que había visto antes en Guinea», afirmación realmente desilusionadora, para los que se proponían explorar el Océano, el encuentro de esos encantos.

Y verdaderamente, de la exploración directa, bien poco se puede sacar en la ciencia si se carece de instrumentos de medida. La perfección de éstos ha sido el punto de partida de la Oceanografía, pues por otra parte, las presiones y enormes dificultades del medio exigen ese requisito. Decía W. Thomson que «no se conoce bien un fenómeno más que cuando es posible expresarlo en números».

Cuando los instrumentos eran imperfectos, no se tuvo más conquista científica que la observación del descenso de temperatura con la profundidad en el Atlántico, en contraste con la uniformidad de los fondos mediterráneos, de una temperatura de 13,5 y hasta el fin del pasado siglo era la creencia general que esa masa de agua formaba un conjunto inmóvil, homogéneo y como sin vi-

da. Y era natural que así fuese, pues hasta dicha época los instrumentos eran capaces de acusar los grandes cambios del Atlántico, pero no los pequeños del Mediterráneo, donde todo es en otra escala. Para estudiar los fenómenos mediterráneos necesitamos el centésimo de grado en temperatura y el centígramo en la salinidad. Como dice Nielsen, 1/10 de grado en el Mediterráneo es como un grado en el Atlántico.

De estos datos, de esas cifras apretadas, monótonas, confusas, es de donde la meditación permite de vez en cuando, inesperadamente, ponernos sobre la pista de una ley, de un fenómeno, que rodeado y envuelto por la inteligencia humana, nos permite enriquecer la ciencia con una nueva conquista. Pero estas anomalías de temperatura o salinidad, en definitiva, de presión y densidad, nos acusan ya un desequilibrio, un origen de movimiento, que acobarda al investigador que se enfrenta con un problema en el que, según bella frase del profesor Vallaux, «cada gota de agua es un mecanismo, así como hasta ahora cada gota era solo un organismo».

La fuente de energía de los movimientos y vida oceánica es el sol, como lo es de los terrestres. Las leyes de movimiento de las aguas tienen grandes contactos con las atmosféricas; es, si lo preferimos, una meteorología simplificada, y debemos temer que los entusiasmos neófitos de una ciencia nueva nos hagan pedir a la Oceanografía unas conclusiones que aún es incapaz de dar, como sucedió a aquella cuando, en 1876, publicaba Davy su obra «Los movimientos de la atmósfera y los mares, considerados desde el punto de vista de la previsión de tiempo», época que podemos considerar como la de oro de la meteorología. El establecimiento de las primeras cartas de tiempo hizo creer que era sencillísima su previsión; pero, a medida que las observaciones fueron más precisas y numerosas, vino el desencanto, pues eran tantas las excepciones que casi eran más que la regla, y hoy día, la meteorología es una de las ciencias más complejas de la mecánica y física de los flúidos.

Es de temer que la Oceanografía sufra una evolución parecida. Mejor dicho, así va sucediendo. Hace 15 años, analizó Defant las

temperaturas decrecientes de la mar en las profundidades ecuatoriales y demostró científicamente que ni por conducción ni por convección podía ocurrir eso, y que el agua debía, hace siglos, ser allí isoterma, por lo que era forzoso la llegada constante de un agua fría en corriente profunda, desvaneciéndose la idea general del reposo absoluto de los abismos. Así se ha podido empezar a edificar el sistema circulatorio del océano, regulador de la temperatura en su seno. Parecía, pues, la física matemática omnipotente para estos estudios, pero llegó en seguida la consideración de los diversos factores que intervienen en estos movimientos, y aunque Bjerkness en su «Hidrodinámica» estableció unas ecuaciones que con los dos factores de salinidad y temperatura, deducía dirección, intensidad y límites de las corrientes, Ekman lo enmendó añadiendo el efecto del viento, el coeficiente de frotamiento y la desviación producida por la rotación de la Tierra, con cuyo sistema de ecuaciones la observación de las expediciones científicas americanas ha demostrado su coincidencia; pero al aparecer el índice de oxigenación, ya Wüst se reconoce impotente y dice que por *ahora* hay que renunciar a la matemática, pretextando «la pequeñez del factor en relación a la viscosidad».

Se trata de un medio incomparablemente más estable que el aire, casi diremos que constante. Una temperatura o salinidad del fondo, o por lo menos ya a bastante profundidad para escapar a la influencia anual de la atmósfera, será casi constante en el transcurso de los años, pero sus diferencias mínimas, moviendo tan enorme masas, amplifican sus efectos de modo considerable...

Y no sólo son los factores antedichos, sino que hay que pesar la influencia del número de iones-hidrógeno, la viscosidad, la penetración de los rayos solares, la vida bacterial de las aguas, la índole de los fondos, con su repercusión en la biología y química del lugar... y qué sé yo cuantas más, confirmando la expresión de d'Alambert: «A medida que avanzamos en la busca de la verdad, parece que esta se aleja cada vez más», suplicio de Tántalo que Dios ha impuesto a los investigadores, para que no sólo

resplandezca la inmensidad de Su Omnipotencia, sino el estímulo del progreso que hacia El nos acerque. ¡Y estos estudios a través de la inmensidad de los mares! Y al poco de iniciarlos se complican con las mareas internas de Pettersson y Ekman, algunas de 200 metros de amplitud, unas veces relacionadas con la marea, otras con las estaciones, otras con complicadas conexiones paraláticas a las otras... y eso que estamos empezando.

Según el profesor Wüst, en el Atlántico solo hay 852 observaciones a más de 4.000 metros y de ellas 537 debidas a buques cableeros, o sea, sólo 300 propiamente científicas. En el Indico sólo 3, y en el Pacífico, con su inmensidad, 1.378, la mayoría en aguas del Japón, ¡Con tan escasa base, cómo queremos fundamentar ninguna seria teoría!; naturalmente, aunque el razonamiento y cálculo permiten deducir muchos fenómenos profundos basándose en observaciones más superficiales, no podemos decir que estemos en lo cierto hasta que la realidad lo haya confirmado, pues como decía Brillouin: «la Ciencia es omnipotente para encerrar en una fórmula matemática los fenómenos internos del mar».

Estas premisas que señalamos son para resaltar dos afirmaciones: una, la de que estamos ante una ciencia incipiente; otra, para que no le exijamos grandes cosas en los dos grandes problemas que le sometemos: su influencia en los climas, o sea, en la previsión del tiempo, y segundo, su utilización en la economía pesquera, como si dijéramos en el clima o medio de vida de las especies marinas, que nos permita predecir los años de abundancia o escasez, o mejor dicho, como la vida marina no desaparece, el saber los lugares donde se encuentra la pesca, los años en los que su escasez lleve el hambre y desconsuelo a la sufrida gente que de ello vive o a la nación que lo incluye entre los alimentos vitales de su subsistencia.

Una razón, sin duda poderosa, de por qué ha tardado tanto la Oceanografía el ocupar el puesto que le corresponde entre las ciencias, es el que mientras otras disciplinas pueden cultivarse en el propio domicilio, ésta exige salir a la mar; es decir, disponer de

un buque con personal científico y costoso material, lo que representa un gran gasto, sólo asequible a Gobiernos o a instituciones poderosas; y como estas condiciones no son fáciles de prodigar, se explica el que los orígenes de la Oceanografía estén ligados a las personas de los buques cableros, Comisiones Hidrográficas o a impulsos de problemas pesqueros que, naturalmente, relegaban a segundo plano los problemas oceanográficos.

Y el estudio de éstos no sólo requiere lo que decimos, sino una colaboración internacional, pues es tal su extensión que no hay Nación, por poderosa que sea, que pretenda la exclusiva, aparte de que los mares litorales y los estrechos son los lugares en los que lógicamente es más fácil efectuar estudios permanentes que sean las premisas de los conceptos genéricos.

En Europa son dos las Conferencias permanentes que se dedican a la Oceanografía; una en Copenhague, orientada hacia los problemas pesqueros; la segunda para el Mediterráneo, en París tal vez más especulativa, creada por el Príncipe Alberto, oficial que fué de nuestra Armada, y en cuya comisión reserva a España un puesto preeminente.

El Consejo Permanente para la Exploración del Mar, con sede en Copenhague, cuya supervivencia durante 40 años, pese a las vicisitudes de las relaciones entre las naciones de la Europa atlántica, pese a los gastos—no siempre bien llevaderos—que supone para los Estados adheridos, es prueba de su eficacia práctica. Y no sólo se ha mantenido por la adhesión de las naciones ribereñas de los mares Báltico y del Norte, que fueron las fundadoras, sino que otras más apartadas (Francia, España, Italia) han entrado como miembros del Consejo.

El ejemplo de las grandes exploraciones oceánicas inglesas, alemanas y francesas, hizo nacer el deseo (y ya hace más de 70 años), de emprender investigaciones similares en los mares mediterráneos del noroeste europeo, además de que otra circunstancia de importancia práctica particular para las naciones escandinavas entraba en juego. Se trataba de la fluctuación periódica secular en la

pesca del arenque, para cuyo estudio científico se advirtió la necesidad de colaboración con otras naciones no escandinavas. Un impulso de hacer ciencia pura y otro de alcance esencialmente práctico fueron, en suma, los que dieron vida al Consejo en 1902. Por ello, en el primer esbozo del programa, se imponía el Consejo la tarea de estudiar sistemáticamente las condiciones físicas, químicas y dinámicas y las pesquerías más interesantes del Mar del Norte y del Báltico, adoptando como premisa que la explotación racional del mar debe basarse, en cuanto sea posible, en investigaciones científicas, y en que la cooperación internacional es el medio más adecuado para obtener resultados satisfactorios en dicho sentido, especialmente si durante los trabajos no se olvida que su fin principal es el progreso y perfeccionamiento de la pesca con ayuda de convenios internacionales.

Los trabajos de índole biológica pertinentes a los peces de mayor interés comercial se dirigían a determinar la distribución de los huevos y de las larvas; a investigar la vida y las condiciones de vida de los adultos en estado de madurez, sus razas locales, emigraciones, alimento, enemigos, etc.; a determinar las variaciones periódicas en la presencia, abundancia y tamaño de las especies y sus causas; todo ello mediante pescas experimentales (con métodos uniformes) en las áreas y épocas de pesca conocidas y en las desconocidas, mediante el mercado de peces, y con la elaboración de estadísticas racionales y de cartas de pesca.

Tales fueron los principios normativos del Consejo y con tal firmeza continuados que, al cabo de 25 años, en su jubileo o bodas de plata, puede decir su Presidente, Mr. Maurice, estas palabras:

«Los estudios generales de ciencia pura (expuestos en la copiosa biblioteca que por sí solas forman las publicaciones del Consejo) han servido para preparar los estudios aplicados. El Consejo ha trabajado siempre con mira a resultados prácticos; los peces a que ha consagrado sus trabajo son aquellos de máxima importancia para la alimentación europea: el arenque, el bacalao, el eglefino, la platija, la merluza, el atún, etc. Algunos de ellos empiezan a

ser admirablemente conocidos y sabemos su crecimiento, sus emigraciones, su alimento, su abundancia en los fondos marinos.»

«El conocimiento del medio vital de estos peces se ha perfeccionado en extremo; el estudio metódico de las temperaturas, de la salinidad, de la distribución del plancton, nos ha llevado a inquirir las leyes generales que rigen la biología de los peces comestibles. Y téngase en cuenta que el estudio del mar y del mundo marino es infinito y no pretendemos tener de ellos más que nociones sumarias; las ya adquiridas han costado esfuerzo constante durante un cuarto de siglo.»

«Empezamos a recoger el fruto de la labor del Consejo al tratar de poner sobre bases serias la legislación pesquera. Las observaciones de aquél son una guía segura para la explotación racional del mar.»

Todo lo que antecede no son palabras vanas, aunque es harto difícil fijar la parte que del progreso de las pesquerías del norte europeo es realmente debida a la exploración científica. Las empresas de pesca, de por sí tradicionales y rutinarias, han ampliado, no obstante, y en gran manera, su campo de acción, y sobre estos nuevos campos no se han lanzado a ciegas, sino guiados por experiencias o sugerencias de los investigadores científicos del Consejo. Para entrar en detalles nos falta tiempo, pero sí queremos resaltar hasta donde la seriedad y el prestigio del organismo internacional alcanzan en la reglamentación de la pesca de arrastre.

Los trabajos de la exploración del mar han demostrado que los recursos marinos no son inagotables e ilimitados y deben ser protegidos contra las causas de destrucción. Así, el Consejo ha efectuado en gran escala el trasplante de platijas a las zonas empobrecidas por la pesca intensiva; y así, poco antes del comienzo de la actual guerra europea, las recomendaciones del Consejo condujeron al acuerdo internacional sobre el mallaje mínimo de las redes de arrastre y sobre la talla mínima del pescado vendible, convenio aceptado unánimemente por las naciones ribereñas del Báltico y

del Mar del Norte. Circunstancias de índole diversa han justificado la inhibición de Francia y de España en este asunto.

Al azar, a modo de ejemplo de lo que es la ictiobiología pesquera en los países de noroeste de Europa, exponemos unos cuantos temas objeto de investigación, cuya repercusión sobre el desarrollo de la pesca—a veces enmascarada—es segura, a plazo breve o largo. Y el azar nos lleva a exponer lo que ha hecho Dinamarca, con medios que están al alcance de los más modestos Estados europeos.

Se han estudiado las influencias de los factores físicos sobre la rapidez del desarrollo de los huevos de los peces y los cambios del peso específico de los huevos pelágicos. Los desplazamientos verticales nictemerales de las crías de peces y de los invertebrados. Investigaciones y tratamiento estadístico sobre el tamaño del «stock» de diversos peces en determinadas áreas. Investigaciones sobre la biología de la platija, del arenque, del bacalao, del eglefino, de la anguila, del salmón y de la trucha de mar. Importantes trabajos sobre las fluctuaciones de la pesca debidas a las variaciones en el número de los peces maduros o a la cantidad de huevos, u originados por factores físicos (diferencias térmicas de año en año, variaciones de salinidad, anomalías en las corrientes marinas). Se han deducido los efectos de la pesca sobre el «stock» de las especies. Complementariamente, estudios biológicos sobre el plancton y el bentos. En fin, las estadísticas de la pesca se elaboran racionalmente.

¿Para qué insistir? El ejemplo del Consejo Internacional de Copenhague ha sido aliciente para la formación de innumerables organismos, algunos de ellos también internacionales; los centenares de Institutos, Laboratorios y Estaciones que repartidos por el mundo entero «hacen» ictiobiología pesquera son la prueba de que no es ésta una moda pasajera, un encaprichamiento por cosas nuevas. Los Estados o Entidades que en ello invierten dinero lo hacen con la seguridad de que es dinero productivo en plazo más o menos largo.

Adherida España al Consejo desde 1924, ha participado en sus tareas con asiduidad y eficacia. Investigadores españoles han tenido asiento en diversas comisiones y secciones permanentes o han colaborado en la resolución de problemas circunstanciales, además de efectuar con la regularidad posible las campañas trimestrales para el estudio del Cantábrico (simultaneadas con Francia, Irlanda e Inglaterra), y del Estrecho de Gibraltar.

A ejemplo del Consejo—como ya hemos dicho—y por iniciativa del Príncipe Alberto de Mónaco, las naciones con costas en el Mediterráneo formaron la Comisión internacional para la exploración científica de este mar. La reunión preliminar se celebró en Mónaco en 1910, seguida de una reunión plenaria en Roma en 1914; la guerra interrumpió el desarrollo de la Comisión, que no se constituyó definitivamente hasta 1919, en la reunión de Madrid.

El *Buró* central, con sede en París, se reúne desde entonces una o dos veces al año y las sesiones plenarias, en turno bienal, lo han hecho en ciudades diversas; España volvió a honrarse con ellas en otras dos ocasiones: en 1924 (Madrid) y en 1929 (Málaga).

En la Presidencia de la Comisión han figurado el Príncipe de Mónaco, el Profesor Volterra y el Gran Almirante Thaon di Revel, que ocupa el cargo desde 1929. De una de las dos Vicepresidencias ha estado encargado durante muchos años un representante de España.

Todas las naciones mediterráneas, excepto Rusia, se han ido agrupando a la Comisión. España y su Protectorado marroquí tienen en ella papel relevante, formando los correspondientes Comité Nacional y de la Zona, además de nuestros oceanógrafos más caracterizados, representantes de la Marina de Guerra, del Observatorio de San Fernando y del Instituto Geográfico.

La Comisión Mediterránea, dentro de la modestia de los medios disponibles y de las mayores dificultades para el desarrollo fructífero de sus planes, sigue las huellas del Consejo de Copenhague, es decir, que la exploración científica se hace como base para la explotación racional del mar. Ambas son tenidas en cuenta bajo

los más diversos aspectos, para los que informadores permanentes elaboran «rapports» anuales o puestas a punto con el mayor rigor científico. Además, en cada reunión del pleno se determinan los problemas que han de tratarse en la siguiente.

Aunque sin el rigor y el método que en el Atlántico, no han faltado campañas de alta mar patrocinadas por la Comisión, como la del estudio de los Dardanelos por los italianos, las del Estrecho de Gibraltar (hidrografía y pesca del atún) por los españoles, etcétera, etcétera, y alguno de los Laboratorios costeros (Mónaco y Palma de Mallorca con mayor regularidad) efectúan estudios metódicos, hidrográficos y biológicos. No podemos entrar en detalles; pero basta repasar las publicaciones científicas de la Comisión (primero el «Boletín», luego los «Informes y Actas de las Reuniones», y en fin, la monumental «Fauna y Flora del Mediterráneo») para percatarse de la gran labor realizada por España y de su preeminente situación en tal organismo internacional.

Para responder mejor a sus deseos de colaboración internacional, ha creado el Instituto Español de Oceanografía cuatro Laboratorios costeros, a más del central de Madrid.

Uno en Santander, para que la costa Cantábrica, con dependencias en las islas de Marnay y de la Yerba, donde se hacen cultivos de algunas especies sedentarias y se prepara como escuela de capataces de pesca. Otro en Vigo, con secciones de Biología y Química, preferentemente industrial, con aspiración de asesorar en todos los problemas que a las industrias pesqueras y conservera preocupan. En Málaga, y en magnífico edificio, existe el tercero, con preparación especial para la Física del Estrecho, y naturalmente, cuidando también los problemas biológicos del Sur de España, costa Africana y Canarias. Por fin, el de Baleares aprovecha su envidiable emplazamiento y su tradición investigadora, ofrece alojamiento y medios de trabajo a oceanógrafos extranjeros, que encuentran en su tranquilidad un gran atractivo para sus estudios.

En Madrid se centralizan los problemas más complicados de esta Ciencia, disponiendo de unos magníficos Laboratorios de bio-

logía, física y química, para cuyas tareas se ha conseguido la cooperación de lo más destacado de la intelectualidad española.

ESTUDIO DE LOS ESTRECHOS

Los estrechos, al comunicar dos océanos o un mediterráneo y un océano, proporcionan el mejor medio de estudiar la cuestión del nivel mutuo, así como infinidad de problemas biológicos, por la facilidad de controlar las aportaciones de agua al mediterráneo al ser un recipiente cerrado. El análisis de un estrecho envuelve los siguientes temas: 1.º—Plano del estrecho. 2.º—Topografía del fondo y costados. 3.º—Estudio del nivel en ambas bocas y a lo largo del paso. 4.º—Fenómenos de corrientes en superficie y a diferentes profundidades.—Cantidad de agua trasvasada en función del tiempo. 6.—Propiedades físicas y químicas del agua en el estrecho y en sus dos bocas. 7.º—Meteorología del estrecho y de la región. 8.º—Biología en dichos lugares. 9.—Fenómenos invernales, si hay hielo. 9.º—Influencia de otros órdenes del estrecho en la región, en el centro del canal o en aguas adyacentes, si existen.

Como vemos, se requiere mucho tiempo y variado personal científico, que especificará sus observaciones en diferentes épocas, tal vez años o centurias, requiriéndose un laboratorio *ad hoc* como base, para ser cambiado a otro sitio del estrecho al cabo de cierto número de años.

En Europa tenemos algunos estudios en el Kategat, efectuados en la estación de Bornö, por Petterson. En Messina y Otranto, que con Vercelli tiene interesantes trabajos; y algo antiguos en los Dardanelos. Pero el más fundamental es el de Gibraltar, que a nosotros nos incumbe y sobre el que debemos poner no sólo el espíritu científico, sino el patriótico, que no debe tolerar en sus aguas más hegemonía que la nuestra.

ESTRECHO DE GIBRALTAR

El papel más importante asignado a España dentro de la ciencia oceanográfica radica en el estudio del Estrecho de Gibraltar, lugar verdaderamente clave para descifrar los fenómenos oceanográficos, tanto atlánticos como mediterráneos, a más de la investigación pura, pues se trata del mar interior más calificado, comunicando con un océano en una zona central de este último. Este estudio lo hemos recabado los españoles como derecho intransferible.

Y el panorama que se presenta al científico no puede ser más atractivo. Por un lado, un océano con dos metros de variación de nivel y en el otro sólo un metro de oscilación en Ceuta y de pocos centímetros algo más a levante, de aguas más densas, enormes recipientes que tienen que originar formidables trasvases, cifrados en 56.200 km^3 de agua atlántica a velocidades promedio de metro por segundo; y una contra-corriente poco menor que a profundidades entre 50 y 150 metros pasa con velocidades dobles, debido a la menor sección de paso, regresa al Atlántico. La diferencia de 5 por ciento es la cantidad que compensa el déficit que la diferencia entre evaporación y aportes fluviales tiene siempre nuestro mar.

La topografía submarina, en su relieve de poco fondo entre Tánger y Tarifa, forma casi una barrera, un obstáculo a tan formidable trasvase, originando acusados fenómenos dinámicos, no únicamente horizontales, sino en el plano vertical, al ser de sensible diferencia de densidad las dos masas saladas que se entrecruzan y en las que cabe la formación de mareas internas. Así como la aviación ha hecho del dominio vulgar que los valles y desfiladeros originan, al ser cruzados por el viento, torbellinos aéreos, depresiones, saltos y caídas de sus aparatos, iguales fenómenos debemos suponer en los fondos marinos al tener relieves acusados y esas masas que lo barren.

Son varias las expediciones extranjeras y españolas que han

trabajado en el Estrecho, las de más fruto entre las primeras, a principios de siglo, las del «THOR» y del «MICHAEL SARS»; las nuestras, unas dirigidas por el Príncipe de Mónaco y otras por el Instituto Oceanográfico, han atendido más a problemas superficiales o biológicos, que no a las corrientes profundas, cuya importancia crece de día en día.

Terminada nuestra Cruzada, y con los datos anteriores, hemos concentrado nuestra atención en el problema a la luz de los más modernos criterios, y al parecer hemos acertado en las conclusiones. No se presta hoy el Estrecho a efectuar campañas de esta índole que afinen nuestras deducciones, pero la misma guerra que padecemos ha rubricado las más interesantes de ellas.

Esas masas líquidas superpuestas, con movimientos opuestos, dan origen a fenómenos muy marcados. El primero podemos decir de *marea interna*, el segundo de *turbulencia*, y el tercero de *resonancia*.

Y con lo dicho termino estas ligeras nociones que sobre los problemas actuales de la Oceanografía hemos tratado de exponer; pero quiero cerrar el nudo que inicié al empezar, pidiéndoos que estudiéis la mar, que haciéndolo así la conoceréis; y no es posible conocerla sin amarla, sin desear disfrutar de sus riquezas, de sus caminos infinitos, cerrados a quien no pone sus miras en el *Poder Naval*. Que Dios nos libre de tener que repetir, con la misma amargura con que Bastianini, ministro de Asuntos Exteriores de Italia se expresaba en el Senado al dar cuenta del final de la campaña de Africa que «hemos sido vencidos por ese mar, padre de nuestras gentes, pero que sin embargo es enemigo nuestro».

Que Dios libre a España por una eternidad de ese reproche (1).

(1) NOTA.—Los problemas científicos de que solamente una insinuación se hace en estas páginas, se desarrollan por el autor en el número 117 de las *Notas y Resúmenes* del Instituto Español de Oceanografía (31 págs., 7 figs., Madrid, 1934).

LA INVESTIGACION SISMICA EN LA CAMOCHA (Gijón)

POR

JOSE GARCIA SIÑERIZ

Vicepresidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ANTECEDENTES HISTORICOS

La competencia, laboriosidad y entusiasmo por la minería de los hermanos Felgueroso, les hizo pensar, al comienzo del siglo actual, en la conveniencia de iniciar los trabajos de reconocimiento de la posible cuenca carbonífera existente debajo de los depósitos triásicos del Sur de Gijón, pertenecientes al tramo superior del sistema, constituido por las margas irisadas o Keuper. Era posible que debajo de esta formación litoral, estuviese la marina del Muschelkalk y aún la inferior, también litoral, de la arenisca abigarrada y que, por consiguiente, la formación hullera estuviese a una profundidad excesiva desde el punto de vista de su explotación industrial. El lugar del emplazamiento de los sondeos de reconocimiento había que elegirlo de tal modo que, en él, los estratos triásicos tuviesen un espesor mínimo. En la zona de la parroquia de San Martín de Huerces la erosión producida por los agentes me-

teóricos ha sido muy intensa; como lo prueba la existencia de las margas irisadas a un nivel mucho más alto, en la falda meridional del cerro «Pico del Sol», recubiertas por las capas liásicas que allí se encuentran en posición horizontal; y por ello, aquella zona estaba muy indicada para practicar un sondeo, cuyo emplazamiento fijó el eminente geólogo Don Lucas Mallada, en el lugar denominado La Camocha y al que se designa con el número uno.

Sondeo 1.—El sondeo de La Camocha (1) efectuado el año 1901, tuvo un éxito completo. A los 160 metros cortó el terreno hullero, cuyos estratos tienen una inclinación de más de 65° y están dirigidos de SO al NE, según se ha comprobado posteriormente. En él se encontraron tres capas de carbón; una de ellas de más de un metro de potencia y de buena calidad. Se le terminó a los 287 metros.

El año 1902 se empezó la perforación de un pozo maestro de 3,10 metros de diámetro útil. Son muy conocidas las grandes dificultades que hubo que vencer para desaguar un volumen superior a 200 metros cúbicos por hora, que determinaron hasta el abandono de la obra y el comienzo de un segundo pozo, situado a 1.000 metros de distancia del primero que también fué abandonado.

Sondeo 2.—El año 1914, el Instituto Geológico, en colaboración con la Sociedad Felgueroso Hermanos, empezó el sondeo número 2, situado cerca de Caldones. Cortó 330 metros de la formación triásica y a continuación, 234 metros de pizarras y calizas carboníferas, con la dirección NE-SO, ángulo de inclinación muy pequeño y buzamiento NO.

A los 563 metros se produjo un desprendimiento súbito de gases combustibles que inutilizó el material de sondeo por un violento incendio.

Este sondeo y los números 3 y 4 que se practicaron en sus in-

(1) Luis Felgueroso Primer Congreso de la Asociación de Ingenieros de Minas del Noroeste de España.—1931.

Fig 1

Perfil esquemático de La Camocha

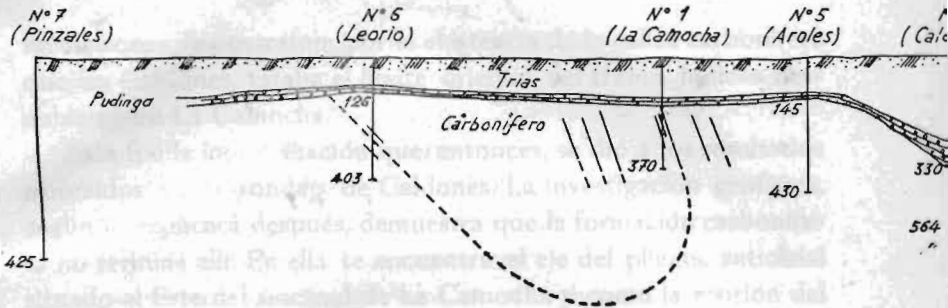


Fig 2

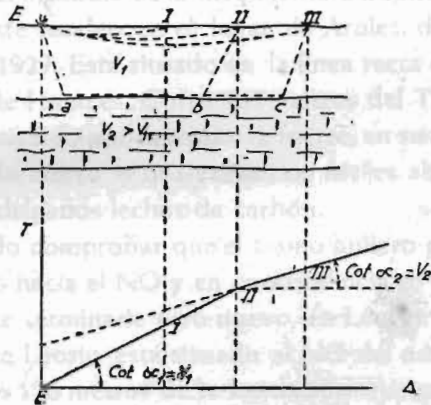
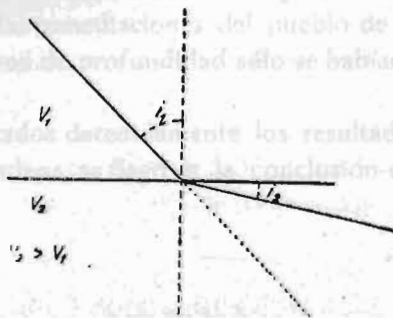


Fig 3



mediaciones demostraron, por la existencia de la caliza carbonífera que, en Caldones, estaba el límite oriental del tramo hullero descubierto en La Camocha.

Esta fué la interpretación que, entonces, se dió a los resultados obtenidos en el sondeo de Caldones. La investigación geofísica, según se explicará después, demuestra que la formación carbonífera no termina allí. En ella se encuentra el eje del pliegue anticlinal situado al Este del sinclinal de La Camocha y como la erosión del período carbonífero, ha suprimido toda la parte superior del pliegue, sólo han quedado los estratos estériles del carbonífero inferior y la caliza de montaña, cortado en el sondeo. Así se explica también la pequeña inclinación de los estratos y la acumulación de los gases que causaron el incendio de la maquinaria del sondeo.

Sondeo 5.—Se perforó este sondeo en el lugar de Aroles, de la parroquia de Vega, el año 1929. Está situado en la línea recta que une los de Caldones y el de Huerces. Cortó 145 metros del Trias y 285 de carbonífero, constituido por una pizarra fuerte, en su mayor parte, un conglomerado rojizo y una caliza con fósiles abundantes. A veces aparecían delgados lechos de carbón.

Con este sondeo se pudo comprobar que el tramo hullero productivo debía estar situado hacia el NO y en consecuencia se emboquilló inmediatamente de terminarle otro nuevo, en Leorio.

Sondeo 6.— El sondeo de Leorio está situado al NO del número 1. En él sólo se cortaron 126 metros de la formación triásica en la que no existía el conglomerado característico que le sirve de base y 277 del Carbonífero con tres capas de carbón de 0,30, 1,40 y 3 metros de espesor respectivamente y con una inclinación de 50°.

Sondeo 7.—En vista del éxito obtenido en Leorio, se trasladó la sonda más al NO, hasta las inmediaciones del pueblo de Pinzales, donde hasta los 425 metros de profundidad sólo se habían atravesado terrenos estériles.

Pozo Maestro.—Estudiados detenidamente los resultados obtenidos en los distintos sondeos, se llegó a la conclusión de que el

mejor lugar para la perforación del pozo maestro era el del sondeo La Camocha.

Conocidas las dificultades que había que vencer para pasar la zona acuífera en el primer trabajo realizado el año 1902, se dió comienzo a los nuevos el día 1 de julio de 1930 y se utilizó con éxito completo, el procedimiento de la cementación, no sin vencer, también, grandes obstáculos; llegando a terminar el pozo número 1 que, en el día de hoy, tiene la profundidad de 220 metro; y el número 2, de 370 metros que se emplea para la extracción de unas 300 toneladas diarias de hulla. Actualmente se procede a la construcción de otro pozo que ha de alcanzar la profundidad de 420 metros, para extraer, por él, medio millón de toneladas al año.

Según se indica en el esquema representado en la figura 1 se han cortado 28 capas de carbón, con potencias superiores a 0,85 metros, cada una de ellas. Es la formación que presenta mayor densidad de carbón de todas las conocidas en España.

Al conocer los valores del ángulo de dirección de las capas; del de inclinación; y el sentido del buzamiento, en el pozo de La Camocha y compararlos con los obtenidos en el sondeo de Leorio, se ha podido sentar la hipótesis de la existencia de una estructura sinclinal asimétrica, cuyas ramas se unen a gran profundidad. La galería transversal que se está practicando no tardará mucho en cortar la rama N. O. de ese sinclinal y, en ese caso, debe cortar también las 28 capas de carbón, encontradas en la rama S. E., duplicando el ya extenso campo de explotación.

ORIGEN DE LA CUENCA

La cuestión del origen de la cuenca carbonífera de La Camocha, ha sido muy debatida. Adaro opina que es de origen simultáneo y común con la de Langreo—lo cual no quiere decir que sea la prolongación de la misma—aunque reconoce que pueden presentarse hiladas del Hullero superior.

Mallada, que sólo encontró un fósil clasificable en el sondeo

número 1, creyó, por el contrario, que pertenecía al Hullero superior.

Patac opina que es una cuenca estefaniense, completamente separada de la central.

Otros notables geólogos han emitido las más diversas opiniones, sin que, hasta ahora, les haya sido posible llegar a un acuerdo.

Una opinión muy digna de tenerse en cuenta es la de D. Secundino Felgueroso quien afirma, con arreglo a los datos obtenidos en la galería transversal practicada en el pozo de La Camocha que allí se han cortado, primeramente, el grupo de capas, llamado Las Generales, que como se sabe, están situadas en la parte alta del carbonífero inferior o pobre; después se cortaron las de San Antonio, Angelita, grupo de María Luisa, Sotón, etc., que constituyen el tramo inframedio o rico; llegando así al eje del pliegue sinclinal a partir del cual se espera volver a encontrar todas las capas mencionadas.

Con arreglo a estos datos, a los resultados de los sondeos y al estudio general de la cuenca, el carbonífero de La Camocha, creemos nosotros que contiene: el inframedio; el inferior y la caliza de montaña. Faltan completamente el supremedio y el superior.

Durán y Fernández (1) publicaron el año 1914, un corte estratigráfico detallado del Sistema Carbonífero de Asturias, en su cuenca central, hecho por Adaro, que coincide con los resultados presentados por Felgueroso.

El Instituto Geológico y Minero de España se ocupa ahora de esta importante cuestión, con el deseo de encontrar un abundante material de la flora fósil clasificable, que le permita opinar de una manera definitiva.



(1) Atlas geológico y topográfico de la provincia de Oviedo, por M. Durán y J. Fernández. Lámina X (1914)—(con los estudios de Schultz, Barrois y Adaro).—

Los antecedentes anteriores resumen todo lo que se conoce respecto a la cuenca carbonífera de «La Camocha». Por la gran importancia que, para la economía nacional, tiene la existencia de una cuenca carbonífera en las inmediaciones del puerto del Musel, es preciso estudiarla y reconocerla con la mayor rapidez posible y para ello está muy indicado ejecutar una investigación geofísica por el método sísmico de prospección que nos dé a conocer la profundidad de la formación carbonífera, considerada en conjunto, debajo de las más modernas que la ocultan, como objetivo más inmediato y después, si es posible, suministre indicaciones que permitan reconstituir su tectónica y como consecuencia, la continuación del sinclinal conocido y la posibilidad de existencia de nuevos senos hulleros productivos.

Una vez terminado este estudio previo, bastará un pequeño número de sondeos, cuyo presupuesto podrá ser calculado, de antemano, por conocer la profundidad que tienen que alcanzar para comprobar los resultados obtenidos en aquél, o en su caso, servir de base para modificar alguna de las interpretaciones efectuadas y llegar a un conocimiento seguro y completo del problema planteado.

El método sísmico de prospección está muy indicado para la resolución del problema propuesto. Los sedimentos triásicos están en posición horizontal y en su base existe una capa de pudinga que se caracterizarán por su constante de velocidad sísmica, con toda claridad y que podremos considerar como un horizonte guía u *horizonte maestro*.

La formación carbonífera está plegada en la dirección SO—NE. Si se efectúan los perfiles sísmicos en esa dirección, obtendremos, unas veces, la constante sísmica correspondiente al tramo productivo; otras, la del inferior o pobre y también se encontrará la de la caliza carbonífera.

Se podrá emitir opinión, por consiguiente, sobre la constitución tectónica de aquélla y delimitar los pliegues sinclinales en que se encuentran los tramos productivos que buscamos.

FUNDAMENTO DEL METODO

El empleo de los métodos sísmicos de investigación del subsuelo se funda en la medición de la velocidad de propagación de las ondas elásticas artificiales, a través de las distintas capas que le constituyen.

Cada grupo de rocas está caracterizado por una cierta velocidad de propagación de las ondas sísmicas, independiente de su edad geológica, aunque generalmente aumenta con ella.

Las investigaciones de Mohorovicic y Gutenberg (1) han puesto de manifiesto que a pequeñas distancias epicentrales, se registran dos clases de ondas longitudinales a la llegada del movimiento sísmico: las P, llamadas individuales, que se propongan por la superficie del suelo, en el caso de sismos producidos artificialmente, por medio de explosiones y van directamente desde el foco E a las estaciones I, II, III, etc. (Fig. 2) sin experimentar refracción alguna y las ondas normales P que del epicentro se dirigen a la superficie de discontinuidad de los estratos, sufren en ella dos refracciones en a y b y después se remontan a la superficie exterior. El instante de la llegada de ambas clases de ondas al sismógrafo depende de la profundidad de los estratos, de la velocidad de propagación a través de los mismos y de la distancia epicentral elegida. Estas magnitudes se relacionan entre sí por medio de las curvas dromocrónicas, construídas por puntos en un sistema de ejes coordenados rectangulares, cuyas abcisas sean las distancias epicentrales, correspondientes a cada situación de los sismógrafos y cuyas ordenadas sean los tiempos de recorrido del rayo sísmico, al llegar a cada uno de ellos.

(1) A. Mohorovicic. Jahrbuch des meteorologischen Observatoriums in Zagreb.

B. Gutenberg. Neue Auswertung der Aufzeichnungen der Erdbibebenwallen, infolge der Explosion v. Oppen—Phys. Zeit—1925.

Supongamos, fig. 2, (") una capa exterior en que la velocidad de propagación de las ondas es V_1 , y otra inferior a la que corresponde el valor $V_2 > V_1$.

Si el sismógrafo I, está bastante cerca de la estación, la onda directa EI llegará antes que la reflejada; y mientras esto suceda, la velocidad de propagación V_1 , aparecerá constante y su representación gráfica en la curva dromocrónica será la resta EI II que forma con el eje de las X, el ángulo α_1 . Para una cierta distancia epicentral, por ejemplo E II, el rayo sísmico reflejado E a B II, tardará en llegar al sismógrafo el mismo tiempo que el directo E I II, puesto que la velocidad media del primero aumenta con el recorrido ab a la velocidad V_2 . A partir de esa distancia epicentral, el rayo reflejado llegará siempre primero, y a una cierta distancia, por ejemplo, la de la estación III, la velocidad será, sensiblemente, igual a V_2 . El trozo correspondiente de la curva, será la línea II III, que forma con el eje de las distancias el ángulo α_2 . En el punto II, se presenta el codo de la curva, determinado por la construcción gráfica y sus coordenadas son uno de los datos que se necesitan para el cálculo de la profundidad de la capa de velocidad sísmica V_2 . El dato restante es la velocidad de propagación de las ondas que le suministra también la curva dromocrónica, puesto que $V_1 = \cot \alpha_1$ y $V_2 = \cot \alpha_2$.

Siguiendo los razonamientos y cálculos expuestos en mis obras ya citadas se obtienen las fórmulas siguientes para la profundidad de la capa geológica de velocidad V_2 ,

$$h = \frac{t}{2} \frac{V_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}} \quad \text{en función del}$$

(") Los Métodos geofísicos de prospección por José G. Siñeriz, 1928.

La Interpretación geológica de las modiciones geofísicas, ídem. 1934. Tomo 1.°

La ídem ídem ídem ídem, 1940. Tomo 2.°

tiempo t , correspondiente a $\Delta = O$, es decir, el interceptado en el eje por la prolongación del lado de la dromocrónica II III y

$$h = \frac{\Delta}{2} \sqrt{\frac{V_1 - V_2}{V_1 + V_2}} \text{ en función de la}$$

distancia epicentral del codo de la dromocrónica.

La aplicación de estas fórmulas exige que las velocidades sísmicas V_1 , V_2 , V_3 vayan aumentando hacia abajo.

Sino sucede así el rayo refractado no puede llegar al exterior. Las velocidades de propagación de las ondas sísmicas, están relacionadas con los ángulos de incidencia y de refracción i_1 , e i_2 , por la expresión

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{\text{Sen } i_1}{\text{Sen } i_2}$$

Si V_2 es menor que V_1 , i_2 es también menor que i_1 y el rayo refractado se aproxima a la normal a la superficie de separación de los dos medios en el punto O (Fig. 3) y nunca podrá llegar al exterior.

Entonces es preciso admitir la teoría llamada del rayo normal (1) y aplicar la fórmula correspondiente.

$$h = \frac{\Delta}{2} \left(1 - \frac{V_n}{V_n + 1} \right) = K$$

siendo Δ la distancia epicentral del sismógrafo. Al factor K le hemos dado el nombre de *factor de multiplicación*. Si se dispone de los resultados obtenidos en un sondeo, se le determina directamente y entonces, los valores deducidos son muy satisfactorios. Cuando no sucede así, se consideran los valores medios de V_n y $V_n + 1$.

Si V_2 es mayor que V_1 , llegan al sismógrafo, tanto el rayo re-

(1) La interpretación geológica de las mediciones geofísicas Tomo 1.º página 29—por José G. Siñeriz.—

fractando como el normal, el primero es el más rápido y el segundo; el de mayor intensidad. He ahí la necesidad de efectuar explosiones muy potentes, para evitar el error de tomar el segundo por el primero, cuando éste no se marque, con claridad, el el sismograma.

LINEA SISMICA EN EL SONDEO DE AROLES

Para conocer el valor de la constante de profundización, hemos utilizado los resultados obtenidos en todos los sondeos mecánicos efectuados. Describiremos, como ejemplo, el perfil sísmico efectuado en el llamado de Aroles.

En él, la sonda cortó, según se indica gráficamente en la lámina I, un grupo de capas margosas, hasta la profunnidad de 37 metros; de arenisca roja hasta los 60; de calizas hasta los 86; un nuevo paquete de areniscas rojas, hasta los 127; la capa característica del conglomerado triásico, hasta los 145 y las margas situadas en el contacto con la formación carbonífera, hasta los 168 metros.

El valor de K resulta:

$$K = \frac{145}{700} = 0,21$$

El promedio obtenido entre todos los sondeos ha sido $K = 0,23$ que es el que aceptaremos para los cálculos.

El trabajo de investigación en curso, comprende ya 20 líneas sísmicas cuyos resultados estudiamos para efectuar su interpretación. Aún serán precisas muchas más, para darle por terminado. Como ejemplo de este estudio, presentaremos el de la línea I, efectuada en el sondeo de Aroles, que ya hemos mencionado.

El barreno de la línea I, se ha situado a 100 metros al Sur del sondeo denominado Aroles y a un kilómetro, próximamente, al Este del pozo número 1 de La Camocha. Las estaciones avanzan de 100 en 100 m. en sentido O-10°S hasta una longitud de 1.400 m. Hubo que prescindir, sin embargo, de las 5 últimas posiciones,

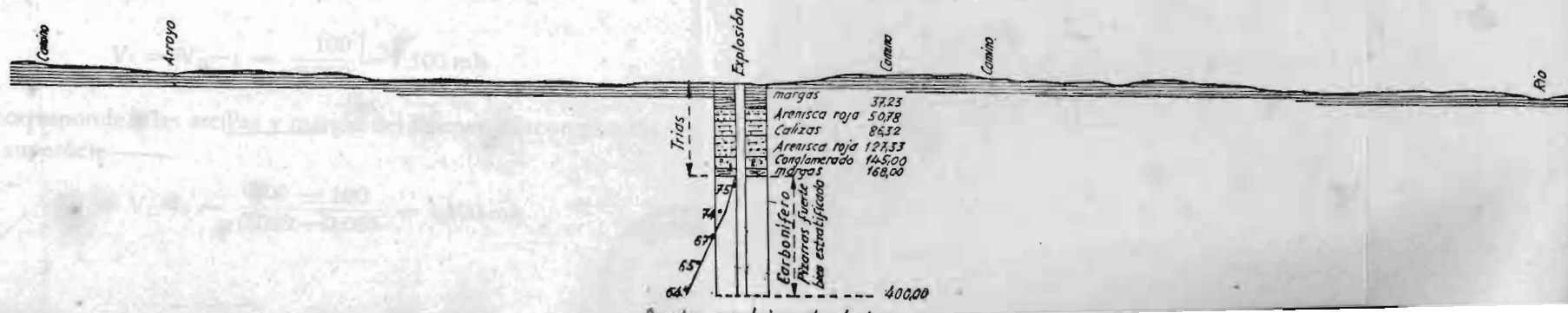
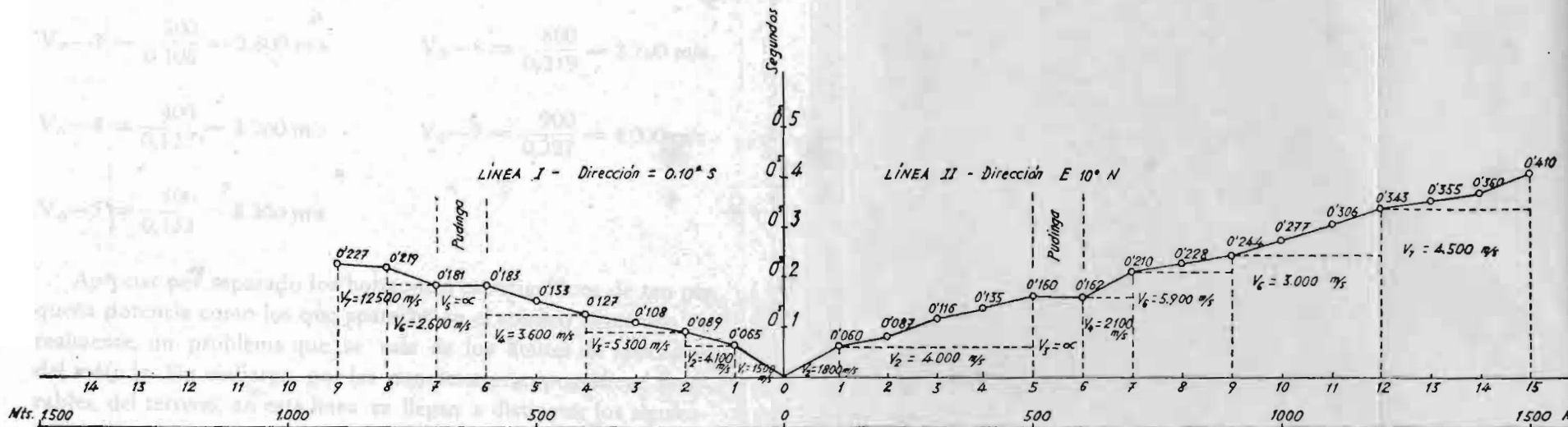
INVESTIGACIÓN SÍSMICA EN LA CAMOCHA (GIJÓN)

Línea dromocrónica Nº 1-II

por

José G. Sineriz

Escalas { Para la dromocrónica { Distancias 1:10.000
 { Para el perfil - { Tiempos 1 cm = 0,1 segundos
 { Distancias y altura = 1:10.000



por ser imposible su observación a causa de la trepidación de las instalaciones mecánicas de la mina.

Los resultados obtenidos del cálculo de los sismogramas se han traducido en la línea dromocrónica número I. Las velocidades medias desde el barreno a cada una de las estaciones han sido las siguientes:

$$V_{o-1} = \frac{100}{0,065} = 1.500 \text{ m/s} \quad V_{o-6} = \frac{600}{0,183} = 3.300 \text{ m/s}$$

$$V_{o-2} = \frac{200}{0,089} = 2.300 \text{ m/s} \quad V_{o-7} = \frac{700}{0,181} = 3.900 \text{ m/s}$$

$$V_{o-3} = \frac{300}{0,108} = 2.800 \text{ m/s} \quad V_{o-8} = \frac{800}{0,219} = 3.700 \text{ m/s}$$

$$V_{o-4} = \frac{400}{0,127} = 3.200 \text{ m/s} \quad V_{o-9} = \frac{900}{0,227} = 4.000 \text{ m/s}$$

$$V_{o-5} = \frac{500}{0,153} = 3.300 \text{ m/s}$$

Apreciar por separado los horizontes estratigráficos de tan pequeña potencia como los que aparecen en el sondeo mecánico es, realmente, un problema que se sale de los límites de aplicación del método. Sin embargo, por las condiciones topográficas, favorables, del terreno, en esta línea se llegan a distinguir los siguientes grupos de capas:

$$V_1 = V_{o-1} = \frac{100}{0,060} = 1.500 \text{ m/s}$$

que corresponde a las arcillas y margas del Keuper, descompuestas en la superficie

$$V_2 = V_{1-2} = \frac{200 - 100}{0,089 - 0,065} = 4.100 \text{ m/s}$$



representa la constante sísmica de las primeras areniscas.

$$V_3 = V_{2-4} = \frac{400 - 200}{0,127 - 0,089} = 5.300 \text{ m/s}$$

la del tramo de calizas.

$$V_4 = V_{4-6} = \frac{600 - 400}{0,183 - 0,127} = 3.600 \text{ m/s}$$

la del segundo horizonte de areniscas.

$V_5 = V_{6-7} = \infty$, la de la capa de pudinga, base del Trias, que por ser cuarzosa y muy compacta se manifiesta con una gran velocidad aparentemente, igual a infinito.

En la estación 8 aparece una gran disminución de la constante sísmica, que resulta:

$$V_6 = V_{7-8} = \frac{700 - 600}{0,219 - 0,181} = 2.600 \text{ m/s}$$

El valor pequeño encontrado está producido por el mismo efecto que acabamos de explicar para el horizonte de la pudinga, pero en sentido contrario.

La siguiente alineación indica, por su alto valor, que el rayo sísmico recorre los estratos carboníferos.

$$V_7 = V_{8-9} = \frac{900 - 800}{0,227 - 0,219} = 12.500 \text{ m/s}$$

La velocidad sísmica, aparente, igual a infinito, encontrada para la pudinga, que constituye la base del Trias, es tan característica que esta formación constituye el *horizonte maestro*, que nos ha de servir en lo sucesivo para conocer la profundidad a que se encuentra la formación carbonífera en cada lugar.

La constante K (1) para el cálculo de profundidades no es la misma cuando el rayo sísmico pasa de las arcillas superficiales a las areniscas duras o a las calizas, que a partir de éstas, por ser más pequeñas las diferencias de velocidad. Por consiguiente aplicaremos para el primer horizonte el valor.

$$K = \frac{1}{2} \cdot \frac{V_2 - V_1}{V_2 - V_1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4.100 - 1.500}{4.100 - 1.500} = 0,34$$

Así resultan las areniscas a una profundidad teórica de

$$100 \times 0,34 = 34 \text{ m.}$$

En el sondeo mecánico aparecen a 37 m. con 3 m. de diferencia.

A partir de este punto tomaremos para el valor de K el que resulta de comparar la profundidad real, obtenida en el sondeo, con las distancias epicentrales en la línea I y en su contralínea, la II. Para el horizonte maestro, constituido por la pudinga, que se caracteriza por la constante sísmica aparente, igual a infinito, es de 600 metros en la línea, y en la II de 500 m., luego la media es de 550 m.

Como el valor obtenido es el sondeo para la profundidad de la pudinga es de 127,33 metros, la constante de profundización será:

$$K = \frac{127,33}{550} = 0,23$$

valor que aplicaremos en adelante para todos los horizontes, a excepción del primero.

Así resulta, para la profundidad de la capa caliza.

$$200 \times 0,23 = 46 \text{ metros.}$$

(1) La interpretación geológica de las mediciones geofísicas. Tomo 1. José García Siñeriz.

En el sondeo mecánico aparece, a los 59,38 metros, luego hay una diferencia de 13,78 metros.

Las areniscas se manifiestan a $400 \times 0,23 = 92$ metros contra 86,32 m. en el sondeo, por lo tanto con un error de 5,68 m. y la pudinga, aplicando esta constante media obtenida a $600 \times 0,23 = 138$ metros contra 127,33 metros en el sondeo, con un error de 10,66 metros.

Su muro resulta a $700 \times 0,23 = 151$ m. con una diferencia de 5 metros con relación a aquél.

Teniendo en cuenta que los receptores se colocan de 100 en 100, el límite de apreciación del método es, próximamente, de unos 23 m.; luego los resultados obtenidos concuerdan sensiblemente con los conseguidos en el sondeo.

Además, los valores obtenidos para las profundidades por el método sísmico; son un promedio de las existentes entre los diferentes puntos del horizonte considerado, en los alrededores de la vertical del lugar de los barrenos y pueden suministrar un dato de mayor valor relativo que el obtenido en un taladro mecánico, que sólo indica la profundidad buscada en un círculo de muy pocas pulgadas de diámetro.

Termino la breve reseña del plan de la investigación que realizamos en la zona de La Camocha, dando a todos las más expresivas gracias por la atención de haberme escuchado, y muy especialmente al Excmo. Sr. Vice-Rector Don Enrique de Eguren, por las amables palabras e inmerecidos elogios que me dedicó al comenzar esta conferencia.

Tengo que testimoniar también la satisfacción que me produce la importantísima contribución de esta Universidad, a la labor del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, con la realización del programa de notables conferencias organizado en el IV Curso de Verano y II para extranjeros, cumpliendo así las consignas de su presidente y Ministro de Educación Nacional Excelentísimo Sr. D. José Ibañez Martín, nervio y motor de aquél.

¡Arriba España! ¡Viva Franco!

EL CAÑÓN DEL COLORADO

POR

E. CUETO RUI-DIAZ

INGENIERO DE MINAS

HISTORIA

En el mes de mayo de 1536 llegaron a la población mejicana de Culiacán, fundada pocos años antes en la costa oriental del Golfo de California (llamado también, en aquella época, Mar de Cortés y Golfo de las Perlas), tres españoles y un negro, que, por el extraño y lastimoso estado en que se hallaban, inspiraban a unos viva curiosidad y a otros honda compasión. Eran los supervivientes de una poderosa expedición que, mandada por Pánfilo de Narvaez, había zarpado de España en 1527, dirigiéndose a La Florida, tierra descubierta diez años antes por Ponce de León, con el firme propósito de conquistarla. Tuvo aquella empresa el más desastroso fin que pudiera esperarse, pues, perdidas todas las naves y con ellas la mayor parte de los 600 hombres que transportaban, los restantes fueron pereciendo poco a poco en la pantanosa costa en que desembarcaron, unos víctimas de las enfermedades y otros atravesados por las flechas de los belicosos indios.

Los cuatro que se salvaron recorrieron, a pie y desnudos, el in-

menso país que se extiende entre La Florida y la costa mejicana del Pacífico, constituido en su mayor parte por regiones áridas, caldeadas en el verano por un sol abrasador y azotadas en el invierno por helado cierzo. En su inacabable peregrinación, que duró más de ocho años, anduvieron aquéllos forzosos, pero intrépidos caminantes del desierto una distancia que el historiador norteamericano Fletcher Llummis estima, acaso con exageración, en unas 10.000 millas terrestres, que equivalen a más de 16.000 kilómetros. Uno de aquellos héroes, llamado Alvar Núñez Cabeza de Vaca, que era persona de esmerada instrucción, hizo del penoso viaje un relato que causó en quienes lo escucharon grande asombro.

Informado de este extraño suceso el Virrey de la Nueva España, que lo era a la sazón D. Antonio de Mendoza, dispuso que se organizara una expedición destinada a explorar los misteriosos territorios visitados involuntariamente por Cabeza de Vaca y sus compañeros. Se encargó de aquella difícil empresa Vázquez Coronado, quien, a principios de 1540, salió de Culiacán con 250 hombres, llevando por guía a Fray Marcos de Niza, misionero que pretendía haber descubierto, el año anterior, las Siete Ciudades de Cibola, de cuyas riquezas se decía que habían hablado los indios con gran encomio a Alvar Núñez. La asombrosa exploración de Coronado no sólo se extendió a la porción de las Montañas Rocosas en que hoy radican los estados de Nuevo Méjico, Arizona y Colorado, sino también a la parte de las vastas llanuras situadas más al Este en que se hallan los estados de Oklahoma y Kansas, donde pacían entonces grandes rebaños de bisontes americanos, animales a los que los españoles dieron el nombre de «cíbolos».

De dicha exploración solo haré referencia a un episodio que causó honda sorpresa a los que tomaron parte en él. A los siete meses de su salida de Culiacán llegó la expedición a los pueblos indios de Zuñi, en el Oeste de Nuevo Méjico, edificadas sobre altos riscos. Allí dividió Coronado su fuerza en pequeños grupos, cada uno de los cuales exploró el sector del país que le fué asignado. Uno de aquéllos, formado por veinte hombres al mando del

capitán Pedro de Tovar (o tal vez al de Lópe de Cárdenas), marchó en dirección Noroeste, llegando después de atravesar muchos kilómetros de desierto, a una región elevada cubierta de bosques de pinos y enebros. Cuando, guiados acaso por indios «hopis», intentaron después avanzar hacia el Norte, apareció súbitamente ante sus ojos un gigantesco barranco por cuyo fondo corría encajonado un río de aguas cenagosas. Aunque éste fluía hacia el Oeste, el color de las aguas les indujo a creer que aquel río era el Colorado, el cual, en su curso inferior, único conocido entonces, corre de Norte a Sur. La grandiosa y solitaria quebrada de este modo descubierta había de convertirse, andando los siglos, en uno de los lugares de la Tierra visitados por mayor número de geólogos, geógrafos y turistas.

Aquel profundo surco, como tantos otros de análoga morfología de la región árida del Suroeste de los Estados Unidos y de la parte próxima de Méjico, fué llamado por los españoles «cañón»; castizo vocablo castellano incompatible con la ortografía y la fonética inglesa, por lo que los norteamericanos no pueden ni escribirlo ni pronunciarlo. La emoción que el Cañón del Colorado haya podido producir a Tovar y a sus soldados no habrá sido inferior a la experimentada por algunos escritores modernos, a los que aquel estupendo rasgo fisiográfico inspiró frases dignas de ser recordadas. Dudley Werner dice que es el más sublime de todos los espectáculos de la Tierra. El profesor Van Dyke le describe en los siguientes términos: «Más imponente que el congosto del Yellowstone, más hermoso que el Niágara, más misterioso en su profundidad que el Himalaya en su altura, el Cañón del Colorado no es, como alguien ha dicho, la octava maravilla del mundo, sino que es más bien la primera, porque no hay nada sobre la superficie de la Tierra que pueda equipararsele». Teodoro Roosevelt, le juzga indescriptible y estima que no tiene paralelo en toda la redondez del globo. William Winter le llama paisaje de horrible desolación y, al mismo tiempo, de aterradora vitalidad, al que no se aproximaron ni Dante ni Milton en sus más sublimes inspiraciones. (J. Miller en-

carece con estas palabras la belleza del Cañón: Tomad la más grande, la más sublime cosa que ojos humanos hayan visto; modeladla como pudo haberla modelado la mano de Dios al crear el mundo; pintadla como sabían pintar los grandes maestros de la Antigüedad, y tendréis el Cañón grande del Colorado. Las frases transcritas, y otras que pudieran ser reproducidas, no obstante lo que en ellas pueda haber de hiperbólico, ponen de relieve la grandeza del Cañón y la profunda impresión que causa en quien le contempla.

Los españoles no se limitaron a descubrir la célebre garganta. Es lo más verosímil que, conquistado definitivamente Nuevo México, el año 1580, por Juan de Oñate y fundadas en él varias ciudades, entre ellas la de Santa Fé, los audaces e inquietos habitantes de la nueva colonia exploraran minuciosamente el árido país situado al Oeste, y llegaran repetidas veces al borde meridional del Cañón del Colorado, el cual constituiría el obstáculo, aparentemente insuperable, que se oponía a su avance hacia el Norte. La necesidad de franquearlo no se sintió, sin embargo, hasta que, en el último tercio del siglo XVIII, los españoles se establecieron en la región que hoy llaman los americanos, con legítimo orgullo, el dorado jardín de California. La comunicación por tierra entre las dos provincias más septentrionales de la Nueva España no era posible sin vadear el Colorado, y para conseguir ésto, siguiendo el camino más corto, había que cruzarle por el Cañón de Arizona. El honor de haberlo realizado los primeros corresponde, como el de otras mil empresas heroicas, a los frailes que acompañaban a los conquistadores, muchos de los cuales, además de la labor apostólica a que se hallaban entregados; se consagraban al estudio de la geografía, la fauna, la flora y las lenguas de los indios. A aquella admirable clase de misioneros exploradores pertenecieron los Padres Vélez y Escalante, religiosos franciscanos que realizaron largos y fatigosos viajes por los desiertos de Arizona y Utah, unas veces solos y otras llevando por guías a los indios.

Los mencionados Padres vadearon el Colorado, sin guías, el

año 1775, por el tramo nombrado hoy Cañón del Mármol, con ocasión de su viaje desde Nuevo Méjico a las lagunas de los Yamparicas (el gran Lago Salado y lagos menores próximos), desde donde regresaron por el país de los indios hopis a la ciudad de Santa Fe. La relación que hicieron de su viaje, publicada por Novo y Colson en su libro sobre el «Viaje alrededor del Mundo de las corbetas Descubierta y Atrevida», contiene una interesante descripción del vado, de la cual es el siguiente párrafo: «Primero un rincón todo cercado de cerros y crestones de tierra colorada, muy elevados, que teniendo varias formas y siendo el llano intermedio del mismo color, tiene un aspecto agradablemente confuso; luego arenales muy escarpados y pasos difíciles con bancos peligrosísimos de peñas; finalmente un vado de ascenso tan escabroso, que fué preciso hacer con pico algunos escalones en la piedra viva para las caballerías, y bajar a mano todas las cargas y aparejos». Este paso, conocido aun hoy con el nombre de «Crossing of the Fathers» (El Vado de los Padres), se cree que haya sido utilizado, por última vez, por los indios navajos en los años 1866 y 1867, en cuya época realizaron repetidas incursiones en la mitad meridional del estado de Utah para saquear las primeras colonias mormonas establecidas allí. L. Kolb, quien visitó el vado en 1911, buscó en vano la vieja senda que cruzaba el río en aquel punto.

Los primeros norteamericanos que visitaron el Cañón del Colorado fueron el cazador de castores James O. Pattie y su padre, quienes siguieron el borde meridional, de Oeste a Este, en 1826, es decir, cerca de tres siglos después de haber sido descubierto por los españoles. El célebre viaje del Mayor Powell, con nueve hombres, desde Green River City, en el estado de Utah, hasta la desembocadura del río Virgen, en Arizona, fué realizado en el verano del año 1869 y demostró que en el trayecto recorrido, que pasa de 1.600 kilómetros, no existen, como se creía, ni grandes cascadas, ni peligrosos remolinos, ni pasos subterráneos. Dicho viaje, efectuado en 4 botes provistos de abundantes provisiones, es un episodio de los más sugestivos y heroicos de la conquista

del Oeste por los americanos; pero no resiste la comparación con las inauditas marchas de nuestros exploradores, los cuales, las más de las veces, carecían hasta de lo más necesario, pues iban cubiertos de harapos y sus únicos alimentos eran los que les facilitaban las plantas que crecen en aquellas semi-desérticas regiones.

Con el fin de conservar el Cañón del Colorado tal cual era en el principio, esto es, como se ofreció en 1540 a los ojos atónitos del Capitán Tovar y de sus soldados, fué declarado Parque Nacional, para beneficio y deleite del pueblo, por Ley del Congreso de los Estados Unidos de 26 de febrero de 1919. Las dos vertientes del Cañón fueron estudiadas minuciosamente, y los centenares de barrancos, torres, mesas y cerros modelados en ellas por la erosión recibieron nombres de dioses, héroes, reyes, naturalistas, etcétera. Nuestros exploradores no fueron olvidados, como era de justicia, por los geólogos y geógrafos americanos, quienes dieron a ciertas formas topográficas notables los nombres de Tovar, Cárdenas, Coronado, Escalante, Alarcón, Cabeza de Vaca, Francisco Garcés y Marcos de Niza.

Siendo el Cañón del Colorado uno de los trazos más vigorosos de la faz de la Tierra; habiendo sido descubierto por españoles, quienes le dieron el nombre que hoy lleva; siendo también españoles los primeros que le cruzaron y describieron, me ha parecido oportuno recordar estos hechos, los cuales constituyen una gloriosa página de la exploración de América por los españoles; exploración que, a juicio del escritor a quien antes he citado, es «la más grande, la más larga y maravillosa serie de valientes proezas que registra la Historia».

LAS MONTAÑAS ROCOSAS Y LA MESETA DEL COLORADO

En la América del Norte se distinguen tres grandes unidades geográficas, a saber: El centro está formado por una inmensa llanura caracterizada por lo reducido de su altura sobre el nivel del mar; en la costa oriental existe una faja montañosa muy denudada

que se extiende, con dirección Noreste, desde Alabama hasta el Canadá, siendo los Apalaches su más destacado elemento orográfico; por fin, el borde occidental del continente está constituido por un sistema de altas cordilleras (de 160 kilómetros de ancho) que, iniciándose en las Sierras Madres mejicanas, singularmente en la occidental, se prolonga con dirección general Nor-Noroeste a través de los Estados Unidos y el Canadá, rematando, por su extremo Norte, en el territorio de Alaska.

Próximas a la costa del Golfo de Méjico hay, en los estados de Arkansas, Oklahoma y Tejas, algunas pequeñas montañas de estructura y composición estratigráfica análogas a las de los Apalaches, las cuales, en opinión de muchos geólogos, son las que establecen la conexión entre las dos zonas montañosas del Este y el Oeste de la América del Norte.

Las mencionadas unidades geográficas coinciden, en gran parte al menos, con los principales elementos geotectónicos de Norteamérica. La llanura central se extiende sobre una vasta región estable, formada en el Norte por una masa de rocas arcáicas y proterozóicas que, por haber sido intensamente plegada en los tiempos precámbricos, adquirió un grado de rigidez que la permitió resistir a todos los movimientos orogénicos posteriores, siendo ésta la causa de haber sido reducida, bajo la prolongada acción de las fuerzas exógenas, a una verdadera penillanura. Dicha masa arcáica, denominada «escudo canadiense», está cubierta en el Sur por un manto de terrenos paleozóicos y secundarios ligeramente ondulados.

La zona montañosa oriental, de gran regularidad en su estructura, se superpone a una angosta faja de corteza terrestre que, durante el paleozóico, fué plegada repetidas veces, pero que no parece haber sido afectada en escala apreciable por los movimientos orogénicos modernos, por lo que las montañas que la integran revisten todas formas alomadas de escasa elevación. Semejan los Apalaches, por su morfología, a las curiosas «sierras planas» de la costa oriental de Asturias.

El poderoso grupo de cordilleras occidentales, de mucha ma-

yor complicación tectónica que el de la costa atlántica, coincide en muchas de sus partes con una zona de litoesfera que ya fué plegada en los tiempos paleozóicos, pero cuyo relieve fué renovado repetidas veces por los movimientos denominados alpinos, debiéndose a esta circunstancia su actual elevación y su relieve áspero y juvenil.

De las tres unidades geográficas y tectónicas enumeradas, la que en relación con el tema de la presente conferencia ofrece mayor interés, es la del Oeste del continente, por lo que juzgo necesario hacer de ella una breve descripción. Puede ser dividida en dos haces de cordilleras, el más oriental de los cuales, llamado Montañas Rocosas, limita a Poniente la región de las grandes llanuras. El grupo occidental se levanta cerca de la costa del Pacífico, siendo su principal cordillera, dentro de los Estados Unidos, la Sierra Nevada de California.

Las Montañas Rocosas, después de atravesar Alaska y el Oeste del Canadá, entran en los Estados Unidos donde recorren, con la dirección general Sureste, los estados de Montana, Wyoming, Colorado y Nuevo Méjico, alcanzando la máxima altura en el estado de Colorado, donde hay cincuenta macizos que sobrepasan los 4.000 metros. Más al Norte, en el estado de Wyoming, donde se encuentra el célebre Parque Nacional de Yellowstone, las cordilleras pocas veces se elevan por cima de 3.000 metros, y en Nuevo Méjico no solo las alturas son aun menores, sino que, las montañas adquieren las formas tabulares designadas por los geólogos norteamericanos con el expresivo nombre castellano de «mesas».

Las montañas de Colorado forman una cerrada barrera que se opuso al avance hacia el Oeste de la gran corriente emigratoria producida por el descubrimiento del oro en California en 1848, forzándola a dividirse en dos, una de las cuales, la septentrional, siguió la llamada ruta de Oregon, y otra, la meridional, el camino de Santa Fé. La cordillera más oriental es la llamada Front Range, la cual, describiendo un amplio arco con la convexidad vuelta hacia el Este, se levanta bruscamente en el borde de la llanura central, per-

diendo gradualmente altura hacia el Sureste, hasta desaparecer por completo. Próximas a dicha cordillera, y sensiblemente paralelas a ella, se encuentran las denominadas Wet Mountains y Park Range. Más al Oeste se encumbran las montañas de Uinta, Sangre de Cristo y San Juan, las cuales no se ajustan al arrumbamiento general de las Montañas Rocosas, sino que, sobre todo la primera de las citadas, se desvía hacia el Oeste, tomando una dirección casi perpendicular a la cordillera de Front Range.

La causa de esta fuerte desviación está indudablemente relacionada con la existencia, entre las Montañas Rocosas y las cordilleras de Nevada y California, de una región de estructura geológica completamente distinta de la de las dos zonas plegadas que la limitan por el Este y el Oeste. Dicha región, que ocupa una gran parte del Norte de Arizona y el Sur de Utah, es conocida con el nombre de Meseta del Colorado. Consta de diversas partes, algunas de ellas vigorosamente diferenciadas, pero teniendo todas ellas caracteres comunes que permiten agruparlas en una unidad fisiográfica superior. Uno de aquellos caracteres es la aproximada horizontalidad de sus estratos, cuando los que constituyen las zonas plegadas próximas están, en general, muy inclinadas. Otro de sus rasgos distintivos es su considerable elevación sobre el nivel del mar, siendo algunas de sus mesetas más altas que las cordilleras próximas de Colorado y Nevada. El tercer hecho característico de esta región son los numerosos cañones que la cortan y las ingentes proporciones de algunos de ellos. Voy a analizar, con la brevedad posible, esta interesante unidad morfológica.

El Cañón del Colorado la divide en dos partes desiguales, hallándose al Sur de aquél la extensa meseta de Coconino, caracterizada por su monotonía topográfica y su suave inclinación meridional. Está constituida por la caliza pérmica de Kaibab, careciendo su superficie de desniveles importantes, lo que le dá la apariencia de una peniplanicie. La porción septentrional ofrece mayor variedad morfológica, distinguiéndose en ella tres escalones sucesivos, correspondientes a análoga distribución de las formaciones geológi-

cas. El más meridional, que es el más bajo y el que forma el borde del Cañón, está labrado en la misma caliza que cubre la meseta de Coconino. Sigue a éste otro peldaño integrado por capas jurásicas, cortadas al Sur por un alto tajó nombrado «Vermillion Cliff». El tercero y más elevado, que dá lugar a las altiplanicies de Utah, está compuesto de estratos cretáceos y terciarios, cubiertos en parte por mantos de lavas modernas, estando limitado hacia el mediodía por una pared vertical caracterizada por su color rosado y nombrada, en atención a esta circunstancia, «Pink Cliff».

Las plataformas enumeradas no se extienden, de Poniente a Levante, sin solución de continuidad, porque las fallas de dirección Norte-Sur que desgarran la región dividen a cada una de aquéllas en fragmentos de diversa altura. Cuando se las contempla desde el Sur, dan la sensación de verdaderas montañas, aunque no de la configuración normal, sino de un extraño e impresionante tipo orográfico, pues sus cumbres son líneas rectas sensiblemente horizontales, y los estratos que las componen, como consecuencia de no haber sufrido plegaduras importantes, asoman en sus laderas a modo de fajas o cintos de variados colores, también horizontales. Igual impresión produce la pared Norte del Cañón del Colorado cuando se la observa desde el borde Sur. Las montañas propiamente dichas (los picos de San Francisco, de más de 4.000 metros de altura) se levantan, altivos y señeros, mucho más al Sur y son de relieve y naturaleza petrográfica completamente distintas, pues consisten en grandes masas de lavas y cenizas volcánicas, siendo tan recientes algunos de los numerosos conos formados por este último material que hacen pensar en erupciones acaecidas en los tiempos históricos.

La posición horizontal de los estratos que integran la meseta del Colorado pudiera inducir a creer que ésta, en el curso de su historia geológica, solo había experimentado movimientos «en masa» de sentido radial, unos ascendentes y otros descendentes; pero dichos movimientos epirogénicos, solo han podido producirse a expensas de una honda segmentación de la meseta. Esta consta de los

siguientes elementos tectónicos: Primeramente tres grandes fracturas denominadas fallas de Hurricane, Sevier y Pausaugunt, que dividen la región en grandes dovelas arrumbadas aproximadamente de Norte a Sur; después la amplia bóveda de Kaibab, que originó la meseta del mismo nombre, situada al Norte del Cañón.

La primera de las fallas citadas tiene una longitud total de 322 kilómetros. El fragmento occidental es el que ha descendido, estando limitado el trozo oriental elevado por altas escarpas o cejos, que más al Sur son conocidos con el nombre de *Hurricane Cliff*. El salto producido por la falla tiene 457 metros en el río Colorado, pero más al Norte se acentúa, llegando a cifras mucho más elevadas. El movimiento de la falla de Hurricane se ha producido en dos épocas sucesivas, ocurriendo entre ambas erupciones volcánicas que dieron lugar a mantos de lava que, al ser cortados por el segundo movimiento, determinaron en su porción occidental un descenso que pasa en algunos lugares de 300 metros. Esta falla solo se prolonga de 10 a 12 kilómetros al Sur del río Colorado.

La fractura de Sevier ha sido reconocida en una distancia de 354 kilómetros, extendiéndose desde las altas mesetas de Utah hasta cerca de la montaña volcánica de Trumbull, situada al Norte del Cañón. El movimiento vertical producido por ella parece haber alcanzado su máximo en la región de las altiplanicies, donde pasa de 600 metros. La falla de Sevier corta, como la de Hurricane, la caliza eocena, pero es más antigua que aquélla, porque las capas de lava no han sido rotas por los últimos movimientos a que ha estado sometido el terreno.

La falla de Pausaugunt forma el límite Este de la meseta de su mismo nombre, donde se muestra como una angosta faja fracturada con pocas ramas laterales y fallas secundarias asociadas. En *Table Cliffs* las capas terciarias se encuentran a 3.000 metros de altura, mientras que, al Oeste de la falla, los mismos estratos se hallan a 2.400 metros, siendo por lo tanto, el salto en esta parte de unos 500 metros. La erosión, sin embargo, no solo ha borrado aquí los efectos de la falla, sino que ha invertido la topografía normal, pues

en el célebre anfiteatro de Paria, abierto por la denudación en el bloque que se ha elevado, se halla 600 metros más bajo que la superficie de la porción Oeste que ha descendido.

El pliegue de Kaibab da lugar a una bóveda muy deprimida cuyo eje se arrumba, como las fallas, de Norte a Sur. La caliza pérmica que forma la cúpula descende hacia el Norte hasta perderse bajo las escarpas que limitan las altiplanicies de Utah. Hacia el Sur baja también suavemente engendrando una ladera en la cual fué labrado el Cañón de Arizona. La deformación de Kaibab está limitada, al Oeste, por una falla que, en *Bin Springs* y otras localidades, ha determinado un salto de 300 metros, habiéndose operado el movimiento en tres períodos sucesivos: el precámbrico, el paleozóico y el terciario. Por el Este la bóveda se transforma en una flexión monoclinial en la que los estratos alcanzan inclinaciones hasta de 60°.

La descripción que precede pone de manifiesto que las fuerzas orogénicas que deformaron la zona occidental de la América del Norte, dislocaron también la meseta del Colorado, originando fallas y pliegues de dirección no muy distinta de la de las cordilleras que se levantan más al Este. Esta región, por lo tanto, es obra del mismo proceso geodinámico que dió lugar a las Montañas Rocosas, pero con la esencial diferencia de que en la genética de estas últimas tuvieron parte principal los movimientos tangenciales, mientras que en la formación de la meseta del Colorado intervinieron casi exclusivamente movimientos radiales, siendo ésta la causa del predominio en las Montañas Rocosas de las cordilleras plegadas y en la provincia de las mesetas de las formas topográficas de tipo tabular.

El cambio de inclinación de los estratos de caliza permiana, a que antes he hecho referencia, pudieran mover a admitir que, en las proximidades del Cañón del Colorado, existe un pliegue anticlinal perpendicular a los principales accidentes tectónicos de la meseta. El absoluto predominio en ésta de las dislocaciones longitudinales inducen, sin embargo, a considerar como más verosímil

la existencia de una a modo de culminación axial que hizo emerger, acaso en los tiempos mesozóicos, una gran parte del Sur de la meseta, mientras que la porción Norte, de la misma, continuó siendo lugar de sedimentación más o menos activa hasta el final del eoceno.

Con arreglo a esto, la parte meridional emergida estuvo sujeta, desde que surgió de las aguas, a la acción demoledora de los agentes exógenos, los que la convirtieron, a lo largo del tiempo, en una penillanura formada por rocas paleozóicas rígidas. La zona Norte sumergida sufrió una transformación inversa, pues, como consecuencia de su gradual descenso y del enorme espesor de sedimentos modernos que sobre ella se depositaron, adquirió una considerable plasticidad. A estas especiales condiciones se debe el que los últimos movimientos alpinos no deformaran de modo sensible la superficie de las proximidades del Cañón, mientras que fueron capaces de elevar a la importante altura que hoy tiene el suelo del Sur de Utah.

La historia fisiográfica de la meseta del Colorado, concebida del modo expuesto, permite explicar el desarrollo de la penillanura en que el Cañón del Colorado fué abierto sin recurrir a la gran denudación post-eocena admitida por Dutton, ni a los dos ciclos erosivos, de igual época, preconizados por Davis, y necesarios para hacer desaparecer, en un lapso de tiempo breve, la capa de formaciones mesozoicas y terciarias, de más de 1.000 metros de espesor, que, en opinión de aquellos geólogos, cubrió la vasta superficie en que hoy asoma la caliza de Kaibab.

La distribución de los terrenos geológicos y las alturas relativas a que en la actualidad se encuentran, así como la varia morfología de la región, también pueden ser satisfactoriamente esclarecidas a la luz de la interpretación que aquí se propone.

EL RIO COLORADO DEL OESTE

Nace este río (llamado del Oeste para distinguirlo del de igual nombre que desagua en el Golfo de Méjico) en la vertiente occidental de la cordillera de Front Rangs, perteneciente, como antes he dicho, a las Montañas Rocosas de Colorado. Lejos de correr el río paralelamente a los pliegues y montañas de la región, como el río Grande, el cual, naciendo en las montañas de San Juan, se dirige al Sureste, y el Platte boreal, que, teniendo también sus fuentes en la cordillera de Frant Range, en su curso alto marcha hacia el Noroeste, el Colorado toma desde su origen la dirección Suroeste, cortando casi perpendicularmente, primero a la cadena llamada Park Range y después la prolongación Noroeste de las montañas de Sawatch y San Juan.

Después de franquear esta zona plegada entra el Colorado en la gran meseta que lleva su nombre, recibiendo de su derrame meridional, dentro aún del estado en que nace, el afluente llamado Gunnison, y, después de entrar en el estado de Utah, los nombrados Dolores y San Juan, los cuales corren todos, por lo menos en grandes trayectos, aproximadamente hacia el Noroeste. En la vertiente opuesta, y dentro del Estado últimamente nombrado, desembocan en el Colorado los ríos Verde, Fremont y Escalante, de los cuales los dos últimos, así como el San Rafael y el Uinta, tributarios del Verde, y el curso alto de este último, fluyen todos hacia el Sureste.

En el estado de Arizona el Colorado conserva su dirección general Suroeste, aunque teniendo un curso mucho más tortuoso. Los afluentes que, teniendo su origen en las altiplanicies de Utah, recibe del Norte, son todos de exiguo caudal, siendo los más importantes de ellos el Paria, *Bright Angel* y Virgen. Por el Sur vierte en él sus aguas el *Little Colorado* o Colorado Menor, corriente que, no obstante discurrir en su mayor parte por una región extremadamente árida (el Desierto Pintado), contribuye a engrosar el río principal con una masa de agua muy importante. Al Oeste del Colorado Menor se halla la meseta de Coconino, la cual tiene, como ya se

ha hecho notar, una ligera inclinación hacia el Sur, cuya circunstancia es causa de que apenas vierta aguas al Colorado, siendo los afluentes del río, en esta parte de su recorrido, arroyuelos insignificantes. Algunos de los tributarios del Colorado últimamente nombrados ajustan sus álveos, como los antes enumerados, a la dirección general Noroeste-Sureste, y en cuanto al río Virgen, citado como una excepción a esta ley, la obedece también en sus cursos inferior y superior, aunque no en su tramo medio, el cual es transversal a los elementos estructurales de la meseta.

A la salida de la región tabular de Arizona, y no lejos del lugar en que se ha construído la colosal presa Hoover, el Colorado cambia bruscamente de dirección, tomando el rumbo Sur hasta desaguar en el Océano Pacífico. Este recodo es denominado *Big Bend* por los geógrafos americanos. En la última parte de su curso se acomoda, por lo tanto, el Colorado a los pliegues de la región por donde corre. El afluente más importante de su curso bajo, que es el Gila, desagua en el Colorado por su margen oriental.

La celebridad del Colorado, y el vivo interés que despertó desde su descubrimiento, se debe principalmente a los centenares de kilómetros de cañones o gargantas por cuyo fondo discurre el río.

Ya en sus tributarios más altos, el Verde y el Gunnison, existen algunos dignos de mención, es a saber, en el primero el llamado Congosto de la Desolación y en el segundo el Cañón Negro. El Colorado Menor corre también entre Cameron (La Casa del Desierto) y su desembocadura, por un cañón muy angosto. Pero donde este rasgo fisiográfico adquiere proporciones no igualadas en ningún otro lugar de la tierra, es entre el horcajo del río Verde y *Big Bend*, en cuyo trayecto, de una longitud de 800 kilómetros, el río va encajonado en quebradas muy profundas. El primero de los cañones que se encuentra aguas abajo de la mencionada confluencia, lleva el nombre de Cañón de la Catarata. A este sigue el Cañón de Glen, el cual, como el anterior, no causa impresión ni por su angostura ni por su profundidad. Entre el río Paria y el Colorado Menor se encuentra el Cañón del Mármol, ya mucho

más hondo que los antes citados. Se inicia después la más grandiosa de aquellas gargantas, conocida con el nombre de *Grand Canyon* (o Cañón Magno) de Arizona, por estar abierto en la planicie que ocupa la porción Norte de aquel Estado, a la que divide en dos extensas mesetas. Esta maravillosa quebrada, que termina en el recodo de *Big Bend*, tiene una longitud de 312 kilómetros, la cual puede ser dividida, de Oriente a Poniente, en cuatro secciones correspondientes a otras tantas partes de la meseta septentrional, siendo sus longitudes respectivas 80 kilómetros cada una de las dos primeras, 40 kilómetros la tercera y 120 kilómetros la última. El ancho del Cañón, entre sus hordes, varía de 8 a 24 kilómetros y la profundidad del mismo entre 1.200 y 2.000 metros. La profundidad máxima corresponde a la división de Kaibad, la cual tiene un ancho de 16 kilómetros. La parte más angosta (8 kilómetros) se halla en la sección de Kanab, teniendo en esta parte el Cañón una profundidad de 1.600 metros.

Ya se ha dicho que la meseta meridional, o de Coconino, desciende suavemente hacia el Sur de Arizona. La meseta septentrional se eleva por escalones sucesivos, como antes se ha descrito, desde el borde del Cañón hasta las altiplanicies de Utah, situadas 100 kilómetros más al Norte.

Una de las consecuencias de esta configuración es que las fuerzas erosivas actúan con mucha más energía en la vertiente Norte del Cañón que en la Sur, estando aquella cortada por elevado número de barrancos y ostentando particular riqueza morfológica. El borde Norte del Cañón se encuentra, por la misma causa, mucho más alejado del río que la orilla Sur, formando también una línea de mayor irregularidad. La vertical de un punto cualquiera del río divide a la sección correspondiente a ella en dos partes desiguales, de las que la septentrional es siempre mayor que la meridional. El caso extremo de esta disimetría le ofroce el Cañón del Mármol, donde, en algunas secciones, el borde correspondiente al Desierto Pintado dista poco más de un kilómetro de la vertical

del río, mientras que el borde opuesto se aleja de aquella línea más de siete kilómetros.

Las características más salientes del río Colorado son, por lo que queda dicho, las siguientes: 1.^a—La dirección Noreste-Suroeste, o sea transversal a los pliegues de las Montañas Rocosas, de sus curso medio y superior. 2.^a—Da dirección Noroeste-Sureste, o sea, concordante con los mismos pliegues, de la mayor parte de sus afluentes. 3.^a—Los profundos cañones por los que el río atraviesa (conservando la expresada dirección) la elevada meseta que lleva su nombre. 4.^a—El brusco recodo que forma a la salida de esta meseta. 5.^a—La dirección, paralela a los pliegues y montañas del Oeste de Arizona, de su curso inferior.

Con el fin de poner de relieve la anómala posición del río Colorado en la América del Norte, voy a recordar las ideas de Ruedeman acerca de la estructura geológica de dicho Continente y de la influencia de aquella sobre la fisiografía del mismo.

Para el citado geólogo las líneas directrices de los pliegues de los sedimentos precámbricos, las de los planos de estratificación de las rocas, y los ejes mayores de los batolitos o masas graníticas antiguas, forman un conjunto de hechos ligados por estrechas relaciones causales, mostrando dichas líneas direcciones constantes sobre inmensos espacios de la tierra. Existen tres de éstos de dimensión supercontinental, que son los llamados Arqui-América, Arqui-Gondwana y Arqui-Eurasia. Al iniciarse los tiempos precámbricos, aparecen zonas, ya de carácter continental, que persisten más o menos fragmentadas, como unidades fundamentales de la superficie de la tierra, a lo largo de todo el tiempo geológico. Al conjunto de las líneas estructurales precámbricas le ha dado el Profesor Ch. Schuchert el nombre de germen o núcleo continental.

El continente americano del Norte, como porción subsistente de Arqui-América, tiene un núcleo que en la costa atlántica se arrumba al Noreste, en la zona próxima al Pacífico, al Nor-Noroeste, y en el centro de Este a Oeste, dando lugar su conjunto a una

curva cuya forma se aproxima a la de una U con la convexidad vuelta hacia el Sur:

El núcleo precámbrico, tal como hoy se observa, no es, a juicio del geólogo a quien se extracta, el resultado de acciones posteriores a su formación, sino que, antes al contrario, dicho núcleo ha condicionado en mayor a menor grado toda la historia geológica de Norteamérica, como demuestran los hechos que a continuación se enumeran:

Los mares epicontinentales de América, desde el principio del cambriano hasta el terciario, se ajustan, considerados en su conjunto, a dos largos geosinclinales, uno de ellos al Este y otro al Oeste, enlazados por dos o más brazos de dirección Este-Oeste. Dichos dos geosinclinales, ligeramente divergentes, fueron inundados repetidas veces por las aguas que procedían de los Océanos próximos y forman los ejes del sistema de mares interiores de Norteamérica. No es posible negar la general concordancia de esta disposición con el núcleo precámbrico del continente americano.

La actual dirección de las rocas paleozoicas, mesozoicas y terciarias de Norteamérica, no obstante las varias deformaciones que han experimentado, se adapta también al mismo núcleo continental.

Las grandes líneas de la fisiografía actual también han sido poderosamente influenciadas por la estructura precámbrica. Se advierte ésto, de modo indubitable, en los sistemas de montaña del Este y del Oeste, cuyos pliegues son póstumos con relación a los pliegues de las capas arcaicas y proterozoicas; la forma de U de estos últimos pliegues se halla asimismo claramente reflejada en la configuración general del continente; por fin, la influencia del núcleo reaparece, después de una larga serie de relaciones causales sucesivas, en la dirección de los ríos del Continente, el Yukón, Mackenzie y San Lorenzo, así como el Missouri y el Ohio, principales tributarios del Missisipi.

De las varias conclusiones a que ha llegado Ruedemán, la que, para nuestro objeto, ofrece mayor interés, es la relativa a los gran-

des ríos del continente, cuyos cursos, al menos en cierto grado, han sido fijados por la estructura geológica, a cuyas líneas fundamentales parecen acomodarse. Entre los ríos citados por aquel geólogo, no se encuentra, como se ha visto, el Colorado. La breve descripción que de éste se ha hecho demuestra que su curso, entre el Golfo de California y *Big Bend*, obedece a las mismas leyes que los de los ríos antes nombrados, con los que tiene, por ajustarse como ellos a las grandes líneas estructurales, evidentes analogías. No ocurre lo mismo desde el borde occidental de la meseta del Colorado, donde, como consecuencia de la comba que allí traza, toma el río la orientación general Suroeste-Noreste, la que conserva hasta su nacimiento en las Montañas Rocosas.

La dirección transversal a las líneas de la estructura geológica, de una gran longitud del curso del Colorado, constituye, por lo tanto, la principal diferencia entre este río y los demás de Norteamérica antes nombrados. El Missouri, el Ohio, el Yukón, y el San Lorenzo, parecen estar adaptados a los grandes pliegues de las regiones por las que respectivamente corren. El río Colorado, excluido su curso inferior, es obra, sin duda alguna, de una causa distinta, pues lejos de discurrir paralelamente a los pliegues de las Montañas Rocosas y a las fallas de la región tabular de Arizona, corta casi perpendicularmente a unos y a otras. Este vivo contraste es uno de los más notables rasgos fisiográficos de Norteamérica.

EL CAÑÓN MAGNO DE ARIZONA

Como antes he dicho, desde la confluencia del río Verde con el Colorado hasta el tajo denominado *Grand Wash*, el segundo de dichos ríos corre entre altas paredes de roca en más de 800 kilómetros. En toda esta longitud el río Colorado solo es accesible en tres puntos por carruajes de ruedas, y, en algunos otros lugares, se puede llegar a caballo a sus orillas. Estos datos demuestran la exactitud del juicio del teniente Ives, uno de los primeros exploradores norteamericanos del Cañón, quien dice que parece haber sido

el propósito de la Naturaleza impedir que el río Colorado, en la mayor parte de su solitario y majestuoso curso, pudiera ser visitado por el hombre y perturbada su paz.

Dentro del Parque Nacional tiene el río un ancho aproximado de 100 metros, siendo frecuentes las profundidades de 12 a 15 metros. Su pendiente media es de 1,4 metros por kilómetro, o sea quince veces la del Ohio. La capacidad erosiva del río se halla considerablemente acrecentada por las materias (lodo y arenas) que arrastra, siendo la cantidad de éstas treinta veces la del río antes citado. Respecto a la anterior comparación, hecha por los geólogos norteamericanos para poner de relieve la energía mecánica del Colorado, debo hacer notar que el Ohio es un río de tranquila corriente y de aguas cristalinas como las de nuestro Sella, circunstancias a las que sin duda alguna debe el nombre indio que lleva, el cual significa «río hermoso».

El Cañón del Colorado no está comprendido, como creen muchas personas, entre dos elevadas murallas sensiblemente verticales. Si ésto ocurriera perdería su más poderoso atractivo, el cual radica en las innúmeras, variadas y multicolores formas topográficas que exornan sus vertientes, obra de las fuerzas exógenas, las cuales, por causas a que más tarde haré referencia, actúan sobre ellas con excepcional vigor, realizando un complicado trabajo que solo fué posible a expensas del ensanche del Cañón.

La Sección más grandiosa, y también la más visitada, es la de Kaibab, la cual está limitada al Norte por la meseta de igual nombre y al Sur por la de Coconino, sobre la que se extiende el Bosque Nacional de Tusayán, formado principalmente por pinos y enebros, en el que también crecen con profusión los cactus o rosas del desierto. Se puede llegar al borde meridional atravesando, en automóvil, el citado bosque, o por el ferrocarril de Santa Fé, cuya estación de *Grand Canyon* está próxima a El Tovar, donde fué construído el más importante hotel del Parque, en el que existe un balcón o mirador que permite contemplar uno de los más hermosos panoramas del Cañón.

Solo se puede llegar al fondo de éste, a pie o a caballo, utilizando los dos caminos construídos con aquel fin, denominados uno de ellos «Senda del Yaki» y el otro «Senda del *Bright Angel*», los cuales conducen a un hotel situado en la orilla del río, en el paraje denominado Rancho del Fantasma.

El Cañón del Colorado tiene, en la división de Kaibab, una profundidad que, en algunos puntos, llega a 2.000 metros, mostrando sus paredes una sección geológica que comprende desde el arcaico o estrato cristalino hasta el pérmico, que es la formación que corona el paleozoico. El arcaico está constituido, como en todas partes donde es visible, por pizarras cristalinas muy plegadas y cruzadas de numerosas intrusiones de rocas graníticas. Sigue a este terreno el algonkino o proterozoico, integrado por estratos inclinables de 10 a 12°. Por fin, sobre esta última formación, y en discordancia con ella, descansa el paleozoico, constituido por capas de posición próxima a la horizontal.

En general las rocas consistentes forman tajos o paredes verticales, y las más blandas taludes más o menos inclinados. Una sección transversal demuestra que el Cañón posee un ancho fondo en el que fué tajada una garganta interior angosta y profunda. Esta última está abierta en el arcaico, mientras que las paredes del Cañón externo están formadas por rocas paleozoicas.

A pocos metros por encima del borde de la garganta interior se encuentra uno de los rasgos morfológicos más característicos del Cañón: la plataforma, de notable continuidad y de cerca de un kilómetro de anchura, labrada por la erosión sobre la arenisca de Tapeat, que es el nivel inferior del cambriano en esta sección. Se sobreponen a la citada arenisca rocas más blandas y, por lo tanto, menos resistentes a las fuerzas de la dinámica externa, lo que explica la formación de la plataforma de Tonto, que es el nombre con que se la designa. Se encuentra a 1.000 metros, aproximadamente, por bajo del borde del Cañón.

El sistema siluriano no es conocido en la garganta del Colora-

do, y el devoniano, representado por un banco de calizas de 30 metros de espesor, se encuentra sólo en algunos lugares.

El carbonífero, en cambio, está constituido por un tramo de caliza misisipiense, en algunos puntos de más de 300 metros de grueso, que forma una pared vertical enrojecida por las aguas que circulan por las areniscas permianas superiores, por lo que es conocido con el nombre de *Red Wall*. Se extiende de un extremo a otro del Cañón, interrumpida en unos sitios por angostos barrancos, circundando en otros majestuosos circos, formando a veces extensas terrazas y, en ciertos lugares, originando los grandes fragmentos aislados verdaderas montañas residuales, el *Red Wall* acaso sea la formación que, por su continuidad, su espesor y su viva coloración, más ha contribuido a crear la rica y variada morfología de las paredes del Cañón de Arizona.

De los varios niveles que integran el permiano, el más interesante es el superior, o sea, el de la caliza de Kaibab, la cual forma el borde del Cañón en una longitud de más de 200 kilómetros. Su espesor no llega a 200 metros, pero por razón de su consistencia forma gran número de paredes verticales o *cliffs*, que, a causa de su color gris claro, contrastan vivamente con las capas rojizas infrayacentes. La caliza de Kaibab forma la meseta de igual nombre, en la que la erosión ha penetrado profundamente por numerosos puntos, quedando entre ellas partes de meseta que avanzan hacia el Cañón y forman excelentes puntos de observación del borde Norte, como los llamados Cabo Real, Punto Sublime, Promontorio Imperial, etc.

Describir el intrincado relieve de las vertientes del Cañón del Colorado es labor punto menos que imposible. Sólo hay un medio de adquirir ideas claras acerca de esto: el estudio atento de los detallados mapas publicados por el Instituto Geológico Americano, donde están representadas con la debida precisión las más notables formas topográficas. Todas han recibido nombres especiales, algunos puramente descriptivos, pero el mayor número de ellos conmemorativos de personajes mitológicos, monumentos cé-

lebres, hombres de ciencia, exploradores, etc., como los siguientes: Templo de Osiris, Pirámide de Cheop, Trono de Wotam, Templo de Júpiter, Colina de Newton, etc., etc.

No todas las partes del Cañón del Colorado ofrecen el mismo panorama. La sección de Kanab, que se halla el Oeste, o sea, aguas abajo de la que acaba de ser reseñada, no corta las formaciones precámbricas, por lo que no existe en ella ni la garganta interior ni la plataforma de Tonto. Pero 600 metros más alta que esta última se encuentra otra, llamada La Explanada, que ha adquirido en esta sección notable desarrollo. Ha sido labrada en la arenisca permiana de Supai, roca caracterizada por su extremada dureza. La parte ancha del Cañón está comprendida entre dos paredes verticales, de más de 300 metros de altura, rematadas por la caliza de Kaibab. El Cañón interno está tajado en formaciones geológicas resistentes, por lo que está limitado por murallas próximas a la vertical, las cuales distan mucho de haber sufrido la profunda disección de las vertientes de la división de Kaibab, hecho, éste último, atribuido por los geólogos norteamericanos a que las precipitaciones atmosféricas, por razón de la pequeña altura de las mesetas próximas, son muy reducidas.

Hacia el Oeste el Cañón termina bruscamente en la falla de *Grand Wash* donde la meseta desciende de 2.000 a 600 metros.

Aguas arriba de la sección da Kaibab se halla el Cañón del Mármol, notable por su angostosa y la casa perfecta verticalidad de sus lisas paredes, las cuales tienen una altura media de 1.000 metros. El pliegue monoclinial del Este de la meseta de Kaibab hizo descender los terrenos arcaico, algonkino y cambriano, por bajo del fondo del Cañón, por lo que éste está labrado en el *Red Wall* y estratos duros asociados a él, siendo esta la causa principal de su forma, la cual concuerda con el concepto que de esta impresionante disposición fisiográfica tiene el vulgo.

El río Colorado ofrece la particularidad de no tener cascadas en todo su curso, aunque no carece de trayectos de rápida y peligrosa corriente. Esta singular circunstancia permitió al mayor Po-

well realizar en barcas su célebre viaje de exploración, durante el cual recorrió, como ya se ha dicho, más de 1.500 kilómetros de río. En contraste con esto, los Cañones tributarios, secos en su mayor número, se caracterizan por su pronunciada pendiente y lo quebrado de sus cauces. La causa de esta diferencia debe buscarse en la rápida profundización del Cañón principal y el correlativo descenso del nivel de base regional, condiciones que, intensificando la erosión, aceleraron la formación de los cañones laterales, los que, por tanto, son mucho más modernos que el del Colorado. Algunos de ellos están muy ramificados, a consecuencia de avanzar la erosión, por numerosos puntos, a través de la penillanura en que están abiertos.

LAS HOCES DE LOS RÍOS DE ASTURIAS

Algunos ríos de Asturias; especialmente el Sella, el Cares y el Deva, corren también en largos trayectos encajonados en profundas gargantas, denominadas «hoces» por los naturales del país, las cuales han sido algunas veces comparadas con los cañones del Colorado. El geólogo Barrois, autor de un conocido trabajo acerca de los terrenos antiguos de Asturias y Galicia, escribe, refiriéndose al río Trubia, que sus aguas se precipitan por una garganta estrecha y profunda, idéntica a los célebres cañones del Colorado. Como se observa el mismo hecho en otros muchos ríos asturianos propone dicho autor que se dé el nombre de «caliza de cañones» a la roca en que con más frecuencia se presenta esta notable disposición orográfica, la cual es la caliza que sirve de base al sistema carbonífero.

Aunque existen indiscutibles analogías entre los cañones del Colorado y las hoces de nuestros ríos, la pretendida identidad de unos y otras no puede ser admitida sin importantes restricciones. El Cañón del Colorado está abierto en terrenos que, excluidos los más antiguos, es decir, los precámbricos, se encuentran en posición sensiblemente horizontal, mientras que los más importantes

desfiladeros de los ríos de Asturias cortan la enorme masa gris de la caliza carbonífera de los Picos de Europa, roca constituida, como consecuencia de los intensos y repetidos plegamientos a que estuvo sometida, por estratos muy inclinados. Mientras que, por otra parte, las hoces del Sella, Cares y Deva están tajadas exclusivamente en el citado material litológico, en las paredes del Cañón de Arizona asoman, además del arcaico y el proterozoico, la casi totalidad de las formaciones que integran el paleozoico, desde el cambriano inferior hasta la caliza pérmica. Excluido este último nivel, cuyo matiz es análogo al de la caliza carbonífera, todos los demás ofrecen variados colores, predominando entre ellos el rojo.

Por lo que respecta al modelado de las paredes también hay profundas diferencias entre los dos tipos de gargantas que se comparan, pues las vertientes de los cañones del Colorado están, en algunas de sus secciones, cubiertas de innúmeras formas tabulares y piramidales, mientras que las paredes de las hoces de nuestros ríos se presentan, en general, erizadas de agudos y en ocasiones altísimos riscos calizos.

Las carreteras que, siguiendo los cursos de los ríos, franquean algunas de las más altas montañas de Asturias, permiten llegar sin dificultad a las partes más profundas de sus desfiladeros, desde donde éstos pueden ser cómodamente contemplados, pero para observarlos desde puntos de vista elevados, se hace preciso realizar ascensiones más o menos fatigosas. Esta es otra de las diferencias existentes entre los Cañones del Colorado y las gargantas de los ríos asturianos, pues a aquéllos se llega necesariamente por sus bordes, bastando asomarse a éstos para que aparezca súbitamente el Cañón, en toda su incomparable grandeza, a los ojos del observador. Para llegar al fondo del mismo es necesario hacer recorridos de varios kilómetros por las sendas antes nombradas.

Por lo que respecta a longitud hay, asimismo, enorme desproporción entre los cañones del Colorado (los cuales suman dentro del Parque Nacional más de 300 kilómetros) y las hoces de nues-

tros ríos, la mayor de las cuales, que es la del Cares, no llega a 25 kilómetros.

Merecen, sin embargo, ser registradas algunas de sus dimensiones, de las que solo citaré las relativas a la porción de la garganta del Cares comprendida entre la Torre del Llambrión y Peñasanta de Castilla, la cual tiene, en su parte más alta, un ancho de poco más de 8 kilómetros, mientras que su profundidad se aproxima a 2.000 metros. Es decir, que dicha parte de la hoz del Cares iguala, por lo que respecta a profundidad, a la sección más visitada del Cañón de Arizona, superando con mucho a ésta por su impresionante angostura.

La agreste belleza de las hoces de nuestros ríos fué, como la del Cañón del Colorado, celebrada por muchos escritores. Las páginas más bellas dedicadas por el Marqués de Villaviciosa de Asturias a los Picos de Europa (a los que se complacía en llamar «El Paraíso Poseído») le fueron inspiradas por la contemplación de los desfiladeros del Cares y el Sella, desde la Majada de Ario y el Balcón de Ordiales, respectivamente. J. Díaz Caneja hace también, en su libro titulado «Paisajes de Reconquista», una brillante descripción de la segunda de aquellas gargantas. Pero el que acaso haya expresado mejor la impresión producida por las hoces de los ríos de Asturias, es el alpinista francés Labrousche, quien después de escribir que el desfiladero del Sella es el más escarpado e imponente de los desfiladeros célebres, enumera los más famosos de los Pirineos, los Alpes y el Atlas, los cuales solo sugieren, a juicio de él, una pequeña y vaga imagen de la fantástica quebrada por la que los Ingenieros españoles construyeron una carretera que enlaza a Asturias con Castilla.

ORIGEN DEL CAÑÓN DEL COLORADO

Como ya he dicho repetidas veces, el Cañón de Arizona está tajado en mesetas que poseen formas topográficas próximas a las que caracterizan las penillanuras, lo que demuestra la prolongada

denudación a que estuvieron sometidas con anterioridad al ciclo erosivo que originó el Cañón. Este no se ajusta, sino en trechos pequeñísimos, a las grandes fallas que segmentan la región en que fué abierto, siendo su tortuosa dirección, considerada en conjunto, transversal a dichos elementos tectónicos.

El curso superior del Colorado corre igualmente, como también se ha hecho notar, perpendicular a los pliegues y fallas de las Montañas Rocosas. El Cañón se ha ahondado con inusitada rapidez, pues no obstante haberse iniciado su formación, a juicio de todos los geólogos que le han estudiado, en época muy reciente, alcanza ya en alguna sección profundidades de 2.000 metros, lo que puede ser debido, como después se explicará, no solo a la particular energía de la erosión fluvial, sino también a las condiciones excepcionalmente favorables en que ésta ha obrado. El origen del Cañón del Colorado quedaría, según esto, debidamente esclarecido si se hallara solución satisfactoria a cada una de las dos cuestiones fundamentales siguientes:

- 1.^a La formación del río Colorado, con su poderoso caudal y su anómalo curso.
- 2.^a Las posibles causas mecánicas, distintas de la erosión, que contribuyeron a la rápida profundización del álveo por donde corre este río.

Por lo que respecta a la primera de estas dos cuestiones, los geólogos norteamericanos suponen que la formación del Colorado se inició cuando el relieve del terreno por el que hoy fluye era muy distinto del actual. Un movimiento ascendente ocurrido con posterioridad al eoceno, elevó a considerable altura la mayor parte de la meseta del Colorado, determinando las desigualdades y la pendiente de la superficie del bloque de este modo levantado, un sistema hidrográfico del que ya formaban parte el Colorado y algunos de sus afluentes, como el Paria y el Virgen. Todos éstos conservaron su original dirección durante el episodio de intensa denudación que siguió al levantamiento regional citado, siendo ésta la causa de estar en desacuerdo sus cauces con la estructura geológi-

ca de los terrenos antiguos por donde hoy corren. Convertida la región en una vasta penillanura de reducida elevación, sobrevino, al principio del cuaternario, un segundo movimiento ascendente, el cual encumbró la meseta a una altura muy próxima a la actual, lo que reavivó el poder erosivo de los ríos ya formados, comenzando entonces el ciclo llamado de los cañones, que continúa en la actualidad y al que se deben los rasgos más característicos de la presente topografía.

Esta interpretación podría aceptarse, no sin serias dificultades, para la región de las mesetas, la cual, como pone de manifiesto la casi horizontalidad de los estratos que la componen, solo ha experimentado movimientos radiales, pero en modo alguno podría extenderse a las Montañas Rocosas, cuya historia morfológica es esencialmente distinta, pues aquéllas estuvieron sometidas, desde épocas muy remotas, a repetidas presiones tangenciales, siempre del mismo sentido, siendo las del terciario las que les dieron su presente elevación. Al iniciarse la formación del Cañón ya tenía, por lo tanto, el suelo de Utah, Colorado y Nuevo Méjico, un relieve análogo al actual, y es lo más verosímil, por lo tanto, que los ríos se adaptaran a esta configuración, la cual, en modo alguno pudo imprimir a la corriente principal la dirección Sur-oeste que hoy sigue. La causa de esta anómala posición del Colorado necesariamente ha tenido que afectar tanto a la región plegada de las Montañas Rocosas, como a la zona tabular de la meseta, y debió hallarse, por lo tanto, en estrecha dependencia con los últimos movimientos orogénicos que deformaron el Oeste del Continente americano.

Estos movimientos produjeron, en la región de que se habla, como en todas partes, no solo las plegaduras longitudinales que levantaron las cordilleras hasta las alturas que hoy poseen, y las fallas que cortan la Meseta del Colorado, sino que, al mismo tiempo que estas deformaciones, originaron otras de dirección transversal, consistentes en su mayor número en fracturas, y algunas veces en verdaderas ramas orográficas. Ya se ha hecho mención de las montañas de Uinta, consideradas por Fenneman, el geólogo que ha he-

cho el estudio más completo de la morfología del Oeste de los Estados Unidos, como la más importante entre las arrumbadas de Levante a Poniente en el hemisferio occidental.

Una dislocación transversal, del género de las que Daubré denomina «diaclasas», es capaz de producir, en condiciones favorables, profundas modificaciones de orden fisiográfico. Analizaré el caso de una fractura, o de un sistema de fractura que corte con dirección general Suroeste-Noreste la región por donde corre el Colorado. Algunos elementos de la red hidrográfica a la sazón existente, tales como el Colorado Menor, que antes desaguaba en lagos situados muchos kilómetros al Norte de donde hoy desemboca, se sumergieron en las grietas que acababan de ser abiertas, las que desviaron bruscamente sus cursos hacia el Oeste. Las corrientes fluviales formadas como consecuencia de la reciente emergencia de las tierras elevadas de Utah, se dirigieron, siguiendo la pendiente natural del terreno, hacia el Sur, vertiendo también sus aguas en las mismas fracturas y experimentando análoga desviación. Los ríos que hasta entonces corrían paralelos e independientes se concentraron, de este modo, en un sólo y único álveo, y dieron lugar a una poderosa corriente que tanto en la región de las Mesetas como en la de las Montañas Rocosas discurre transversalmente a los elementos estructurales. La capacidad erosiva del nuevo río, dado su gran cuadal y su pendiente, fué, sin duda alguna, muy grande; lo que combinado con la circunstancia de estar su lecho abierto en una zona profundamente resquebrajada, produjo en breve plazo importantes modificaciones de relieve.

Un sistema de fracturas de la dirección dicha pudo, con arreglo a ésto, originar el río Colorado y, al mismo tiempo, crear condiciones que intensificaran en tal grado su poder erosivo, que en poco tiempo el cauce alcanzó impresionante profundidad. La rapidez del fenómeno tuvo a su vez, en relación con la morfología de las paredes del barranco así formado, importantes consecuencias. Los numerosos ríos y arroyos, algunos permantes y la mayor parte de ellos temporales, que nacen en las mesetas próximas, por las

que, hasta el borde del Cañón, corren tranquila y calladamente, se precipitan, al llegar a aquél, hacia el fondo de la quebrada, trocándose en este tramo final de su curso, y no obstante lo exiguo de sus caudales, en poderosos agentes de erosión. Este súbito incremento de la actividad dinámica de las aguas fluviales, ocasionada por el descenso brusco del nivel de base regional, además de contribuir eficazmente (en unión de los demás agentes exógenos) a ensanchar la primitiva garganta, imprimió a ésta su más notable carácter morfológico: la riqueza insuperable de formas topográficas talladas en ambas vertientes, singularmente en la septentrional, y en las cuales dominan, por razón de la horizontalidad de los estratos y la diversa dureza de los mismos, las de los tipos tabular y piramidal.

Las fracturas, al cortar los elementos tectónicos que integran la meseta del Colorado, se ajustaron en pequeños trechos a las fallas y pliegues que los limitan. Su intersección con la superficie del terreno fué, como consecuencia de esto, una línea muy angulosa, a la cual se ajustó el cauce del Colorado. La forma primitiva de éste se transformó a lo largo del tiempo, suavizada por la erosión, en el tortuoso curso que caracteriza en la actualidad al río.

La anterior teoría difiere de la propugnada por los geólogos americanos en diversos puntos esenciales. En primer lugar la denominada por Dutton «great denudation», de época posterior al depósito de las capas terciarias, es sustituida por otra denudación más moderada, aunque mucho más prolongada, que, en la zona en que fué abierto el Cañón, comenzó durante el cretáceo y continuó con variable intensidad hasta los tiempos actuales. En cuanto a las altiplanicies de Utah, consideradas por Dutton, Gregory, Nobel y otros, como obra casi exclusiva de la erosión, son debidas, con arreglo a la explicación que aquí se propone, a un fenómeno erogénico que se ha desarrollado en condiciones que condujeron, no a la formación de cordilleras plegadas, sino a montañas de puro tipo tabular. Se admite, por fin, que en la apertura del Cañón las acciones endógenas tuvieron parte principalísima,

pues no sólo fijaron el curso de la principal arteria fluvial de la región, sino que, agrietando el terreno por el que aquélla discurre, aceleraron extraordinariamente el trabajo de la erosión; debiéndose a la acción conjunta de ambos agentes geológicos la magnitud de los efectos producidos.

Aunque en esta teoría hay una parte hipotética, pues la dislocación transversal que postula no puede ser comprobada por la observación directa, a causa, quizás, de haber sido borrados por la erosión los débiles efectos morfológicos por ella producidos, tiene, en cambio, la ventaja de dar una clara explicación de las principales características fisiográficas de la vasta y compleja región de la América del Norte, a que me vengo refiriendo, a saber: 1.º—La formación del Colorado, río constituido por la suma de otros varios que, atendiendo a la estructura geológica de la América del Norte y a la ley general que rige la dispersión fluvial de este Continente, parecían destinados a correr en largos trayectos paralelos e independientes. 2.º—Los rápidos progresos realizados (singularmente en sentido vertical) por la erosión de esta gran corriente. 3.º—La maravillosa riqueza de formas topográficas modeladas por los agentes de la dinámica externa en las dos vertientes del Cañón de este modo formado. 4.º—La existencia al Norte y al Sur de la zona en que la erosión dió muestras de tan prodigioso poder creador de extensas regiones que conservan el carácter de penillanuras. 5.º—El levantarse al Norte de estas partes casi planas, un grupo de mesetas caracterizadas por su considerable altura sobre el nivel del mar y su topografía juvenil.

Como el análisis completo de la teoría esbozada requiere desarrollos incompatibles con el tiempo de que dispongo, doy, con lo dicho, por terminada esta ya demasiado larga disertación. Haré solamente unas breves reflexiones finales.

España no se limitó, como han afirmado escritores interesados en difamarla, a descubrir a América y explotar codiciosa y desordenadamente sus riquezas naturales. La inaudita empresa de borrar los antiguos linderos del mundo no colmó los nobles anhelos

de los españoles del siglo XVI, cuyo afán explorador, sin paralelo en la Historia, les impulsó a recorrer inmensas porciones del Continente recién descubierto, sin desdeñar las regiones más inhóspitas, como los desiertos de Arizona y Nuevo Méjico, los cuales fueron minuciosamente escudriñados, y en parte colonizados, tres centurias antes de iniciarse la conquista por los norteamericanos del vasto y remoto territorio conocido con el poético nombre de *Far West*. En sus pasmosas correrías los españoles descubrieron lugares que los hombres civilizados contemplan hoy con singular deleite. De todas aquellas maravillas naturales, la más admirada acaso sea el profundo surco por el que corre el río Colorado, no sólo por sus imponentes proporciones e indescriptible belleza, sino también por el alto interés científico que ofrece, y porque su hallazgo constituye, como al principio he dicho, una de las más fascinadoras páginas de la Historia de la exploración de América por los españoles. Estas fueron las razones que me movieron a escoger el Cañón de Arizona por tema de la conferencia que acabáis de escuchar.

CONSTITUCION MINERALOGICA DE LAS ARCILLAS (1)

P O R

J. M.^a ALBAREDA HERRERA

Secretario del Consejo de Investigaciones Científicas

Si nos preguntan qué diferencia existe entre una roca y un suelo, nosotros, químicos, pensamos inmediatamente en acudir a la composición química para encontrar una diferenciación precisa. Pero una roca tiene componentes diversos que varían entre límites amplísimos, y a un suelo le pasa lo mismo. Por eso no es difícil buscar un conjunto de análisis químicos de rocas y suelos con casos en los que la composición de una roca y un suelo sean semejantes. Así nos presenta Pallmann estos análisis de un granito y una tierra parda de Suiza:

%	Granito de Quervain [1]	Tierra parda de Hermiswil [2]
SiO ₂	74,00	75,21
Al ₂ O ₃	12,86	12,00
Fe ₂ O ₃	2,72	2,05
MgO	0,86	1,12
CaO	1,63	0,97
Na ₂ O	2,88	2,44
K ₂ O	3,77	3,49
MnO	0,03	0,09
TiO ₂	0,51	0,49
P ₂ O ₅	0,11	0,15



(1) Conferencia pronunciada en el curso de verano de la Universidad de Oviedo el 9 de septiembre de 1943.

Podríamos pensar, con una apreciación inmediata y vulgar, que la consistencia es la diferencia principal entre roca y suelo, pero una roca triturada no es todavía un suelo.

Si nosotros determinamos la humedad de la roca y del suelo, mediante la desecación en una estufa, encontramos una diferencia considerable: el suelo tiene una humedad muy superior a la de la roca. Si suelo y roca, ésta triturada, los ponemos en disposición de ser impregnados por agua, aparecen en el suelo patentes fenómenos de imbibición que afectan a la cantidad y a la retención del líquido.

Y si del agua pasamos a la disolución de un electrolito, nos encontramos con que el suelo opera sobre el electrolito una variación de composición que no tiene lugar o lo tiene muy escasamente, en el caso de la roca: es el conocido cambio de bases, ya descrito con precisión hace aproximadamente un siglo por el químico inglés Way, por el que cationes del electrolito son absorbidos mientras que una cantidad equivalente de otros cationes que tenía el suelo pasan a la disolución.

Decimos que la roca triturada no llega a ser aún un suelo, y la finura del reactivo fisiológico nos atestigua esta diferencia. El desarrollo vegetal es muy distinto en un caso y en otro, y la capacidad de desarrollar una vegetación es el carácter que Lundegardh considera esencial para definir un suelo. En climas favorables al desarrollo de la vegetación, y en parajes montañosos, condiciones que se dan intensamente en Asturias, nos asomamos al paisaje y contemplamos el contraste entre el tapiz continuo de los prados y las paredes gigantes de las rocas desnudas.

Existe, pues, un conjunto de propiedades que caracterizan al suelo, propiedades que hay que asignar a su carácter de sistema disperso (Wiegner); son propiedades coloidales.

Los geógrafos nos presentan la diferencia que existe entre África y Europa (3). El continente africano es, como Flovenius lo ha definido, «un gigante macizo y rudo, un bloque compacto: es inmenso y amorfo, cerrado y mudo en todos sus frentes». África tie-

ne una extensión territorial tres veces superior a la de Europa y un desarrollo de costas por Km.² de superficie cuatro veces inferior. Este contraste entre un bloque continental de contorno escaso y un sistema de tierras dispersas se presenta en Oriente con Australia y el conjunto de archipiélagos oceánicos. «El continente africano es pesado e inerte para la vida del mar; en ningún momento de su historia ha conocido una actividad marítima propia».

Los sistemas dispersos son sistemas activos, y así el suelo, sistema disperso, ofrece una posibilidad de cambios y reacciones que no tiene la roca y que lo hacen apto para empalmar con el conjunto coloidal biológico que constituye el sistema radicular de la vegetación.

El suelo se forma no sólo con los productos de erosión de las rocas, sino con los productos de descomposición de los restos y residuos orgánicos. Hay en su formación un conjunto de procesos petrogénicos y un conjunto de procesos biogénicos. Como resultado de esa erosión y descomposición nos encontramos con las fracciones coloidales inorgánica y orgánica, la arcilla y el humus. El desarrollo de la investigación confirma e intensifica la importancia que arcilla y humus tienen como elementos esenciales y caracterizadores del suelo.

La arcilla tiene, pues, el doble carácter de producto de erosión y de fracción inorgánica activa del suelo.

Mostrar los análisis químicos de una roca y de un suelo con valores aproximadamente semejantes, no es demostrar analogía de composición química entre roca y suelo. Porque si comparamos un suelo, no con una roca elegida para nuestro objeto de señalar semejanzas, sino con la roca de que aquel suelo procede, encontramos una diferencia de composición correspondiente al proceso químico de formación del suelo. No abordamos el tema de estudiar específicamente tipos de rocas y tipos de suelos derivados de ellas, pero sabemos que, de un modo general, se pasa de la roca al suelo con una pérdida de ácido silícico, de bases, materiales que transportan las aguas de los ríos hacia el mar.

La erosión produce, físicamente, una disgregación por la que la roca se fracciona en grava, en arena, mientras que la acción química realiza una descomposición que llega al material de limos y arcillas. El agua actúa por muy diversos caminos en esta diversidad de acciones y constituye el medio de dispersión del material coloidal y al mismo tiempo forma las soluciones del suelo, que son soluciones nutritivas de las plantas y aportaciones a los arroyos y ríos.

La acción erosiva rebaja las montañas y rellena el mar. Se calcula que los Alpes pierden mil metros de altura cada veinte mil años, y el espesor de los depósitos sedimentarios de la Europa Central desde el cámbrico llega a doce kilómetros.

Conocido el volumen de los océanos (1.370 millones de Km.³) y la salinidad media (34,85 ‰) se tiene el peso de las sales disueltas: 47.745 billones de toneladas que ocupan un volumen 21,6 millones de Km.³, seis veces el volumen de la Europa emergida (4).

La mayor cantidad de material disuelto que los ríos aportan al mar es la caliza (557.670.000 toneladas; 20,37 ‰) y le sigue la sílice coloidal (317.170.000 toneladas; 11,67 ‰) (5). El suelo queda como un archipiélago apretado o como las partículas de un filtro en esa gigantesca corriente de lavado.

A medida que el tamaño de las partículas ha ido disminuyendo, ha aumentado su actividad, su capacidad de absorción, la capacidad de reacción entre fase dispersa—arcilla—y medio de dispersión—soluciones—que son los productos de mayor dispersión en el proceso erosivo.

Arena gruesa	menos de	0,01	miliéq.
Arena fina	menos de	0,01	por gr.
Arcilla kaolín		0,04	» (N. Cernescu)
Arcilla Belgische		0,12	» »
Arcilla Putnam		0,84	» (H. Lenny)
Bentonita		1,12	» (H. Pallmann)
Zeolita	aproximadamente	4,00	» (N. Cernescu)
Humus	aproximadamente	4,00	» (C. Pallmann)

En el estudio de la constitución de la arcilla mineralógica se ha pasado, como observa Correns (6), por un período de decadencia al que ha seguido, en los últimos años, un prestigio creciente. De una parte, la consideración coloidal de la arcilla desplazó el interés hacia los fenómenos de superficie, relegando a situación secundaria la composición química de la micela, y de otra el desarrollo de la escuela edafológica rusa, en el pasado siglo, había anulado la importancia del material petrográfico originario del suelo, para hacer depender enteramente el carácter del suelo de la naturaleza del clima.

La Coloidequímica planteó, como en casos de materias semejantes, una dualidad de opiniones: especie química o gel amorfo. Análisis químicos y experiencias sintéticas. (Gans, Stremme, Sigmond), no lograron nada concluyente en favor de su tesis estequiométrica. Wiegner, reanudando el criterio coloidal que tan rotundamente expresó van Bemmelen, consideró la micela silícico—alumínico—férrica, como resultante de una coagulación de los coloides silícicos, negativos, y los hidróxidos alumínico y férrico, positivos, mostrando la falta de fundamento que existe para buscar en el gel amorfo resultante de esa neutralización eléctrica el cumplimiento de proporciones estequiométricas (7).

Mattson (8) ha preparado más de un centenar de sistemas constituidos de una parte por la solución coloidal de los hidróxidos alumínico o férrico, y de otra por soluciones de hidróxidos, fosfatos, silicatos, ácidos húmicos, fosfohúmicos, silícico-húmicos, bentonita. Variando sistemáticamente las proporciones mezcladas, ha podido pasar de sistemas coloidales positivos a negativos a través de la zona intermedia de coagulación en la que se encuentra el precipitado isoelectrico, y ha mostrado la variación de composición de los precipitados isoelectricos con el pH.

El estudio de la variación de propiedades de la arcilla con la naturaleza de los cationes ha sido desarrollado con amplitud (7). Para el estudio de los suelos tiene particular interés la variación de propiedades determinadas por los cationes hidrógeno, sodio, cal-

cio (9). El estado de agregación del suelo está ligado a su estructura más o menos coagulada o dispersa. El material tiene una estabilidad y una conservación o, por el contrario, una capacidad de lavado y depósito que depende de la naturaleza y de la concentración de los cationes.

Las micelas dispersas se prestan al transporte mientras que los coágulos forman agregados. La dispersión está ligada, según Kruit (10) a dos factores: al potencial electrocinético y a la hidratación de las partículas. Ambos factores estabilizan el estado coloidal. El coloide estable puede ser deshidratado (alcohol, calor, etc.) y se mantiene estable si conserva su carga eléctrica, y puede ser descargado (pequeña concentración de electrolito) y se mantiene estable si conserva su hidratación; pero la descarga y la deshidratación lo coagulan, como muestra el esquema de Pallmann. (Fig. 1).

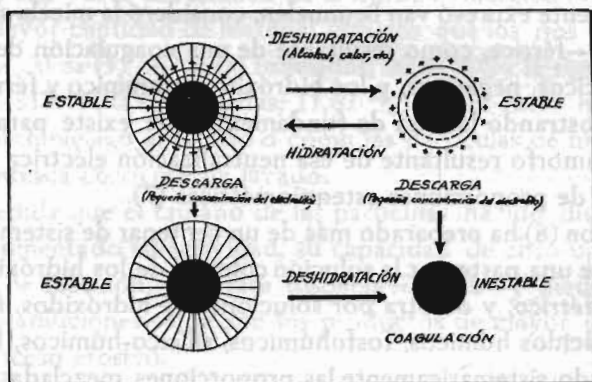


Figura 1

Sabemos la importancia que en química analítica ofrece la coagulación de precipitados coloidales para la filtración. Pues el suelo es un filtro, y lo atraviesan con facilidad las dispersiones coloidales, mientras quedan detenidos los geles. Los cationes coagulantes serán un freno y un obstáculo al lavado que se realizará fácilmente en las condiciones de dispersión.

La distinta hidratación de los cationes influye en las propiedades de la arcilla. Pallmann nos da los siguientes valores de los radios iónicos secos e hidratados (11):

Diámetro del ion	Seco	Hidratado	Hidratación dada en moléculas H ₂ O por ión.
H+.....	0,7 Å	10,8 Å	
Li+.....	1,56 »	7,32 »	10,0
Na+.....	1,96 »	5,62 »	4,3
K+.....	2,66 »	3,76 »	0,9
Rb+.....	2,98 »	3,62 »	0,5
Cs+.....	3,30 »	3,60 »	0,2
Mg++.....	1,56 »	10,8 »	33,0
Ca++.....	2,12 »	9,6 »	22,0
Sr++.....	2,54 »	9,6 »	21,0
Ba++.....	2,86 »	8,8 »	17,0

Y nos ofrece esta representación gráfica de la superficie micelar. (Fig. 2).

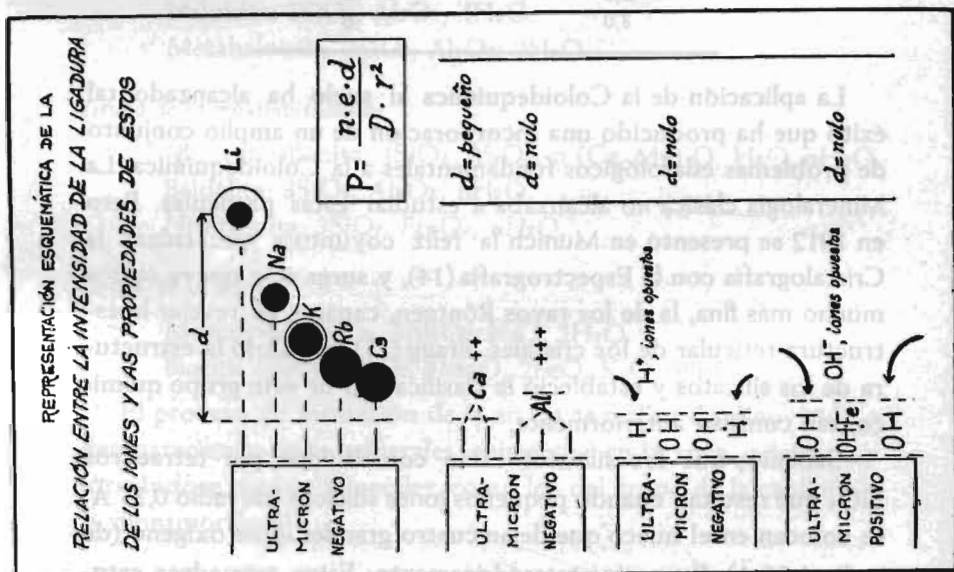


Figura 2

El potencial electrocinético aumenta con la distancia entre las dos capas; así aparece en las siguientes experiencias (12):

Arcilla Li	74,9 milivolts.
Arcilla Na	69,0 milivolts.
Arcilla K	68,2 milivolts.
Arcilla Ca	30,6 milivolts.
Arcilla Ba	22,5 milivolts.

Al aumentar la concentración de las suspensiones disminuye el potencial de las partículas por retroceso de la disociación de la micela (13).

Gramos de arcilla bentonita —H en 100 cm. ³ de suspen- sión.	Potencial de las partículas en milivolts.
0,1	58
0,6	50
1,0	48
2,0	20
3,0	6

La aplicación de la Coloidequímica al suelo ha alcanzado tal éxito que ha producido una incorporación de un amplio conjunto de problemas edafológicos fundamentales a la Coloidequímica. La Mineralogía clásica no alcanzaba a estudiar estas partículas. Pero en 1912 se presentó en Munich la feliz coyuntura que enlaza la Cristalografía con la Espectrografía (14), y surge una nueva óptica mucho más fina, la de los rayos Röntgen, capaces de revelar la estructura reticular de los cristales. Bragg (15) descubrió la estructura de los silicatos y estableció la clasificación de este grupo químico, tan confuso anteriormente.

Sabemos que los silicatos están constituídos por tetraedros SiO_4 que resultan cuando pequeños iones silícicos (de radio 0,35 Å) se colocan en el hueco que dejan cuatro grandes iones oxígeno (de radio 1,35 Å) dispuestos tetraédricamente. Estos tetraedros satu-

ran con cationes sus cargas negativas. Pueden quedar independientes (olivino) o enlazarse formando cadenas que a diferencia de las del carbono no son entre silicio y silicio, sino a través de oxígenos puente. Se sabe que pueden existir cadenas cerradas (berilo) de variable número de tetraedros formadores del anillo y cadenas abiertas, sencillas o dobles (piroxenos y anfíboles); cadenas que ligándose lateralmente forman bandas o redes planas (talco, mica, serpentina), o el enlace puede ser en las tres direcciones formando redes tridimensionales (feldespatos); este es el caso más complicado, que nos lo ofrece, por ejemplo, la red de la chabasita.

Los minerales de la arcilla tienen red laminar. El conjunto de minerales encontrados en la arcilla puede agruparse así (16):

MINERALES DE LA ARCILLA

Grupo del caolín:

Caolín: $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$.

Haloisita: $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 4\text{H}_2\text{O}$.

Metahaloisita: $2\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 2\text{H}_2\text{O}$.

Grupo de la montmorillonita:

Montmorillonita: $4\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, n(\text{Ca}, \text{Mg})\text{O}, \text{H}_2\text{O}, n\text{H}_2\text{O}$.

Beidelita: $3\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, n\text{H}_2\text{O}$.

Nontronita: $3\text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3, n\text{H}_2\text{O}$.

Grupo de la mica:

Moscovita: $6\text{SiO}_2, 3\text{Al}_2\text{O}_3, \text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}$.

Biotita: $6\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, 4\text{MgO}, 2\text{FeO}, \text{K}_2\text{O}, 2\text{H}_2\text{O}$.

El proceso de formación de la arcilla se realiza disminuyendo o desapareciendo unos minerales existentes en la roca originaria y formándose nuevos minerales, como los del grupo de la caolinita y la montmorillonita.

En las rocas eruptivas del mundo se calcula la siguiente composición mineral media (5):

Cuarzo	12 %
Feldespatos	60 %
Hornblenda y augita	18 %
Micas	4 % y para los
demás minerales queda el	6 %

A medida que disminuye el tamaño de las partículas varía la proporción de los distintos minerales y el cuarzo disminuye rápidamente (17). También disminuye en las fracciones medias para el feldespato, mientras las micas pasan a ser minerales de la arcilla, y con ellas los silicatos nuevamente formados. (Fig. 3).

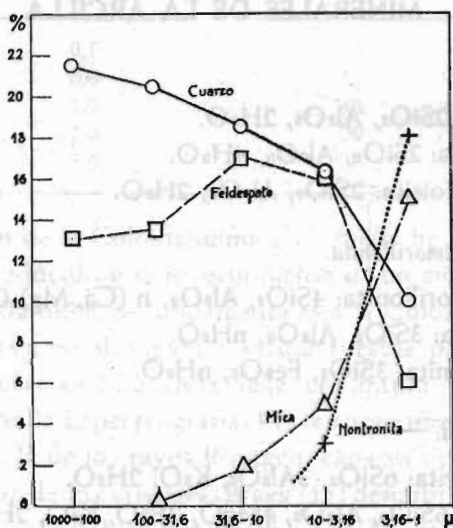
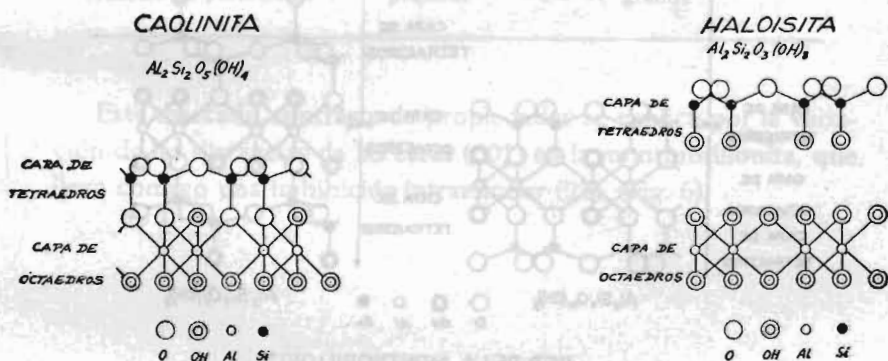


Figura 3

Porcentaje de la distribución mineral en fracciones de partículas de tierra cultivada de Bobzin (Mecklenburgo) según W. v. Engelhardt. Los porcentajes se refieren a los minerales, exceptuando el cuarzo. Para el cuarzo están multiplicadas por cuatro.

La naturaleza de estos minerales determina el carácter de los suelos. Existe un contraste de comportamiento entre los suelos cuyas arcillas son de naturaleza de la caolinita y aquéllos en los que predominan los minerales del grupo de la montmorillonita. La red cristalina de estos minerales es la siguiente. La caolinita, según Gruner (18), está constituida por una capa de tetraedros silícicos y otra capa de tetraedros aluminicos ligados mediante átomos comunes de oxígeno; así como el silicio ocupa el centro de los cuatro átomos de oxígeno dispuestos tetraédricamente, el átomo de aluminio se dispone en el centro de seis grupos de oxígenos dispuestos en posición octaédrica. La haloisita tiene una estructura más suelta y según Mehmel (19) consiste en las dos mismas capas de tetraedros silícicos y octaedros aluminicos, pero desligados, sin átomos de oxígeno comunes. (Fig. 4). Ya a bajas temperaturas, por



REDES DE LA CAOLINITA Y DE LA HALOISITA

Figura 4

pérdida de agua, se forma la metahaloisita, que tiene estructura análoga a la de la caolinita. Esta pierde agua a altas temperaturas, procedente de los grupos hidroxilos, con destrucción de la red.

Nótese que en la composición de la montmorillonita existen moléculas de agua, es decir, una cantidad no precisada. La fórmu-

la varía en distintos autores, y es que el silicio puede ser sustituido por el aluminio dentro del tetraedro; y también pueden ser sustituidos en el octaedro dos átomos de aluminio por tres de magnesio. Esta sustitución se realiza teniendo en cuenta la semejanza del ion, pero no es preciso que su valencia sea igual.

Según Hofmann (20) la red de la montmorillonita consta de dos capas de tetraedros silícicos ligadas a una capa intermedia de octaedros alumínicos. Edelman (21) propone una estructura que difiere de la de Hofmann en que en los planos terminales del paquete silícico-alumínico no existen átomos de oxígeno constituyentes de las bases de los tetraedros silícicos, sino grupos hidroxilos. (Fig. 5).

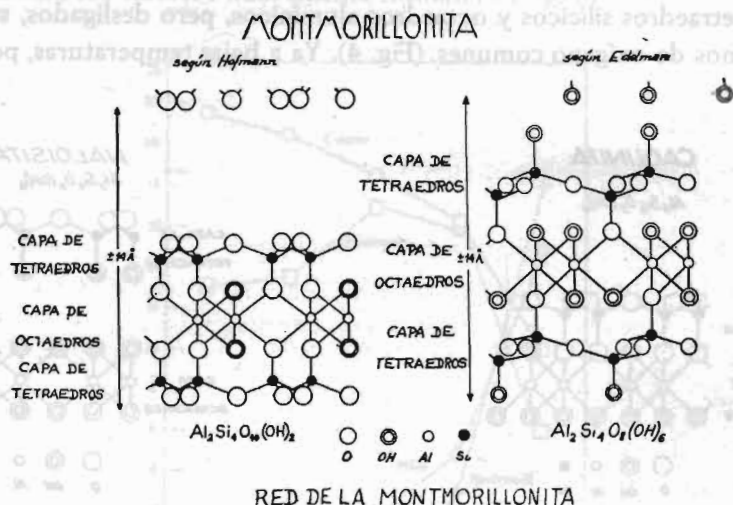


Figura 5

La diferencia esencial en el comportamiento de las redes de la caolinita y de la montmorillonita resulta en que en la primera los paquetes silico-alumínicos se disponen a una distancia fija, mientras que en la montmorillonita los paquetes silícico-alumínico-silícico se separan y varían su distancia, dando lugar a la absorción de agua, a la imbibición.

Existe un contraste de propiedades entre la caolinita y la montmorillonita:

Propiedades	Caolinita	Montmorillonita
Espacio interlaminar	angosto. 2,8 Å	amplio y variable. 10-30 Å
Superficie	sólo externa	interna considerable
Capacidad de agua	escasa	grande
Imbibición intracristalina	no	sí
Capacidad de adsorción.	5 milieq.	100 milieq.
Reacciones de cambio de (bases) cationes	muy rápida (sólo externa)	lenta.
Dispersión	difícil	fácil.
Dilución de soles	con escasa viscosidad	con alta viscosidad
Tipotropía	confusa	marcada
Número de plasticidad	pequeño	grande

Este marcado contraste de propiedades se explica por la variación de las distancias de las caras (001) en la montmorillonita, que lleva consigo una imbibición intramicelar (22). (Fig. 6).

VARIACIÓN DE LA DISTANCIA DE LOS
PLANOS RETICULARES [001] POR IMBI-
BICIÓN INTRAMICELAR EN LA MONT-
MORILLONITA

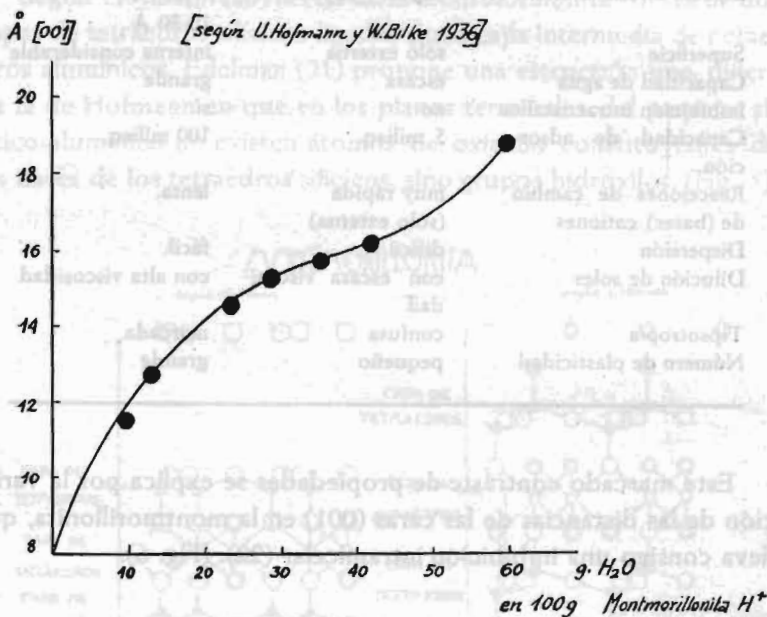


Figura 6

La diferencia esencial en el comportamiento de las redes de la celofibrina y de la montmorillonita resulta en que en la primera los paquetes silico-alumínicos se disponen a una distancia fija, mientras que en la montmorillonita los paquetes silico-alumínicos cambian de posición y varían su distancia al adsorberse el agua, a la hidratación.

En la chabasita esta distancia intramicelar es de 4 a 5 Å y en el cuarzo inferior a 2. Este hecho determinado por U. Hofmann y W. Bilke (23) había sido puesto de relieve análogamente en el ácido grafitico. (Fig. 7).

AUMENTO DE LA DISTANCIA DE LOS PLANOS RETICULARES

[001] POR IMBIBICIÓN INTRAMICELAR EN EL

ACIDO GRAFITICO

[Según U. Hofmann y A. Frenzel 1930]

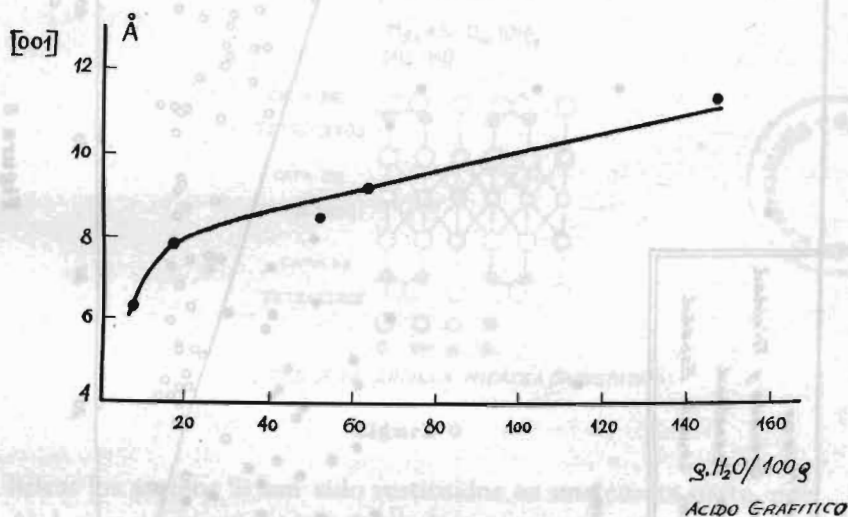


Figura 7

Aparece muy clara la escasa intensidad de las propiedades coloidales en la caolinita. Estudiando suelos caoliniticos de la península de Malaca (24) encontramos cantidades considerables de arcilla y, sin embargo, la capacidad de absorción del suelo es muy escasa. En la figura 8 se advierte el contraste entre esos suelos y,

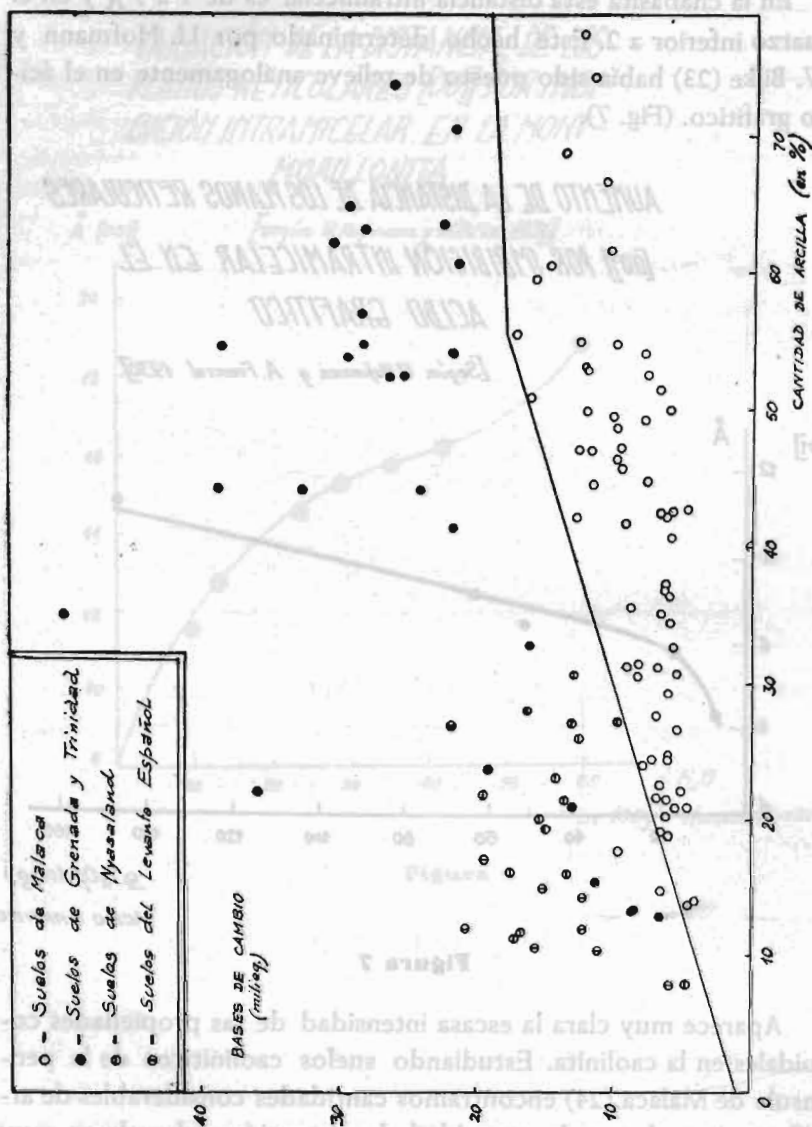


Figura 8

por ejemplo, los del Levante español, que con una cantidad mucho más pequeña de arcilla presentan una capacidad de absorción

mucho mayor, sin que la materia orgánica justifique esta diferencia. Las estructuras de las micas pertenecen igualmente, como las anteriores, a las redes laminares o planas. Estas estructuras explican las variaciones en la composición química de las micas (25). Jackson (26) ha propuesto un esquema de estructura de la moscovita. Un mineral micáceo encontrado en la arcilla, *sarospatita*, ha sido descrito por Hofmann y Maegdefrau (27). La estructura de la *sarospatita* consta de dos capas tetraédricas de silicio ligadas por una octaédrica de aluminio o magnesio. (Fig. 9). En las capas si-

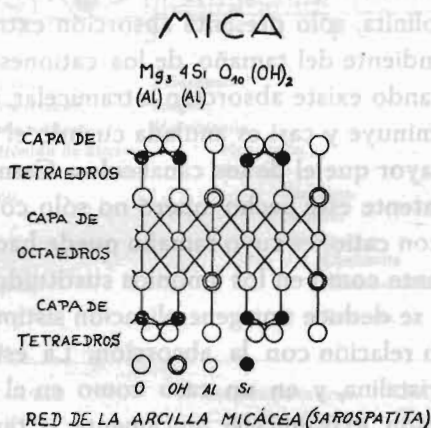


Figura 9

lícicas los átomos Si han sido sustituidos en una cuarta parte por Al. La carga negativa procedente de esta sustitución se compensa por cationes que se sitúan en la red entre los paquetes de las capas silíceo-alumínico-silíceas.

El estudio de estas estructuras ha venido a explicar las diferencias entre la capacidad de absorción por fenómenos de bloqueo. Una masa continental puede estar surcada por ríos y canales navegables, de cuyo caudal y dimensiones depende su capacidad para la navegación. Así los materiales absorbentes pueden tener canalículos interiores, de absorción intramicelar o puede ser tal la

posición reticular que no pueden penetrar en el interior los iones adsorbibles, presentándose solamente una posibilidad de adsorción intramicelar. En la caolinita se da este caso. Los espacios existentes entre los paquetes silícico-alumínicos no son *navegables*. Los espacios intramicelares, es decir, las distancias entre las caras (001), son angostos, inaccesibles.

A. Hoyos ha realizado un estudio de la estructura cristalina de algunas arcillas españolas (28). Por sólo las determinaciones de adsorción Cernescu (29) había llegado a mostrar la distinta estructura de la caolinita, la permutita y la chabasita. En el material que, como la caolinita, sólo presenta absorción extramicelar, ésta aparece independiente del tamaño de los cationes absorbidos, mientras que cuando existe absorción intramicelar, la capacidad de absorción disminuye y casi es anulada cuando el tamaño de los cationes es mayor que el de los canalículos. Cernescu, para mostrar de modo patente este hecho operó no sólo con los cationes alcalinos, sino con cationes cuyo tamaño puede hacerse variar tan considerablemente como en los amonios sustituidos.

De aquí se deduce una generalización sistematizadora de las estructuras en relación con la absorción. La estructura puede ser amorfa o cristalina, y en un caso como en el otro puede presentarse absorción extramicelar únicamente o también intramicelar. Pallmann nos ofrece este gráfico en el que describe los distintos materiales que pueden citarse como ejemplo de estos cuatro tipos de materiales absorbentes. (Fig. 10).

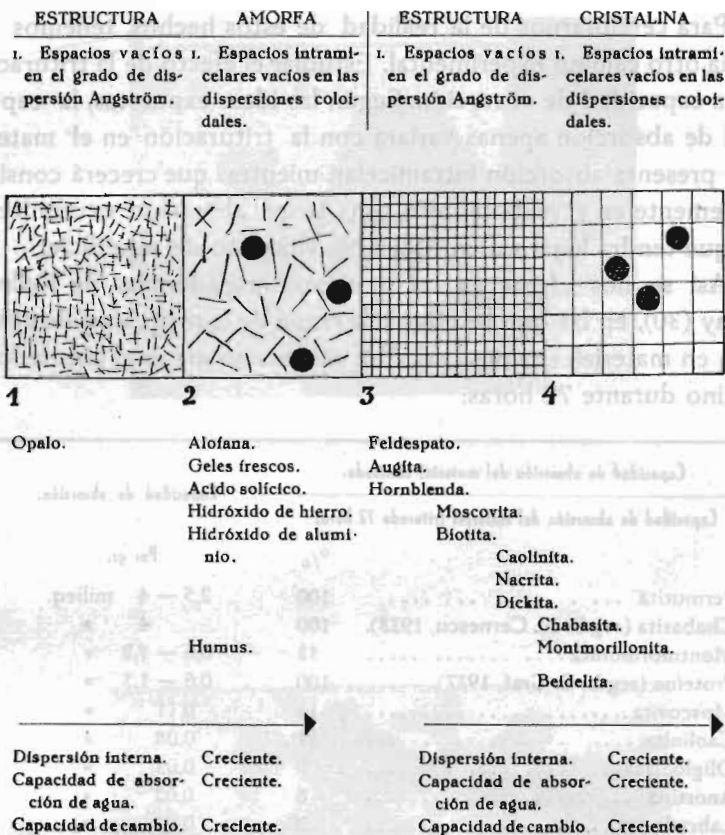


Figura 10

Hay experimentos en que la columna para la estructura de una capacidad de absorción de 8 miliseg por 100 g a 100 miliseg, mientras que la estructura pasa de 1,20 miliseg a 2,88 y la permeabilidad permanece con la estructura en una capacidad de 225 miliseg por 100 g.

Para penetrar en la naturaleza de esta materia dispersa inorgánica del suelo, se ha acudido recientemente al microscopio electrónico.

Para cerciorarnos de la realidad de estos hechos, tenemos todavía otro camino experimental. Estudiar el efecto de la trituración en la capacidad de absorción. Según las ideas expuestas, la capacidad de absorción apenas variará con la trituración en el material que presenta absorción intramicelar, mientras que crecerá considerablemente en el material que sólo tenga absorción extramicelar, ya que tendrá lugar un considerable aumento de superficie.

Así se nos ofrece en las siguientes experiencias de Kelley y Jenny (30), en las que se calcula la razón de la capacidad de absorción en materiales tamizados y en ese mismo material triturado en molino durante 72 horas:

Capacidad de absorción del material tamizado		Capacidad de absorción.	
Capacidad de absorción del material triturado 72 horas		Por gr.	
	%		
Permutita	100	2,5 — 4	milieg.
Chabasita (según N. Cernescu, 1933).	100	4	»
Montmorillonita	53	0,6 — 1,2	»
Proteína (según E. Graf, 1937).	100	0,6 — 1,5	»
Moscovita	13	0,11	»
Caolinita	11	0,08	»
Oligoclasa	9	0,03	»
Anortina	8	0,02	»
Labradorita	8	0,02	»
Biotita	4	0,03	»
Pirofilita	4	0,04	»
Ortoclasa	4	0,05	»
Albita	1	0,01	»

Hay experiencias en que la caolinita pasa, por trituración, de una capacidad de absorción de 8 milieg. por 100 gr. a 100,5 milieg., mientras que la bentonita pasa de 126 milieg. a 238, y la permutita permanece con la trituración en una capacidad de 225 milieg. por 100 gr.

Para penetrar en la naturaleza de esta materia dispersa inorgánica del suelo, se ha acudido recientemente al microscopio electró-

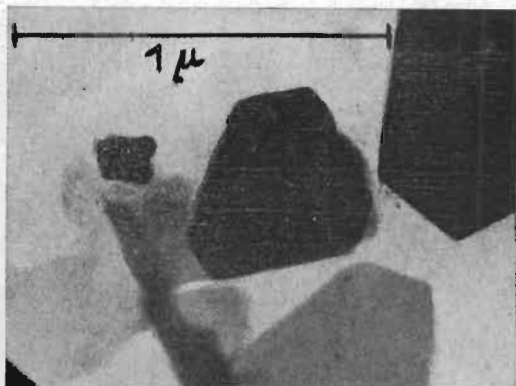


Imagen con el microscopio electrónico de la coalinita.
(Tamaño de partícula $< 0,6 \mu$)

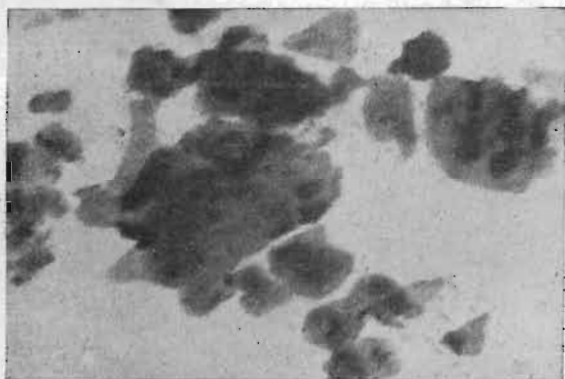


Imagen con el microscopio electrónico de un suelo de África
occidental.
(Tamaño de partícula $< 0,3 \mu$)



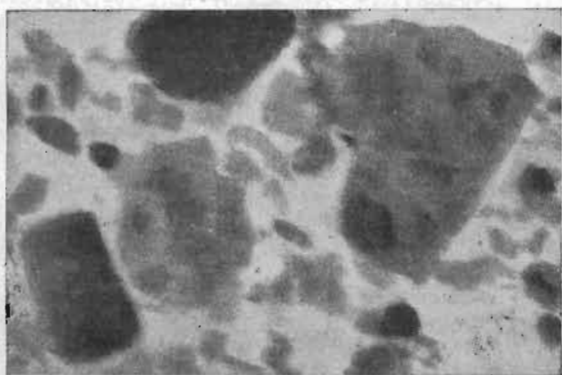


Imagen con el microscopio electrónico de un suelo de Hannover.

(Tamaño de partícula $< 0,3 \mu$)



Imagen con el microscopio electrónico de la sarapatita.

(Tamaño de partícula $< 0,6 \mu$)

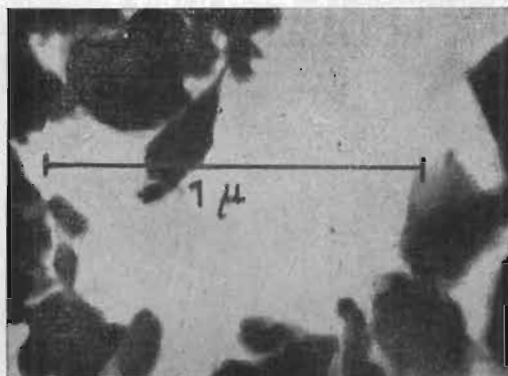


Imagen con el microscopio electrónico de una arena cuarcífera
(Tamaño de partícula $< 0,3 \mu$)

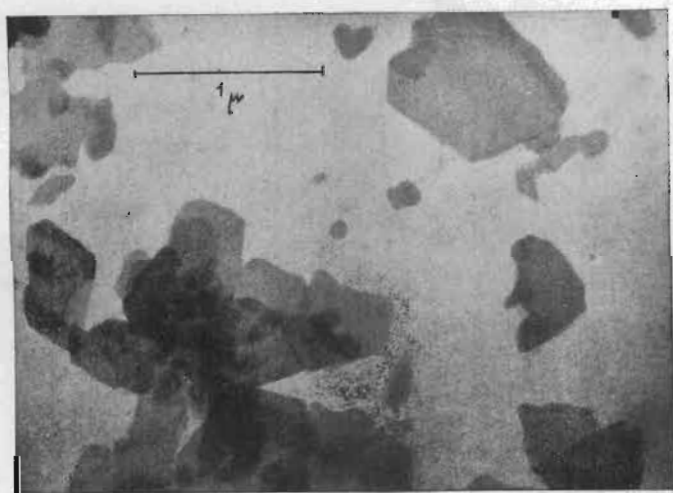


Imagen con el microscopio electrónico de un mineral arcilloso micáceo
(Tamaño de partícula $< 0,3 \mu$)

nico (31). Se obtienen imágenes de la caolinita como placas exagonales muy definidas. La montmorillonita, por dificultades técnicas, no ha dado imágenes definidas de cristales, sino nubosidades en las que se agrupan partículas sueltas de contornos imprecisos. Las micas se muestran como placas cristalinas más claras y menos profundamente coloreadas que las de la caolinita, y sus exágonos están delimitados menos agudamente. También se muestran características las imágenes de los granos de cuarzo.

Estas imágenes se pueden reconocer en el suelo, y Jacob muestra las imágenes de varios suelos en los que se advierte la presencia de estos minerales.

BIBLIOGRAFIA

- 1.—*P. Niggli, F. de Quervain, R. U. Winterhalter.*—Chemismus schweizerischer Gesteine. Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechn. Serie, XIV, 259, 1930.
- 2.—*J. Geering.*—Landw. Jahrbuch der Schweiz, 178, 1936.
- 3.—*M. de Terán.*—«Las grandes vías naturales del continente africano». Africa, número 1, 13.
- 4.—*F. Lotze.*—Steinsalz und Kalisalze. Geologie. Berlín, 1938, pág. 24.
- 5.—*F. W. Clarke.*—The data of Geochemistry. U. S. Geol. Survey, Bull. 770.
- 6.—*C. W. Correns.*—Mineralogische Untersuchungen an Böden. Bodenk. u. Pflanz., **21-22**, 656, 1940.
- 7.—*J. M.^a Albareda.*—«El suelo». Madrid, 1940, pág. 244.
- 8.—*S. Mattson.*—«The Laws of Soil Colloidal behavior». Soil Science, serie de artículos publicados de 1929 a 1932.
- 9.—*A. Stebutt.*—Lehrbuch der allgemeinen Bodenkunde. Berlín 1930, pág. 230.
- 10.—*H. R. Kruyt y H. C. Brungenberg de Jong.*—Zur Kenntnis lyophilen Kolloide. Koll.—Chem. Beih., **28**, 1, 1929. H. R. Kruyt y H. J. C. Tendeloo. Zur Kenntnis der lyophilen Kolloide. IV. Koll.—Chem. Beih., **29**, 413, 1929.
- 11.—*G. Wiegner.*—Kolloidchemie und Bodenkunde. IX Cong. Int. de Química Pura y Aplicada.—Madrid, 1934, t.^o VII. *H. Pallmann.*—Zur physikalischen Chemie des bodens. Erdbaukurs der E. T. Hochschule. Zurich, 1938.
- 12.—*J. M.^a Albareda.*—Determinación de velocidades cataforéticas. An. de la Soc. Española de Fis. y Quím., **29**, 697, 1931.
- 13.—*H. Freundlich, O. Schmidt und G. Lindau.*—Über die Thixotropie von Bentonit—Suspensionen. Koll.—Chem. **Beih.**, 36, 78, 1932.
- 15.—*W. H. y W. L. Bragg.*—The crystalline state. Londres, 1933, t.^o I, pág. 133.
- 16.—*F. Scheffer y P. Schachtchabel.*—Handbuch der Bodenlehre, Berlín, 1939, t.^o XI, pág. 278.

17.—*W. Laatsch*.—Dynamik der Deutschen Acker-und Waldböden. Dresden y Leipzig, 1938, pág. 49.

18.—*J. W. Gruner*.—The crystal structure of kaolinite. Z. Kristallogr. Leipzig, **83**, 75, 1932. The crystal structure of nacrite and a comparison of certain optical properties of the kaolinin group with its structures. id. id. **85**, 1933. Densities and structural relationships of kaolinites and anauxites. Am. Miner., **22**, 855. 1937.

19.—*M. Mehmel*.—Über die Struktur von Halloysit und Metahalloysit. Z. Kristallgr., Leipzig, **90**, 35, 1935.

Beitrag zur Frage des Wassergehaltes der Minerale Kaolinit, Halloysit und Montmorillonit. Chemie der Erde, Jena, **11**, 1, 1937.

Anwendung optischer und röntgenographischer Methoden bei der Untersuchung der Tone. Ber. d. Deutschen keram. Ges., Berlin, **47**, 549, 1938.

20.—*U. Hofmann, K. Endell y D. Wilm*.—Röntgenographische und kolloidchemische Untersuchungen über Ton. Angew. Chem., Berlin, **47**, 539, 1934.

21.—*C. H. Edelman*.—Moderne inzichten inzake kleimineralien. Landb. Tijdschr. Wageningen, **49**, 358, 1937. Derselbe, F. A. van Baren u. J. Ch. L. Favejee: Mineralogische onderzoekingen aan kleien en kleimineralien. Mededeelingen van Landbouwhoogschool, Wageningen, **43**, acta 4, 1, 1939.

22.—*U. Hofmann y W. Bilke*.—Innerkristalline Quellung und Basenaustauschvermögen. Koll.—Zeitschr., **77**, 246, 1935.

23.—*U. Hofmann y A. Frenzel*.—Quellung von Graphit und die Bildung von Graphitsäure. Ber. d. Deutsches Chemischen. Gessellschaft, **63**, 1248, 1930.

24.—*J. M.^a Albareda*.—Caracterización de suelos tropicales y subtropicales mediante determinaciones físicas y fisicoquímicas. Rev. Academia de Ciencias. Madrid. **31**, 320 y 457, 1934.

25.—*Klochmann y P. Ramdohr*.—Lehrbuch der Mineralogie. Stuttgart, 1936, página 508.

26.—*W. W. Jackson*.—Z. Kristalog. A. Erg. Band. **2**, 143, 1937.

27.—*E. Maegdefrau y U. Hofmann*.—Glimmerartige Mineralien als Tonzubstanzen. Z. Kristallogr., Leipzig, A, **98**, 31, 1937.

28.—*A. Hoyos*.—Análisis röntgenográfico de algunas arcillas españolas. Anales del Instituto Español de Edafología, Ecología y Fisiología Vegetal, **1**, 121, 1942.

29.—*N. Cernescu*.—Anuarul Institutului Geologie al Romaeniei, **16**, 7, 1933.

30.—*W. P. Kelley y H. Jenny*.—Soil Science, **41**, 367, 1936.

31.—*A. Jacob y H. Loofmann*.—Untersuchungen mit dem Elektronen-Mikroskop an einheitlich zusammengesetzten Bodenmineralien < 2 μ . Bodenk. u. Pflanz. **21-22**, 666, 1940.

A. Jacob.—Untersuchungen über die Zusammensetzung der Tonfraktion des Bodens. Bodenk. und Pflanz., **29**, 219, 1943.

SOBRE LA FLOTACION DE MINERALES COMPLEJOS DE COBRE Y COBALTO

POR

CARLOS DEL FRESNO y ANGEL ARIAS FERNANDEZ

En la parte Norte de la provincia de León (Cármenes, Villamán) y en Asturias (El Aramo) existen minerales complejos oxídicos de cobre y cobalto, y en la primera de dichas localidades y en Cabrales (Asturias) minerales sulfídicos de los mismos metales. Dado el valor elevado de los metales cobalto y cobre en ellos contenidos, así como en el del níquel, que les acompaña a veces, se comenzó a estudiar en 1935 el aprovechamiento de estos minerales por uno de nosotros (C. F.) en la Sección Metalúrgica del Instituto de Química Aplicada y en el Laboratorio de Análisis Físico-Químico, proponiéndose en estos estudios lograr el aprovechamiento eficaz de los metales en ellos contenidos. Por causas diversas se interrumpieron al siguiente año dichos estudios, los que han reanudado a principios de 1943 en la reorganizada Sección Metalúrgica del ya mencionado Instituto. En el presente trabajo damos cuenta de algunos ensayos sobre la aplicación de los métodos de flotación a los citados minerales, efectuados con el fin de ver si era posible la concentración de los mismos por este método con eficacia suficiente para llegar a una aplicación técnica del mismo.

Entre los métodos de concentración de minerales han alcanzado una aplicación muy extensa los *métodos de flotación*, basados como es sabido en separar la mena de la ganga en el mineral finamente triturado y en suspensión en agua por la acción de ciertos reactivos que, absorbidos selectivamente por la mena, hacen que ésta no sea mojada y tienda a separarse en las superficies de separación líquido-gas que constituyen la espuma, la cual se origina en el medio por agitación violenta de ésta e insuflación de aire, previa adición al medio citado de reactivos que producen dicha espuma.

Vamos a dar una breve idea de en qué consiste la flotación y fundamentos científicos de la misma. (1).

Trituración y molido.—Lo primero que se necesita es que la trituración del mineral conduzca, de una parte, a un tamaño de partículas suficientemente pequeño para que sean capaces de flotar. Partículas grandes poseen una velocidad de sedimentación más elevada que las partículas pequeñas y aquélla es tanto mayor cuanto mayores son las partículas. Por otra parte es necesario igualmente llegar en la trituración a un grado de finura de partículas tal que se produzca la separación de mena y ganga, en los casos en que una y otra se presenten íntimamente interpuestas, lo que ocurre frecuentemente. Si un mineral de estos últimos se tritura hasta un tamaño insuficiente, las partículas obtenidas tienen análoga composición que el material de partida y la flotación produce enriquecimiento nulo o insuficiente. En cambio, si se llega a un grado de finura suficientemente elevado, el enriquecimiento o concentración alcanzada es mayor y suficientemente elevado. No vamos a describir los aparatos de trituración y molido utilizados en la flotación industrial, si bien más adelante expondremos el camino seguido por nosotros en estos ensayos de laboratorio.

Para la separación de las partículas de diferentes tamaños se utilizan tamices de tamaño adecuado. Nosotros empleamos juegos de tamices de laboratorio cuya descripción haremos luego.

Reactivos de flotación: sus clases.—Los reactivos de flota-

ción son de dos clases. Tenemos, de una parte, los reactivos de flotación propiamente dichos y, de otra, los reactivos reguladores.

En el primer grupo incluimos:

a) *Colectores*, que son los que provocan la unión del mineral con las burbujas de aire en el medio de flotación (turbio) y su enriquecimiento en la espuma.

b) *Espumantes*, reactivos que se añaden al turbio para provocar en él la formación de espuma.

Estos reactivos son esenciales en todo proceso de flotación, el que no se verifica sin ellos.

Existen reactivos que presentan simultáneamente propiedades colectoras y espumantes, no siendo necesaria entonces la adición de un segundo reactivo.

En el segundo grupo tenemos los reactivos reguladores, los cuales se añaden al turbio en presencia de colectores y espumantes para modificar la capacidad de flotación de los minerales. Se dividen en:

c) *Reactivos depresores* (o, simplemente, *depresores*), los cuales disminuyen la capacidad de flotación de aquellos minerales cuya presencia en la espuma no interesa, por lo menos de momento, para lo cual los citados reactivos *deprimen* en el turbio a los citados componentes.

d) *Reactivos activadores* (o, simplemente, *activadores*), los cuales devuelven su capacidad de flotación a los minerales que la habían perdido por la acción de un depresor.

e) *Reactivos reforzadores*, los cuales hacen flotar los minerales que no poseen capacidad natural para ello, o que la tienen baja.

Existen, por último, los denominados *venenos de flotación*, los cuales impiden o dificultan la flotación de los minerales. Desde luego que estos venenos no suelen ser añadidos intencionadamente al turbio, pudiendo existir en él. Para evitar su acción, se añaden al turbio los denominados *contravenenos*.

Los *colectores* disminuyen la capacidad que los minerales poseen para ser mojados, al tiempo que favorecen la unión de aquéllos

con las burbujas de aire. Su presencia en el turbio de flotación es por consiguiente esencial en casi todos los casos, exceptuando sin embargo aquéllos en que se trata de minerales de carácter no polar fácilmente flotables (grafito, carbones minerales, azufre, molibdenita y talco, entre otros).

Los colectores son casi siempre sustancias orgánicas con moléculas de estructura simultáneamente polar y no polar, las cuales vuelven al mineral en el seno del turbio más hidrófobo de lo que era en estado natural, y ello mediante un proceso de reacción química o absorción. La extremidad polar de la molécula queda dirigida hacia la superficie del mineral, mientras que la parte no polar queda hacia afuera y provoca la repulsión del agua de la partícula mineral. Ocurre a veces en los colectores, que el grupo polar es a la vez metalófilo (es decir, tiene afinidad por los metales) e hidrófilo (como ocurre con los grupos OH, COOH y NH_2), en cuyo caso tales colectores son a la vez espumantes. En este grupo de sustancias, denominadas *colectores-espumantes*, figuran los cresoles, creosotas, ácidos grasos, aminas y las mezclas que contienen estas sustancias.

El estudio sistemático más completo de acción colectora de diferentes reactivos fué efectuado por Taggart (2) y permitió deducir relaciones interesantes entre la acción colectora y la estructura química. Todos los colectores estudiados son combinaciones polares-no polares que poseen en su molécula un grupo polar que contiene *azufre divalente* o nitrógeno trivalente. La mayor eficacia la poseen el azufre unido a un átomo de hidrógeno S-H o un metal S-Me, siendo mucho menos activo el azufre unido a un radical orgánico S-R. En cuanto al nitrógeno, los grupos más activos son el amino, NH_2 , y el diazo, $\text{N}=\text{N}-\text{N}$. El resto de la molécula debe ser por lo menos una cadena o resto de 8 átomos de carbono. La solubilidad de los colectores es generalmente débil (O,2-O,3 gr. / l) y aquéllos que son más solubles (xantatos o xantogenatos) se emplean en concentraciones muy bajas.

Dijimos ya que existen reactivos que poseen simultáneamente

el carácter de colectores y espumantes. Como veremos, también éstos últimos son compuestos polares—no polares, es decir, poseen análoga constitución estructural, por lo que se explica bien que determinadas combinaciones posean a la vez propiedades colectoras y espumantes, pues en el primer caso son absorbidas en la superficie de separación mineral-agua, y en el segundo en la superficie de separación agua-aire. Muchos compuestos que poseen el grupo amino, NH_2 , son buenos colectores-espumantes (anilina, toluidina, xilidina, naftilamina, etc.) Para los minerales oxídicos han mostrado su eficacia como colectores-espumantes los ácidos grasos elevados y sus sales alcalinas (jabones). Son raros los casos en los que se utiliza solamente el colector-espumante; lo corriente es elevar la capacidad de formación de espuma por adición de espumantes determinados.

Los espumantes son, como ya hemos dicho, sustancias que se añaden al turbio de flotación para provocar la formación de espuma. Las condiciones que se exigen de un buen espumante para su empleo en la flotación industrial son: suficiencia de cantidades pequeñas de sustancia para formar espuma persistente, que ésta posea bastante consistencia y estabilidad, que se reparta bien en el turbio y que no actúe sobre la superficie del mineral, limitándose tan sólo a su acción sobre la superficie de separación agua-aire.

Los espumantes generalmente empleados son casi siempre sustancias que disminuyen la tensión superficial del agua. Como la disminución de la tensión superficial produce una disminución paralela de la capacidad de mojado del mineral, lo que se opone a la fijación del colector sobre aquél, es conveniente en la práctica agregar primero el colector y los reactivos reguladores al turbio y, al cabo de algún tiempo de actuar aquél, se añade el espumante.

Para conseguir que flote una tonelada de mineral en la superficie libre de nivel del agua, necesitaría tener esta superficie un valor imposible de alcanzar en la práctica. La producción de una espuma densa y persistente eleva extraordinariamente la superficie límite aire-agua, la que alcanza entonces el valor exigido.

Los espumantes son generalmente sustancias orgánicas que contienen un grupo ávido de agua (hidrófilo) y otro grupo que la repele (hidrófobo) y que, generalmente, está constituido por un resto o radical hicarbonado. Entre los grupos hidrófilos más frecuentes en los espumantes pueden citarse los siguientes: OH (alcoholes, fenoles), CO (aldehidos, cetonas), COOH (ácidos), CONH₂ (amidas), RCOOR' (ésteres) y ROR' (éteres). A veces existe el grupo NH₂ en los espumantes, pero este grupo tiene a la vez propiedades colectoras.

Como reactivo de laboratorio se emplea mucho el terpineol, insoluble en el agua. Actúa formando abundante espuma a concentraciones incluso muy pequeñas (hasta 25 gr/t.). A causa de su precio elevado no se ha empleado en la flotación industrial. En ésta se utilizan preferentemente los aceites de pino (pine oils), aceite de eucalipto y otros.

Entre los reactivos de otras clases mencionadas en la clasificación efectuada—reactivos que, conjuntamente, suelen denominarse *reactivos reguladores*—tenemos los que hemos incluido bajo las denominaciones de depresores, activadores y reforzadores. Aparte de éstos tenemos aún los regulares del pH, que desempeñan esencial papel en los procesos de flotación. No vamos a detallar sobre el particular, limitándonos después a mencionar los usados por nosotros.

Teoría de la flotación.—Sobre el mecanismo de la flotación existen diversas teorías (3) a cuyo detalle no vamos a descender. Todas ellas no consideran realmente más que aspectos parciales de la misma cuestión fundamental, por lo que—teniendo todas ellas un fondo de realidad experimental no son suficientes separadamente a explicar el fenómeno de la flotación, ya que éste es regido por la influencia de un verdadero cúmulo de variables. La consideración del denominado *ángulo de contacto* arroja mucha luz sobre la capacidad de las sustancias para ser mojadas, de la cual depende directamente la flotabilidad, pudiendo decirse que ésta es tanto mayor cuanto más elevado es el ángulo de contacto. Cuan-

do éste vale 0° , la substancia es totalmente mojada y no puede flotar, sumergiéndose. Si el ángulo de contacto es pequeño, solo pueden flotar las partículas de pequeño tamaño; al hacerse cada vez mayor el ángulo de contacto, el tamaño de las partículas capaces de flotar aumenta. El ángulo de contacto de aquella substancia de una mezcla de dos que no debe flotar ha de ser 0° , para que siendo totalmente mojada se sumerja, separándose de este modo de la otra. El peso específico tiene también una influencia muy grande sobre la capacidad de flotación. Los materiales de gran peso específico solo podrán flotar si el tamaño de sus partículas es pequeño, aún poseyendo un elevado ángulo de contacto. Por lo que se refiere a la constitución de la red cristalina de las substancias en relación con la facilidad para ser mojadas se ha visto que los minerales con redes típicamente iónicas tienden a ser mojados fácilmente por el agua y si en la red cristalina existe exígeno como componente, el mineral se vuelve hidrófilo. En cambio los sulfuros de metales pesados, que solo contienen en su red cristalina átomos o iones de metal y azufre, son por naturaleza hidrófobos y sólo si se oxidan superficialmente pierden su capacidad de flotación por volverse hidrófilos. Muchos minerales flotarían espontáneamente sin necesidad de adicionar un reactivo colector, separándose en la espuma si el tamaño de partícula es suficientemente pequeño. La presencia del colector refuerza su capacidad de flotación, subsistiendo ésta para tamaño de partícula mayor. Prescindiremos de la influencia de otros factores.

Vamos a describir a continuación las experiencias realizadas por nosotros.

Los minerales utilizados por nosotros en estas experiencias procedían de la mina «La Profunda» de Villamanín (León) y de la mina «Ninón» de Cabrales (Asturias).

El mineral de Villamanín está constituido por óxidos negros de

cobalto que contienen manganeso (asbolana) y, en mezcla con éstos, hidratos de cobre (malaquita y azurita), todo ello sobre una ganga dolomítica. En cuanto al mineral de Cabrales presenta el cobalto y níquel parcialmente en forma de combinación sulfurada, mientras que la ganga contiene, además del calcio y magnesio, una proporción elevada de sílice.

Las muestras del mineral a estudiar se trituraban en un mortero de hierro hasta grano fino, y luego se pulverizaban finamente en un mortero de porcelana. Después se efectuaba el análisis por tamizado. Se emplearon tamices números 140, 180 y 200, con 52, 66 y 74,5 mallas por centímetro, respectivamente. Los números representan mallas por pulgada inglesa lineal. Para el material comprendido entre los tamices 110-140 admitiremos una cifra de finura de 61,64 % y para los materiales entre 140-180 y 180-200 las cifras respectivas de finura serán 78,95 y 93,75 %. El material que pasa el tamiz de número 200 tiene una finura de 100 %. A base de estas cifras de finura determinaremos en cada caso el grado de finura del mineral a flotar siguiendo las normas dadas por E. H. Rose (4).

Las experiencias de flotación se efectuaron en dos aparatos de laboratorio diferentes. El primero y más sencillo consta de una probeta cilíndrica de 500 c. c. de capacidad, en la que se pone el turbio de flotación, al cual se han añadido previamente los reactivos necesarios para que aquélla se produzca. Entonces se introduce un agitador formado por una varilla de latón que termina en una placa circular del mismo material, provista de agujeros. Al elevar y descender la varilla se introduce aire en el líquido y se produce espuma, la cual flota y engloba la parte de mineral flotable. A medida que se forma dicha espuma se aspira por un tubo de vidrio unido mediante una goma a un kitasato por cuya tubulura lateral se hace el vacío mediante una trompa. Algunas experiencias se efectuaron con una máquina de flotación de laboratorio provista de motor.

En los análisis de los minerales utilizados, así como de los concentrados obtenidos se determinaron el cobre, hierro, níquel y cobalto, o — algunas veces — la suma de los dos últimos. En todos los casos se disolvió el mineral en agua regia, evaporó a sequedad (repetiendo, a veces, esta operación), añadió ácido clorhídrico diluido y calentó a ebullición para disolver todo, excepto el residuo silicioso. Filtrado éste y lavado, se concentra el líquido por evaporación y se añade SO_4H_2 , evaporando hasta humos blancos con objeto de transformar los cloruros en sulfatos. Estos se disuelven en agua a ebullición, quedando como residuo la mayor parte del sulfato cálcico. Se filtra éste, lava y pasa corriente de SH_2 al filtrado para precipitar el cobre. Separado el SCu por filtración y dejado aparte, se hierve el filtrado para expulsar el exceso de SH_2 y añade NO_3H para oxidar. Se precipita el hierro con solución acuosa de amoníaco hasta que se perciba ligeramente el olor de éste último, en algunos casos se repetía esta operación, previa redisolución en SO_4H_2 del precipitado obtenido. Una vez separado el hierro, cuyo precipitado de hidróxido se dejaba aparte, se llevaba el filtrado a un matraz aforado y enrasaba, tomándose una fracción conocida del volumen total, la cual se ponía en un vaso de Jena (forma alta) de 150 c. c. de cabida. Se añaden entonces sulfato amónico, amoníaco y una pequeña cantidad de sulfito sódico y entonces se determinaba electrolíticamente la suma del Co y Ni, empleando un cátodo de lámina de níquel (5) con vástago del mismo metal y un ánodo de alambre de platino, arrollado en tirabuzón sobre un agitador de vidrio accionado a motor. La corriente para la electrólisis, que se efectuaba a 60-70°, se tomaba de una batería de acumuladores de 6 voltios cerrado sobre una resistencia de corredera montada en potenciómetro, de la que se derivaba el circuito de electrólisis, en el cual iban intercalados un voltímetro y un amperímetro. La fuerza electromotriz usualmente empleada era de 3 voltios y la intensidad de 1,5 a 2 amperios. Una vez terminada la electrólisis—lo que se reconocía tomando con una pipeta una pequeña cantidad del líquido del vaso y evaporándola a sequedad en

una cápsula de porcelana, añadiendo solución de sulfocianuro amónico, y un poco de ClH , con lo que no aparecía color azul alguno si aquella estaba terminada—se sacaba el cátodo del vaso sin interrumpir la corriente, sumergiéndole entonces rápidamente en un vaso con agua y lavándole después con agua corriente, agua destilada y alcohol, secándole a 110° en la estufa y pesándole, una vez frío. El aumento de peso nos daba la suma del Co y Ni contenidos en la parte alicuota tomada de la muestra, calculándose de él la cantidad contenida en la muestra tomada. En otra porción de la solución del matraz aforado se determinaba gravimétricamente el Ni por precipitación en solución amoniacal con disolución alcohólica de dimetilglioxima al 1 %. La diferencia entre la suma $\text{Co} + \text{Ni}$, determinada por electrólisis, y el níquel determinado con la dimetilglioxima nos daba el cobalto.

El hierro contenido en el hidróxido filtrado se disolvía en SO_4H_2 , reducía con cinc en un matraz cerrado y provisto de una válvula de Bunsen. La solución ferrosa así obtenida se valoraba con solución 0,1 N de permanganato potásico.

El filtro con el precipitado de SCu se incineraba y trataba con unas gotas de NO_3H , evaporando luego con SO_4H_2 hasta humos blancos. Se tomaba con agua el contenido del crisol y se pasaba a un vaso de 150 c. c. en el que se electrolizaba (6) con un cátodo de malla de latón con vástago de cobre y el mismo ánodo de platino que anteriormente, operando como antes a unos 3 voltios y 0,5 amperios. Terminada la electrólisis (lo que se reconocía con ferrocianuro potásico), se lavaba el cátodo con agua y alcohol y se caba en la estufa a 110° , pesándole. En algunas experiencias el cobre se determinaba por valoración contra solución 0,1 N de $\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$.

Algunas veces se pesaba el residuo silicioso en crisol tarado, después de incinerar el filtro.

EXPERIENCIAS DE FLOTACION REALIZADAS:

Experiencia n.º 1.—Mineral de escombrera de «La Profunda».

Análisis del mineral de partida.—Peso de la muestra: 1,3510 grs.

Cobre determinado por valoración con la sol. 0,1 N de $S_2O_8 Na_2$ ($f = 0,9091$).

0,43 %

Hierro determinado por valoración con sol. 0,1 N de MnO_4K ($f = 1,050$).

0,79 %

Cobalto y níquel por electrólisis con corriente de 3,5 volts. y 1,7 amps.

2,38 %

Análisis por tamizado.—Se pulverizan 85 grs. de mineral y se tamizan procurando que pase un 70-80 % por el tamiz n.º 200.

N.º tamiz	Lim. inf. de malla	Cifra de finura	Análisis por tamizado		
			Peso	Residuo %	A sumar
140	0.105	61,64 %	10,00	12,19	751,39
140-180	0,085	78,95 »	6,00	7,32	577,12
180-200	0,075	93,75 »	1,00	1,22	113,43
200	—	100,00 »	65,00	79,27	7926,00
			82,00	100,00	9367,94

Grado de finura = 93,67 %

Aparato de flotación utilizado.—Probeta de 500 c.c. y agitador.

Turbid de flotación.—50 grs. de mineral + 150 c. c. de agua.

Se sulfuraba previamente a 70° durante 15 min. con 0,5 c. c. de solución de SNa_2 al 5 % (500 g. / t.). + 1 c. c. de sol. de $CO_3 Na_2$ al 10 % (2000 g. / t.). Se añadían después 3 c. c. de sol. de silicato sódico al 1 % (600 g. / t.).

Colector.—5 c. c. de amilxantato potásico al 1 % (1000 g. / t.).

Espumante.—3 gotas de terpineol (224 g. / t.).

Concentrado obtenido.—(Peso en seco) 11 grs.

Análisis del concentrado.—Peso de la muestra: 1,7584 grs:

Cobre determinado por valoración con sol. 0,1 N de $S_2O_8Na_2$ ($f = 0,9091$).

0,75 %

Hierro determinado por valoración con sol. 0,1 N de MnO_4K ($f = 1,050$).

1,16 %

Cobalto y níquel determinados electrolíticamente:

3,29 %

Resumen. =

Exp. número 1

Productos	Peso gr.	Peso %	Análisis %			Rendimiento %		
			Cu	Ni + Co	Fe	Cu	Ni + Co	Fe
Min. de part.	50	—	0,43	2,38	0,79	—	—	—
Concentrados	11	22	0,75	3,29	1,16	38,3	31,2	32,3
Estériles	39	78	—	—	—	—	—	—

Experiencia n.º 2.—Mineral sulfídico de Cabrales.

Análisis del mineral de partida.—Peso de la muestra: 1,2074 gra.

Cobre determinado electrolíticamente: 4,10 %

Hierro determinado por valoración con MnO_4K 0,1 N ($f = 1,050$):

8,36 %

Cobalto y níquel electrolíticamente: 2,75 %

Análisis por tamizado.—Se pulverizan 100 grs. de mineral y se tamizan, obteniendo el siguiente resultado:

N.º tamiz	Lim. inf. de malla	Cifra de finura	Análisis por tamizado		
			Peso	Residuo %	A sumar
140	0,105	61,64 %	12,00	12,00	739,68
140-180	0,085	78,95 »	6,00	6,00	473,70
180-200	0,075	93,75 »	2,00	2,00	187,50
200	—	100,00 »	80,00	80,00	8000,00
			100,00	100,00	9400,88

Grado de finura = 94,00 %

Aparato de flotación utilizado.—Probeta de 500 c. c. y agitador.

Turbio de flotación.—50 gr. de mineral + 152 c. c. de agua.

Se añadían 1 c. c. de sol de CO_3Na_2 al 10 % (2000 g. / t.) + 5 c. c. de amilxantato potásico al 1 % (1000 g / t.). Se dejaba actuar 5 minutos.

Colector.—Amilxantato potásico al 1 %.

Espumante.—3 gotas de terpineol (224 g / t.).

Concentrado obtenido.—(Peso en seco) 12 grs.

Análisis del concentrado.—Peso de la muestra: 1,2234 grs.

Cobre determinado electrolíticamente: 9,26 %

Hierro determinado por valoración con MnO_4K 0,1 N ($f = 1,0368$).

12,01 %

Cobalto y níquel electrolíticamente: 4,28 %

Resumen.==

Exp. número 2

Productos	Peso gr.	Peso %	Análisis %			Rendimiento %		
			Cu	Ni + Co	Fe	Cu	Ni + CO	Fe
Mjn. de part.	50	—	4,10	2,75	8,36	—	—	—
Concentrados	12	24	9,26	4,28	12,01	54,1	37,3	33,4
Estériles	38	76	—	—	—	—	—	—

Experiencia n.º 3.—Mineral sulfídico de Cabrales.

Análisis del mineral de partida.—Peso de la muestra: 1,2786 grs.

Cobre determinado electrolíticamente: 1,30 %

Hierro por valoración con MnO_4K 0,1 N ($F = 1,0368$): 11,13 %

Cobalto y níquel electrolíticamente: 0,77 %

Residuo silicioso: 63,00 %

Análisis por tamizado.—Se pulverizan 98 grs. de mineral y se tamizan, obteniendo el siguiente resultado:

N.º tamiz	Lim. inf de malla	Cifra de finura	Análisis por tamizado		
			Peso	Residuo %	A sumar
140	0,105	61,46 %	8,00	8,16	502,98
140-180	0,085	78,95 »	10,00	10,20	805,29
180-200	0,075	93,75 »	5,00	5,10	478,12
200	—	100,00 »	75,00	76,53	7653,00
			98,00	99,99	9439,39

$$\text{Grado de finura} = \underline{94,39 \%}$$

Aparato de flotación utilizado.—Probeta de 500 c.c. y agitador.

Turbio de flotación.—50 grs. de mineral + 150 c.c. de agua.

Colector.—9 gotas de flotigol C.S. (2034 g. / t.).

Concentrado obtenido.—Peso en seco: 9 grs.

Análisis del concentrado.—Peso de la muestra: 1,3840 grs.

Cobre determinado electrolíticamente: 2,84 %

Hierro por valoración con $\text{MnO}_4\text{K O}_1\text{N}$ ($f = 1,0368$): 18,52 %

Cobalto y níquel electrolíticamente. 1,73 %

Residuo silicioso: 46,50 %

Resumen.—

Exp. número 3

Productos	Peso gr.	Peso %	Análisis %			Rendimiento %		
			Cu	Ni + Co	Fe	Cu	Ni + Co	Fe
Mín. de part.	50	—	1,3	0,77	11,13	—	—	—
Concentrados	9	18	2,84	1,73	18,52	39,23	40,40	29,90
Estériles	39	78	—	—	—	—	—	—

Experiencia n.º 4.—Mineral oxidico de Villamanín.

Análisis del mineral de partida.—Peso de la muestra: 1,9534 grs.

Cobre determinado electrolíticamente: 0,68 %

Hierro por valoración con $\text{MnO}_4\text{K O}_1\text{N}$ ($f = 0,9789$): 1,56 %

Cobalto y níquel electrolíticamente: 2,94 ‰

Níquel como dimetil-glioxima: 0,37 ‰

Cobalto: $2,94 - 0,37 = \underline{2,57}$ ‰

Análisis por tamizado.—No se efectuó.

Aparato de flotación utilizado.—Máquina de flotación de laboratorio.

Turbio de flotación.—300 grs. de mineral + 1500 c.c. de agua.

Se añadían 6 c.c. de sol. de CO_3Na_2 al 10 ‰ (2000 gr. / t.) + 3. / c.c. de SNa_2 al 5 ‰ (500 g. / t.). Se dejaba actuar 30 min. a 70°. Se pasaba a la máquina y entonces se añadían 18 c.c. de $\text{SiO}_2 \text{Na}_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ en sol. al 1 ‰ (600 g. / t.) + 54 gotas de flotigol C.S. (2310 g. / t.).

Concentrado obtenido.—(Peso en seco) 29 grs.

Análisis del concentrado.—Peso de la muestra: 1,0530 grs.

Cobre determinado electrolíticamente: 1,39 ‰

Hierro por valoración con MnO_4K 0,1 N ($f = 0,9789$): 1,78 ‰

Cobalto y níquel electrolíticamente: 4,17 ‰

Níquel como dimetil-glioxima: 0,61 ‰

Cobalto: $4,17 - 0,61 = \underline{3,56}$ ‰

Resumen.==

Exp. número 4

Productos	Peso gr.	Peso ‰	Análisis ‰				Rendimiento ‰			
			Cu	Fe	Co	Ni	Cu	Fe	Co	Ni
Min. de part.	300	—	0,68	1,56	2,57	0,37	—	—	—	—
Concentrados	29	9,66	1,39	1,78	3,56	0,61	19,76	11,03	13,4	15,93
Estériles	271	90,33	—	—	—	—	—	—	—	—

Experiencia n.º 5.—Mineral oxidico de Villamanán.

Análisis del mineral de partida.—El mismo que el de la experiencia anterior (n.º 4).

Análisis por tamizado.—Se pulverizan 300 grs. de mineral y se tamizan, obteniendo los siguientes resultados:

Los reactivos colectores usados por nosotros (amilxantato potásico, y flotigol C. S.) fueron adquiridos a la I. G. Farbenindustrie A. G., Frankfurt am Mein, Alemania.



Los resultados obtenidos demuestran, en todos los casos, un enriquecimiento de los metales útiles de cobre, cobalto y níquel. Los minerales oxídicos (exp. 1, 4 y 5) se sulfuraron siempre con objeto de favorecer sobre todo la flotación del cobre. No obstante Gaudin (7) en su Tratado describe experiencias de flotación directa (sin sulfurar) de minerales oxídicos de cobre con ganga dolomítica, la que molía hasta un grado extremado (muy inferior al del tamiz n.º 200) y hacía flotar con amilxantato potásico. Los minerales de Cabrales se flotaron sin previa sulfuración (exp. números 2 y 3).

Como puede verse el grado de enriquecimiento del cobre, cobalto y níquel es de más del doble, con resultados análogos a otros de flotación industrial del mineral de Villamanín conocidos de nosotros privadamente. No se logra, sin embargo, en las experiencias realizadas hasta ahora, un enriquecimiento en grado y rendimiento análogo al alcanzado en la flotación de otros minerales (galena, olenda, etc.).

Antes de dar, sin embargo, por sentada la imposibilidad de un buen resultado en la flotación de estos minerales, nos proponemos efectuar aún nuevos ensayos que completen el presente estudio.

Sección de Química Aplicada de Oviedo
Laboratorio de Metalurgia

Oviedo, enero 1944

BIBLIOGRAFIA

- (1) Pueden verse los tratados generales siguientes que hemos consultado: W. Luyken y E. Bierbrauer, Die Flotation in Theorie und Praxis. Berlín, 1931, J. S. Springer. — C. Bruchhold, Der Flotationprozess, Berlín, 1927. — W. Petersen, Schwimmautbreitung, Dresden y Leipzig 1937, Th. Steinkopff. También: E. Jimeno y M. D. Astudillo, Anales de Física y Química, 1943.
- (2) A. F. Taggart, T. C. Taylor y R. Ince, Techn. Publ. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engrg. Nr. 204 (1929).
- (3) C. G. Mc Lachlan, Eng. Min. J. **120**, 408 (1923).
- (4) E. H. Rose, A new study of grinding efficiency and its relation to flotation practice, Eng. Min. J. **122**, 331 (1926).
- (5) Modificación de C. del Fresno y C. de Villamil (no publicada) de la técnica seguida por J. de Guzmán y colaboradores, Anales de Física y Química.
- (6) Según J. de Guzmán.
- (7) A. M. Gaudin, Flotation, New-York and London (1932).



NOTAS BIBLIOGRAFICAS⁽¹⁾

UN LIBRO INTERESANTISIMO

LUIS GÓMEZ MORÁN—«La mujer en la Historia y en la Legislación» (1), Instituto Editorial Reus. Madrid, 1944.

Toda labor crítica es difícil. Más si sus cualidades esenciales, la exactitud y la objetividad, han de brillar por igual, ofrece la ingente tarea interna de neutralizar las deficiencias de nuestra doctrina y los sentimientos de nuestra categoría de discípulos, para intentar, siquiera, dar una visión clara y completa de la obra que tenemos en las manos.

(1) La magnífica obra que hemos comentado, está precedida de una extensa referencia bibliográfica. Ello, y la natural consideración a la paciencia del lector, nos ha movido a elegir algunos de los tratadistas más importantes y característicos para citarlos en beneficio del estudioso que desee ampliar sus conocimientos en esta interesantísima y discutida materia. Son estos: Knecht, Kipp y Wolff, Mac-Lennan, Starke, Westermarch, Bachofen, Summer Meine, Serafini, Ruggiero, Ferrara, Cicú, Lefebvre, Pothler, Planiol, Violet, Roseel y Menta, Roguin, Alonso Martínez, Carmen de Burgos, Aznar, Jiménez Arnau, Escobedo, González (D. Jerónimo), López (D. Gregorio), Posada, Montero, Valverde, Sánchez Román, Ureña y Castán. Cita, además, a San Agustín, Santo Tomás, y Santos Padres, en especial León XIII y Pío XI.

Tan sólo la lectura del título nos hace ya pensar porqué un autor de tan dilatados conocimientos jurídicos ha elegido este tema de la mujer como preferente, y pensamos si, hace años, no muchos, treinta, por ejemplo, se habría producido en la bibliografía española un hecho semejante. (1).

Sin duda el doctor Gómez Morán, que gusta de vivir a la altura de los tiempos, ha comprendido muy bien que la mujer adquiere, en razón directa de la antigüedad del mundo, una importancia histórica, jurídica, intelectual y artística verdaderamente notable, digna de señalar, aunque la soberbia y amor propio masculinos la disimulen. Nótese que el hombre logra otros progresos semejante sin esfuerzo, por tradición.

Alejándonos de tal o cual opinión, parcial o polemista, es el caso que aparece un libro erudito, documentado, recio, sistematizado, sobre la mujer, en su aspecto de intangible personalidad, con personalidad jurídica.

No han de faltar, seguros estamos, quienes, ante este problema, planteen la misma solución que repiten hasta la saciedad: «la mujer no está bien más que para sus tareas domésticas». Cabe, sin embargo, preguntar: la mujer, en sus tareas domésticas, lo mismo que en las demás labores que en un elevado tanto por ciento la ocupan en la actualidad, ¿está ausente de encontrarse en tal situación, en éste o aquel determinado estado?

No intentamos presentar al señor Gómez Morán como un feminista o como un demagogo que aspira a un determinado cargo político; por el contrario, reacciona frente a las doctrinas de Hammond y Moebius, por ejemplo, defendiendo los derechos que corresponden a la mujer dentro del Derecho privado, en cuanto no halla—frente a la tesis de varios civilistas, entre ellos Valverde y Sánchez Román, que consideran el sexo como causa modificativa de la capacidad de obrar—diferencias de trato por parte del legislador cuando las condiciones de los sujetos de derecho (varones o mujeres) son las mismas.

La nueva obra del Sr. Gómez Morán—notario de formidable estilo,—resultado de varios años de trabajo intenso, constante y minucioso, es interesante, además, por varias razones: una de ellas, la importancia que tiene la familia para nuestra vida como integrantes de ella, célula de la sociedad, base y piedra angular del ordenamiento social, no sólo porque constituye el grupo natural e irreductible que tiene por especial misión asegurar la reproducción e integración de la humanidad a través de las generaciones y de los siglos sino porque, en su seno, es donde se forman y desarrollan los más

(1) «Limitaciones que el matrimonio produce en la capacidad de obrar de la mujer; facultades y privilegios que la legislación concede a aquella para el ejercicio y defensa de sus derechos». Este es el tema que ha sido elegido para el segundo ejercicio de las últimas oposiciones de notarías celebradas en Madrid.

fuertes sentimientos de solidaridad, las tendencias altruistas, las fuerzas y virtudes que necesita para mantenerse saludable y próspera la comunidad política. Cicerón decía del matrimonio que era «*principium urbis et quasi seminarium republicae*»... Y Cimbali, nos dice; «la familia es lazo elemental, el más sólido de [la sociedad, laboratorio fecundo de existencias humanas y campo inmediato donde se desarrollan los gérmenes de los vicios y las virtudes, escuela de moralidad y costumbres...» Para Jossierand, «es un elemento indispensable de cohesión y equilibrio». Pero, además, hay otra razón de importancia en relación con el libro que comentamos, y es el referente al estado de la mujer (no circunstancia modificativa de la facultad de obrar; ya que capacidad es sinónimo de personalidad) cuestión ésta debatida en el campo de la historia, de la medicina y del derecho. Es importante, por último, porque la obra es necesaria no solo a las mujeres, sino también a los juristas y a los técnicos y maestros de Derecho.

Por todo ello merece alabanza la obra, así como por la delicadeza con que estudia a la mujer dentro de su campo de acción, y amoldándose, claro está, a la doctrina católica (para nosotros irrefutable) por ser sus artículos ortodoxos y, además, autor que maneja a doctos maestros como San Agustín y Santo Tomás. No es necesario añadir más al mérito de este joven doctor, conocido por varios artículos publicados en la Revista de la Universidad de Oviedo y que es una exponente de la cultura asturiana.

Se compone la obra de un prólogo y tres partes, seguidas de un apéndice con las disposiciones más recientes y un comentario de las mismas. El caudal de que se vale el Sr. Gómez Morán es extraordinario: leyes históricas de los Derechos hebreo, romano, germano, y sobre todo, del histórico español y positivo actual. Figuran un sinnúmero de fallos del Tribunal Supremo, muy útiles para el hombre de bufete, y resoluciones innovadoras de la Dirección General de los Registros y del Notariado.

La primera parte se refiere a la evolución histórica de la familia, empezando por descifrar la nebulosa que se alza sobre el origen de esta gran célula social. Estudia doctrinas relativas a un período de promiscuidad u horda, que no acepta. «Parecía natural—dice—(si es que deseamos las teorías contrarias referentes a la creación e instauración en la tierra de una primera pareja de la que proceden todas las demás) que, mediante el estudio de las prácticas observadas en los tiempos primitivos..., viniésemos en conocimiento de lo que pudo haber sido la familia en los albores de la humanidad, deduciendo de ello todo el proceso histórico de su evolución hasta llegar a la organización y caracteres con que en la actualidad se nos presenta».

Después de escudriñar los orígenes de la familia, dice: «de tal manera, cuando se analizan culturas inferiores—algunas de ellas pertenecientes a los

tipos más antiguos, al llamado período neolítico y aún al paleolítico inferior—nos encontramos con ejemplos contradictorios en los que alternan la honestidad y limpieza de costumbres con el desenfreno más airado de las mismas, y donde, al lado de las formas más sencillas y patriarcales, el aborto y el infanticidio, quedan consideradas como medidas de profilaxia y selección social».

En realidad, después de los estudios que hace el autor, se nos muestran ocultas por las brumas de la prehistoria—apesar de lo escrito por eminentes historiadores—esas fases de promiscuidad, matriarcado y patriarcado que presentan sociólogos como Morgán, Mac-Lennan y, sobre todo, la hipótesis iniciada por Bachofen en su obra «Das Mutterrecht», de la promiscuidad y el matriarcado primitivo, alzándose la voz serena de Gómez Morán para defender el patriarcado; «La familia era en los tiempos primitivos un grupo coherente, constituido por los lazos de parentesco, regido por la autoridad absoluta del padre (el varón más fuerte o el ascendiente más anciano) y que hacía las veces del Estado político».

No por lo expuesto deja el autor de estudiar las posturas intermedias de Starke y Westermarch, de gran importancia en la materia que nos ocupa.

Con interesantes datos históricos—algunos de gran curiosidad y amenidad—estudia las formas y efectos del matrimonio, integrado por las dos ramas que Savigny llamaba derecho de familia puro y derecho de familia aplicado a los bienes, a través de los pueblos primitivos de América, Asia, Africa y Oceanía, siendo tratada, de una manera especial, la materia que nos ocupa en el Derecho hebreo, estableciendo diferencias entre la antigua y moderna legislación cristiana, argumentando su tesis con referencias del Antiguo Testamento y con citas de San Marcos y San Lucas.

Señala las características del Derecho romano, en el cual la patria potestad es un derecho absoluto del padre sobre sus hijos, diferenciándose de los tiempos modernos en que ésta deja de ser un poder despótico para transformarse en un deber, con lo cual, nos manifiesta la evolución del Derecho privado que, lejos de estancarse evoluciona al igual que otras instituciones, como la tutela, la propiedad y la limitación de la voluntad, en materia de tanta importancia como la contratación. Pasa el autor a exponer el problema de la incapacidad de la mujer (que desarrolla en la segunda parte), basada en la presunta debilidad moral (imbecilitas sesux) estando aquélla sometida, por virtud de la «conventio in manum» a la potestad del marido o del pater familia de éste.

En el Derecho germano distingue dos círculos, uno amplio y otro estricto. Este último—Das Haus—es una comunidad erigida sobre la potestad (Munt) del señor de la casa. La «Sippe» estaba representada originariamente

por los agnados no sujetos a la patria potestad y cuyos vínculos, no sólo de hecho, sino también de derecho, se manifiestan en el servicio de armas y en la guerra, en el culto y por el juramento y que, posteriormente, es titular de la potestad sobre los miembros de la «Sippe», huérfanos y necesitados de tutela, y fuente de todo derecho sucesorio. La mujer adquiere algunas potestades domésticas, como la potestad de la llave (*schlüsselgewolt*) logrando—al igual que sucedía en Roma en los últimos tiempos—un avance hacia la emancipación.

El autor nos pinta cómo las costumbres de los diversos países fueron dando consistencia al principio de incapacidad económica de la mujer casada, que, por estar conforme con la tesis general de la autoridad del marido, consagrada por el cristianismo, pudo subsistir hasta llegar a los Códigos modernos. Entre los distintos cuerpos legales del Derecho español—Fuero Juzgo, Las Siete Partidas, Leyes de Toro y Novísima Recopilación—destaca el predominio del marido en la familia, sobre todo, en las Leyes de Toro, que regulan sistemáticamente la venia marital, precedente de la Ley de Matrimonio Civil de 1870 y Código Civil.

En la segunda parte, habla del contenido del Derecho de familia en relación con el Código civil, surgiéndole esta pregunta: ¿el sexo modifica la capacidad? La respuesta, desde un punto de vista jurídico, es negativa, apoyando su posición en trabajos de Baudry-Laecantinerie, Planiol, Paul Gide y Ferrara. La incapacidad procede de la posición que ocupa la mujer en la familia, siendo, pues, un estado, y propugna, en consecuencia, que cuando la mujer es soltera o viuda no se modifique su capacidad. Así, pues, la mujer debe tener la misma capacidad jurídica que el varón, pero nuestro Código aún recoge diferencias, señalándose éstas en el artículo 320: en el número siete del artículo 257, en relación con su concordante, al señalar la incapacidad de la mujer para el cargo de tutor, salvo los casos en que la Ley la llama expresamente, siendo de observar que dicha incapacidad se incluye en una larga lista en que las mujeres aparecen juntamente con los condenados a penas aflictivas o corporales, quebrados o concursados, personas de mala conducta, etc. De modo que, en este caso, a la injusticia se añade la humillación. El precepto aludido debe relacionarse con los artículos 211, 220 y 227, en todos los cuales se comprueba la preeminencia del sexo masculino, resultando siempre las mujeres postergadas por los varones y, a veces, de una manera confusa (artículo 220, núm. 3), teniendo el Tribunal Supremo que aclarar la cuestión en sentencia de 13 abril de 1914. Otras limitaciones son las de los artículos 681, 1.066, 1.341, párrafo 2.º. También hay diferencias de trato, por razón del sexo—que consigna el artículo 105, en su párrafo 1.º—en relación al adulterio, sin que la nueva Ley de 11 de mayo de 1942,

apesar de la buena voluntad del legislador, haya resuelto el problema de diferenciación de trato.

Es necesario hacer constar la maestría con que desarrolla la materia de los impedimentos matrimoniales, sobre todo por su acertada sistematización.

Resuelve los problemas que pueden plantearse en relación a los bienes de la mujer, cuando ésta necesita autorización del marido o, en su defecto, judicial, analizando detenidamente los artículos 61 y 59 del Código civil en relación con sus concordantes.

La última parte de su obra se refiere a los efectos del matrimonio en cuanto a los hijos, pero sin dejar de resolver cuestiones que atañen a la mujer como viuda, a través y por medio de sus hijos. Tal ocurre en los casos de reserva, en el de pérdida de la patria potestad por nuevas nupcias y en los de legítima atribuida al cónyuge viudo que concurre con sus hijos a la sucesión del de cuius, puesto que su porción hereditaria es determinada habida cuenta de los derechos reconocidos a los otros herederos.

Busca soluciones a problemas de gran envergadura, como el de la prueba de la filiación, apoyándose en la máxima latina «*pater is est quem nupcial demonstram*», desarrollando teorías—algunas muy curiosas—como las de Kornel, Werkgarter, Strassman y Hellwig, asegurando que la prueba de la paternidad por medio de análisis de sangre apenas deja margen al error, que cifra en un diez por mil. Lonhard es el último autor de los extranjeros que se ha ocupado de este problema, pero pese a la campaña hecha por los Tribunales de fuera de España a su favor solo aceptan el sistema como medio de prueba, no excluyendo su práctica la admisión de las demás que se puedan aportar.

Entre otras muchas materias, imposibles de enumerar, mas no por ello menos interesantes, dedica el último título de esta parte a las precauciones que deben adoptarse cuando la viuda crea haber quedado encinta, y de las segundas nupcias. Por último, estudia las reservas legales de los artículos 811, 968 y siguientes del Código civil.

En el apéndice, figuran las disposiciones que hacen referencia a la familia hasta los momentos actuales, con un comentario a las mismas muy útil y jugoso.

Creemos que la opinión moderna es cada vez más hostil a la subordinación de la mujer al hombre, fuera, como es natural, de la esfera determinada por el matrimonio y el orden familiar. En tal concepto, el autor se manifiesta en actitud más moderada y clásica que la adoptada por legislaciones de tipo latino, no obstante la tendencia que en otros tiempos manifestaron a la no manumisión de la mujer. A este tipo de legislaciones pertenece Italia, donde la autoridad del marido sufre un rudo golpe con la Ley de 17 de julio

de 1919, ratificada por el actual Código civil. En Méjico, el Código civil de 1928 reconoce la capacidad de la mujer para administrar, contratar y disponer de sus bienes propios sin autorización del marido, salvo lo establecido en capitulaciones matrimoniales. En Rumanfa, la incapacidad personal de la mujer ha sido abolida por Ley de 20 de abril de 1932; en Bélgica, por Ley de 20 de julio del mismo año; en Francia, por Ley de 18 de febrero de 1938, que concede a la mujer autoridad para regirse, no obstante el principio de preponderancia del marido como jefe de la familia,

En suma, la doctrina referente a la capacidad de la mujer sufre una crisis que ofrece los caracteres negativos que Ortega y Gasset asigna a toda auténtica crisis histórica apuntándose modificaciones como las reseñadas en las Legislaciones ya citadas.

Justo es recordar a estas alturas que el distinguido tratadista que nos ocupa ha escrito y publicado varias obras antes de ahora, cuya resonancia o influencia en el campo de lo estrictamente administrativo ha sido extraordinaria. Entre otras, figura «La actualidad en la fé pública», de la que los órganos Legislativo y Ejecutivo del Estado han tomado inspiración para varias de sus reformas, tales como la supresión de los testigos en la autorización de documentos intervivos, creación del impuesto proporcional sobre folios, establecimiento de la titulada congrua familiar y, de manera muy especial, la constitución y reglamentación del Cuerpo Técnico de Auxiliares de Notaría, a cuya contribución dedica el Sr. Gómez Morán el capítulo XIII de la publicación antedicha.

Pero, con haber dejado huella en nuestra legislación la obra anterior, creemos que se destaca todavía más el programa de renovación social y jurídica que contiene «La Justicia por dentro». Esta obra del mismo autor es digna de los más encendidos elogios y nos parecen escasos, cuantos nosotros podamos dedicarle, dada la actualidad y necesidad de las reformas que él propugna. Algunas de ellas se han visto ya convertidas en realidad, como acontece con la creación de la Escuela Superior de Judicatura; y otras, como son la constitución de los Juzgados Comarcales, la retribución por medio de sueldo de los auxiliares de la administración, la de defensa los empleados y subalternos, por medio de un cuerpo que los aglutine y reuna, y, especialmente, la sustitución de los viejos procedimientos de nombramientos de jueces, fiscales, etc., por un sistema orgánico que dé acceso a la juventud estudiosa y capacitada, reivindicados de las manos inexpertas y peligrosas que hoy detentan aún aquellos cargos, especialmente en las pequeñas localidades, y a lo cual aspira el proyecto de Ley pasado a las Cortes últimamente para su discusión y aprobación. Aprobadas ya las bases de tales reformas.

¿Quién duda de que ésta ha de ser una de las labores más fecundas y trascendentales del Nuevo Estado? No olvidemos que sus postulados son los de Dios, Patria y Justicia, y que ésta, según nos va enseñando la experiencia, difícilmente podrá ser administrada en tanto no se rescate o se redima de la incompetencia, entregándola a quienes se han formado en el augusto sacerdocio y que más tarde han de desempeñar... Y con ésto, solo nos resta desear que la nueva obra del Sr. Gómez Morán, no sea la última, y que el buen criterio recoja y aplique sus sugerencias, llevándolas en beneficio de la patria, venturosa realidad.

LUIS OLAY CABAL



CRONICA UNIVERSITARIA

CURSILLO DE CONFERENCIAS

El anual cursillo de conferencias organizado por nuestra Universidad ha superado en este año la relevancia de los anteriores. La actualidad de los temas tratados aun de las más diversas ramas universitarias, ha logrado una extraordinaria trascendencia que se patentiza cada día.

Además de las conferencias de los miembros de nuestro Claustro Excelentísimo y Magnífico Sr. Rector, Excmo. Sr. Vice-Rector, Sres. Ortiz, Zaloña, Rubio Vidal, hemos escuchado magníficos estudios de otros profesores como el Ilustrísimo Sr. D. José Pérez Serrano, Dr. Schlunk, Sr. Vida Nájera, etc.

FIESTA DE SANTO TOMAS DE AQUINO

El día 7 de marzo se celebró la festividad del Santo patrono de los estudiantes. Se inició la jornada con una misa de comunión general que fué oficiada por el Excmo. y Rvdmo. Sr. Obispo que personalmente distribuyó la Sagrada Comunión a Profesores y alumnos.

A las cuatro y media de la tarde tuvo lugar el acto de imposición de insignias a los miembros del Apostolado universitario, de Acción Católica, con asistencia

de las autoridades eclesiásticas y académicas, y a las siete y media, en el Aula Máxima y bajo la presidencia del Excmo. y Magnífico Sr. Rector se celebró una velada literaria en la que tomaron parte el Inspector del Distrito del S. E. U. don José Manuel Castañón de la Peña sobre el tema «El orden en Santo Tomás traído al momento», y el profesor de la Facultad de Filosofía y Letras D. Rutilio Martínez que disertó sobre el tema «La fiesta de Santo Tomás en las Universidades españolas».

El acto fué cerrado con unas palabras del Excmo. Sr. Vice-Rector D. Enrique de Eguren.

FESTIVIDAD DE SAN GREGORIO

Además de los actos religiosos del Colegio Mayor fué celebrado el día 14 de marzo en el Aula Máxima de la Universidad con una controversia entre alumnos de dicho Colegio Mayor, dirigida por el Catedrático de Derecho Penal D. Valentín Silva.

La tesis, titulada «Aunque el libre albedrío es el fundamento de la responsabilidad criminal, la sociedad ha de ser protegida frente a aquéllos a quienes, a causa de una inclinación morbosa, es desfavorable el pronóstico criminal», fué defendida por el alumno D. Alfonso Fuertes Rivero presentando objeciones don Román González Lamas y D. Manuel Figueiras López Ocaña.

El Catedrático Sr. Silva Melero resumió y fundamentó las conclusiones.

COLEGIOS MAYORES

Con gran intensidad van progresando las actividades de los Colegios Mayores no obstante su reciente formación. Aunque esta actividad comprende casi todos los aspectos hemos de destacar las de orden deportivo.

Comenzada la construcción de los campos de deportes del Colegio Mayor de San Gregorio, se han desarrollado en ellos las primeras competiciones deportivas de la Universidad que han sido caracterizadas por un patente éxito que es más digno de tenerse en cuenta por señalar el comienzo en esta serie de actividades.

SOCIEDAD METALURGICA
"DURO-FELGUERA"

(COMPANIA ANONIMA)

CAPITAL SOCIAL: 125.000.000 DE PESETAS

CARBONES gruesos y menudos de todas clases y especiales para gas de alumbrado :- COK metalúrgico y para usos domésticos :- Subproductos de la destilación de carbones: ALQUITRAN DESHIDRATADO, BENZOLES, SULFATO AMONICO, BREA, CREOSOTA y ACEITES pesadas LINGOTE al cok :- HIERROS Y ACEROS laminados :- ACERO moldeado :- VIGUERIA, CHAPAS Y PLANOS ANCHOS :- CHAPAS especiales para calderas :- CARRILES para minas y ferrocarriles de vía ancha y estrecha TUBERIA fundida verticalmente para conducciones de agua gas y electricidad, desde 40 hasta 1.250 mm. de diámetro y para todas las presiones :- CHAPAS PERFORADAS VIGAS ARMADAS :- ARMADURAS METALICAS DIQUE SECO para la reparación de buques y gradas para la construcción, en Gijón.

Domicilio Social: MADRID :- Barquillo. 1 :- Apartado 529
Oficinas Centrales: LA FELGUERA (Asturias) " 1



LIBRERIA

"CIPRIANO MARTINEZ"

(Sucesora: Enedina F. Ojanguren)

Plaza de Riego, 1

OVIEDO

Sociedad Anónima Fábrica de Mieres

Domicilio social: ABLAÑA (Asturias)

Oficina Central: OVIEDO—Calle Argüelles, número 39

Correspondencia: OVIEDO—Apartado 134

Dirección telegráfica: FABRIMIERES (Oviedo)

LINGOTE de afino y de moldería.—Hierros laminados.
—CONSTRUCCIONES METALICAS: Puentes, calderas, vigas armadas, tinglados, mercados, vagones de hierro para minas y otros.

CARBONES propios para cok, gas y vapor.—COK superior para cubilotes y usos metalúrgicos y domésticos.

SUBPRODUCTOS DERIVADOS DE LA HULLA:

Sulfato de amoníaco, benzoles de diversos tipos, quita-manchas, solvent, etc., alquitrán deshidratado para carreteras, brea, naftalina.

AGENCIA EN GIJON: Calle de Felipe Menéndez, núm. 6



ACADEMIA ALLER

MOREDA (Asturias)

PREPARACION. TECNICOS INDUSTRIALES, BACHILLER, COMERCIO, TAQUIGRAFIA, CAPATACES Y VIGILANTES DE MINAS, ETC.

*Toda la correspondencia relacionada con donativos,
anuncios, suscripciones, etc., debe ser diri-
gida al Secretariado de Publica-
ciones de la Universidad
de Oviedo*

Suscripción anual ordinaria, en España. . .	15,00 pesetas
Id. Id. extraordinaria.	50,00 pesetas
Número suelto.	10,00 pesetas

*Fué impresa esta Revista en los
Talleres de la Imprenta «La Cruz»,
sita en la calle de San Vicente, de
la Ciudad de Oviedo, en el mes
de junio de 1944.*