



REPUBLICA DE CUBA

SECRETARIA DE AGRICULTURA

DIRECCION DE MONTES, MINAS Y AGUAS

Boletín de Minas

Director: JOSE I. CORRAL, Ingeniero de Minas



NUM. 18

LA HABANA

Compañía Editora de Libros y Folletos
O'Reilly Número 304
1939

CONTENIDO

- 1.—Geología de la parte Sur de la Provincia de Santa Clara, por A. A. Thiersens, traducida del inglés por el Ing. Sr. Enrique Virgilio Pérez y corregida por el Ing. Sr. Jorge Brodermann.
- 2.—La Geología como ciencia fundamental de la Agricultura y la Minería, por el Ing. Sr. José Isaac Corral y Alemán.
- 3.—Aspectos fiscal y económico de la minería, por el Ing. Sr. Eduardo Montouliou.
- 4.—La Minería en su aspecto técnico. Ponencia presentada al Congreso Minero de Oriente, por el Ing. Sr. Antonio Calvache.
- 5.—Extracción del oro en la Isla de Pinos.—Trabajo realizado por el Ing. Sr. José Isaac Corral, Director de Montes, Minas y Aguas y el Sr. Andrés González Muñoz, funcionario de la Secretaría de Hacienda, a virtud de solicitud formulada por la Dirección del Fondo Especial de Obras Públicas, a fin de comprobar el costo de la obtención del oro en la Isla de Pinos.
- 6.—Estado de la minería en la Provincia de Oriente, por el Ing. Sr. Ricardo Schuman, Jefe del Distrito.
- 7.—Informe sobre la mina de asfalto "Esperanza", por el Ing. Sr. Ricardo E. Castillo.
- 8.—Informe sobre las minas de asfalto "Crispín" y "Ampliación de Crispín", por el Ing. Sr. Ricardo E. Castillo.
- 9.—Relación de concesiones mineras en el año de 1938.
- 10.—Aclaraciones a la estadística minera publicada en el Boletín No. 17.

LA GEOLOGIA COMO CIENCIA FUNDAMENTAL DE LA AGRICULTURA Y DE LA MINERIA

Por el Ing. José Isaac del Corral.

A LA PRIMERA CONVENCION NACIONAL DE MINERIA

Atentamente invitado por telegrama del día 14, suscripto por el Sr. Gobernador Provincial de Oriente, el Dr. Angel Pérez André, para que en mi carácter de Ingeniero de Minas y de Director de Montes Minas y Aguas de la Secretaría de Agricultura, desarrollara el tema que encabeza este informe, ante esa Primera Convención Nacional de Minería, deseo expresar, ante todo, mi profundo agradecimiento por la señalada distinción que se me ha conferido al mismo tiempo que quiero significar la satisfacción que siento al colaborar de algún modo, aunque sea bien modesto, al éxito de tan brillante reunión que habrá, sin duda alguna, de redundar en notables beneficios para todo el país, al dar notorio impulso a la explotación de las riquezas contenidas en el subsuelo de la Nación, a la par que permitirá igualmente, aumentar nuestras vías de comunicación y aprovechar mejor las aguas de nuestros ríos y de corrientes subterráneas.

Pero antes de entrar en materia permítaseme declarar cuanta es la admiración que me inspiran las personas a cuya feliz iniciativa se debe esta trascendental Convención, animados de un espíritu progresista y ansiosos de que la Minería se haga sentir en la opinión pública, como indiscutible fuente de riqueza para el país, han abierto nuevos horizontes a las actividades científicas, técnicas, comerciales y agrícolas de todas las personas arraigadas en la Nación dándoles una oportunidad de manifestar sus conocimientos, sus experiencias, sus energías y los propósitos que alientan para hacer despertar valores dormidos, que han yacido en el olvido y en la paz de la inacción durante muchos lustros. Esos hombres que han sabido formarse un claro concepto del problema de la minería cubana y que cual intensa corriente de alto voltaje han inyectado su entusiasmo y su dinamismo a nuestras Autoridades, industriales, comerciantes, Ingenieros y público en general, merecen bien de la patria y son dignos de ver sus esfuerzos coronados con el más afortunado de los éxitos consistente en que nuestras minas se exploten y que con ellas reciban los beneficios materiales, que tanto necesitan hoy, los diversos sectores de nuestra comunidad social.

Yo así lo espero, pues no en balde ha surgido este chispazo de la provincia de Oriente, que ha estado siempre a la vanguardia en cuantos hechos grandiosos registra nuestra Historia. De esta noble tierra oriental surgieron nuestras dos guerras por la Independencia: y mirando un poco más atrás, de aquí salió Hernán Cortés para descubrir y conquistar a Méjico: a estas costas llegaron los primeros españoles trayendo consigo la civilización europea: en estas montañas vivía la población aborigen más fuerte y adelantada en la época precolombina: aquí lucharon por toda Cuba, aquellos gigantes de nuestra epopeya libertadora que se llamaron Maceo, Martí y Gómez: en sus entrañas se encierran las riquezas más grandes que Cuba tiene en hierro, manganeso y oro: aquí dió la minería sus primeros pasos y mostró la potencia de sus filones: sus montes altos, únicos que aun quedan en el país, suministran preciosas maderas para el resto de la nación: sus ríos son los más caudalosos y de mayor recorrido, y sin duda, los que permitirán establecer mayores zonas de riegos: las montañas que la bordean por

su parte Sur, son las más elevadas de Cuba y sirven de sostén o contrafuerte para evitar el deslizamiento hacia la Hoya de Bartlett de una gran parte del territorio nacional enclavado en este bloque cortical en que vivimos: finalmente, esta tierra oriental fué siempre noble y hospitalaria para el informante, que guarda en su corazón gratísimos recuerdos de atenciones y agasajos que no podrá olvidar, y que le hacen pronosticar para esta Convención, resultados eficaces y positivos para la economía nacional.

UTILIDAD Y SERVICIOS QUE PRESTAN LOS MAPAS GEOLOGICOS

La aplicación más importante de la Geología, es la que tiene por objeto buscar en el seno de la tierra las sustancias útiles al hombre habiéndose creado para este fin, las dos ciencias conocidas por *Metalogenia* y la *Hidrogeología* aun cuando esta segunda es sólo parte de la primera, pues el agua es una sustancia mineral como otra cualquiera, si bien por la importancia que tiene para la humanidad y por la particularidad de su estado merece tratados propios y especiales.

Las aplicaciones de la Geología nacieron antes que la ciencia misma que ahora tenemos por madre, pues las necesidades de los hombres desde la Edad de Piedra los obligaron a extraer pedernales y cuarcitas para sus eolitos y hachas, así como los oceres rojos y amarillos para sus diversos tatuajes. En el rodar de los siglos los hombres se fueron dando cuenta de la relación de unos minerales con otros, de su dependencia con la tierra madre y fueron descubriendo leyes reglas y principios que los enlazaban entre sí. Para cada hecho nuevo observado, se pedían explicaciones a los sabios, y de los esfuerzos de éstos por encontrarlas, fué como nació la ciencia geológica. A virtud de la ley de compensaciones, una vez dicha ciencia en pleno desarrollo, entregó perfeccionadas reglas y principios que había antes recibido o creó otros que ensancharon el campo de la metalogenia.

El pedernal fué buscado con ahinco por el hombre primitivo, porque el mayor número de las hachas prehistóricas están construídas con esa sustancia. De esa misma remota fecha, arranca el aprovechamiento de las piedras preciosas y de los oceres, utilizado en el adorno de las personas.

En tiempos posteriores se empezaron a usar los metales, e indudablemente debió ser el oro el primero que llamó la atención del hombre, pues se han encontrado diademas de este metal en los estratos neolíticos y eneolíticos descubiertos en algunas regiones de España, además de otras citas históricas consignadas en antiguos documentos.

Después del oro le sigue en antigüedad el cobre que se utilizaba para adornos de las tumbas más modernas del período eneolítico en restos de cerámica con relieves y en otros instrumentos de la industria humana.

Con el descubrimiento del estaño, comenzó la época de la Edad de Bronce, pues esta aleación tuvo influencia decisiva en la cultura humana, al contrario del oro, el cobre y la plata, que sólo se consideraron al principio como materiales adecuados para construir objetos de adorno.

La llamada Edad del Hierro dió comienzo mucho después de conocido dicho metal, sin duda por dificultades en la extracción de los minerales que lo contienen, por lo que dejó de emplearse al principio y tuvo su aplicación muchos enemigos a causa de creencias religiosas y por considerar al bronce como un metal más distinguido y de mayor nobleza.

El hombre primitivo utilizaba las sustancias que encontraba esparcidas por el suelo, sin tomarse otro trabajo que recogerlas; pero posteriormente tuvo necesidad de hacer trabajos de excavación para buscar los preciados minerales, pues ya en el período neolítico se encuentran restos de explotaciones mineras, que fueron al principio labores poco profundas. Poco se sabe del arte o ciencia que dirigía estas primeras explotaciones mineras, si bien hay pruebas de la gran inteligencia que desplegaron los egipcios en mineralogía y su actividad y esmero en trabajar las minas de oro que tenían en las vecindades del Mar Rojo, en las que dirigían los trabajos ciertos capataces que señalaban las vetas donde de-

bía trabajarse, y aquéllas de las que debían apartarse. Los egipcios y los caldeos, mucho antes del comienzo de la Edad Cristiana, habían observado con espíritu naturalista los materiales de los aluviones y admitían la posibilidad de que algunas tierras tuvieran su origen en los sedimentos depositados por el agua del mar.

Fué al principio del siglo XVI cuando Agrícola estableció los principios científicos de la mineralogía y dió a conocer las bases principales en que debe fundarse toda explotación minera. Las ideas de este eminente autor, subsistieron hasta el final del siglo XVII, pues en todo el curso del siglo siguiente los conocimientos geológicos y de sus ciencias de aplicación fueron creciendo de un modo brillante hasta dejar constituida la Geología próximamente en su forma actual.

El gran naturalista Buffon publicó en 1749 su célebre obra "Teoría de la Tierra", donde demuestra la existencia del calor interno del globo, estableciendo las distintas etapas por las que éste pasó, desde su estado fluído e incandescente hasta llegar por enfriamiento a formarse la corteza terrestre con descripción de los distintos fenómenos ocurridos en la superficie del mismo cuando el mar recubría los continentes actuales con depósito de las conchas, hasta llegar el período en que los mares se retiraron hasta los límites que hoy ocupan, estudiando la época en que vivían sobre la tierra los grandes cuadrúpedos y el momento en que tuvo lugar la separación del viejo y del nuevo continente, cuya unión antes existió por el testimonio de haberse encontrado los mismos fósiles en uno y otro. Con Buffon empezó a distinguirse los distintos períodos que deben considerarse en la historia de la tierra, cada vez mejor conocidos.

El desarrollo de la cultura en Europa y el mayor incremento alcanzado en la extracción y aprovechamiento de las riquezas naturales, fué causa de que se perfeccionara más el raciocinio de que se buscaran con más ahínco las relaciones que tienen unos minerales con otros, y finalmente que se estudiasen mejor las causas que los habían engendrado en las entrañas de la tierra. Se comprendió entonces que lo mismo los minerales que procedían de depósitos sedimentarios, que los que se presentan en filones, deben su riqueza a los fenómenos que se han sucedido a través de los siglos; y entonces fué cuando en realidad se originó la ciencia geológica. Esta se creó en zonas de minas y sus fundadores fueron Werner en Alemania y Hutton en Inglaterra; el primero, observando la sucesión de los terrenos desde un punto de vista mineralógico y atribuyendo la formación de la mayor parte de las rocas al agua, siendo el creador de la famosa escuela *neptuniana*, que tanto desarrollo alcanzó en el mundo científico; puesto que en su *Nueva teoría de los filones*, Werner al fijar la edad relativa de los mismos sostuvo que el relleno es posterior a la grieta. Por el mismo tiempo Hutton formó su escuela *plutoniana*, en la que se daba preferencia a los fenómenos volcánicos en la formación de la tierra, y un papel secundario a los fenómenos sedimentarios.

Multitud de exploradores de aquella época supieron llevar a la enseñanza las observaciones obtenidas directamente en el terreno; pudiendo mencionarse entre ellos especialmente a Bruch y Humboldt, el cual superó a todos por la universalidad de su ciencia y por sus notables expediciones a la América, habiendo merecido nuestro país el beneficio de su visita.

De la Geología, rama de la Historia Natural comenzaron a brotar en el siglo XVIII, otras ciencias especiales conocidas por Estratigrafía, Tectónica, Paleontología, Mineralogía, Petrografía y Metalogía, cada una de las cuales tiene sus especiales cultivadores, y unas a otras se auxilian mutuamente.

A medida que se desarrollaba el arte de explotar los criaderos minerales mejor se iba conociendo la génesis y forma de presentarse de los mismos, por lo que más auxilio se necesitaba de la ciencia, encontrándose en la estratigrafía y en la tectónica los dos apoyos principales para la ejecución de tales trabajos.

La estratigrafía es muy necesaria para el estudio de la génesis y propiedades de los yacimientos sedimentarios, lo mismo de aquellos que procedan de los mares como de los que deben su origen a depósitos lacustres y continentales. También es importante esta ciencia para el estudio de filones y bolsas, pues la

formación de la grieta y del relleno depende mucho de la roca en donde encajan, y ésta es muchas veces sedimentaria.

La relación del estrato con el fósil, la ordenación y colocación en el tiempo de los depósitos sedimentarios, fué obra del Ingeniero de minas inglés William Smith que en el ejercicio de su carrera estudió las cuencas carboníferas de su país y clasificó los terrenos basándose en los organismos fósiles que encontró en ellos. Hasta entonces (1816) los fósiles eran tan sólo un poco más que curiosidades, pues la estratigrafía mineralógica de Werner, creada a los apremios de la minería, era algo empírico y de apreciación personal, si bien el gran Cuvier, en su *Anatomía comparada*, supo elevar la categoría del fósil desde un punto de vista orgánico, pero no desde un punto de vista histórico, ya que antes que él se atribuían a los fósiles orígenes muy curiosos y extraños a la verdad.

Creada la estratigrafía por los trabajos de Smith y perfeccionada después por sus discípulos, ya entonces tuvo base científica la aplicación de la geología al estudio de los criaderos minerales, resultando de ello un aumento en las investigaciones en busca de las sustancias útiles con beneficio para la economía de todas las naciones. Como resultado de los estudios estratigráficos se descubrió el carbón en Pas de Calais de 1850 a 1860, en Dourges en 1852 en Lens en 1853 y en Bruay Marles en 1855.

Otra prueba de la gran importancia que tiene la estratigrafía se puso de manifiesto en España al descubrirse en Cataluña, junto al pueblo de Suria, sales potásicas que en un principio se creyó formaban parte de una bolsada pequeña, pero después por medio de trabajos estratigráficos se pudo deducir que la capa salina debía extenderse mucho, siendo confirmada posteriormente esta hipótesis por medio de sondeos. También en Navarra, a 300 kilómetros de distancia de la cuenca catalana, mediante estudios geológicos, se previó la existencia de la sal potásica, que pronto descubrieron algunos sondeos.

También por estudios estratigráficos se reconoció la prolongación de las cuencas carboníferas de Francia y Alemania; de modo que esta ciencia es un elemento poderoso para la investigación de riquezas ocultas en el subsuelo como son los combustibles y sales alcalinas, estas últimas tan indispensables para la preparación de abonos agrícolas.

La Tectónica es la ciencia que analiza y fija en el espacio y tiempo las grandes conmociones que han azotado a la Tierra la que examina los destrozos sufridos en la corteza terrestre, de los que son inevitable consecuencia las grietas, pliegues corrimientos y toda clase de accidentes; la que estudia también la naturaleza y modo de aparición de los materiales ígneos, que son a su vez el cortejo indispensable de las conmociones que ponen al descubierto las entrañas de la Tierra. Aunque esta ciencia es joven, los antiguos se preocuparon de ella al estudiar la forma de la tierra, los terremotos, los volcanes, la acción de las aguas, la formación de las montañas y demás problemas relacionados con los fenómenos naturales.

El auxilio de la tectónica es importante en el estudio de los criaderos, pues en los filones y bolsadas la formación del hueco o de la grieta obedece en la mayor parte de los casos a causas interiores, y el relleno está relacionado con fenómenos hidrotermales o volcánicos producidos por el dinamismo interno. En los criaderos sedimentarios, dicho auxilio es aun más importante, pues se necesita conocer las leyes y circunstancias que acompañan a las fallas pliegues y toda clase de accidentes geológicos que afectan a los estratos, teniendo en cuenta que estos criaderos no son más que uno de dichos estratos. Para un grupo especial de los criaderos sedimentarios (depósitos hidrocarburoados, petrolíferos salinos, ferruginosos y sedimentos fosfatados) es muy importante conocer la relación de los mismos con los grandes períodos de plegamiento conocidos en la historia de la tierra, pues dichos períodos han sido siempre seguidos de una fase en que se han depositado tales sedimentos.

El estudio de las conmociones que han agitado a nuestro globo en su relación con los depósitos minerales ha dado mucha luz, no sólo respecto del origen de las fracturas que forman la caja de los filones, sino también sobre la naturaleza de su contenido, en relación íntima con las rocas hipogénicas. Casi siempre

los sistemas filonianos deben su mineralización a la acción de alguna roca eruptiva que les presta las sustancias útiles que el hombre busca. Por tanto tiene un gran interés el estudio de estas rocas, su forma de depósito, su edad y su constitución.

APLICACION DE LA GEOLOGIA A LAS INVESTIGACIONES HIDROLOGICAS

El origen de las aguas subterráneas fué siempre un tema de orden filosófico entre los sabios de la antigüedad, pues la hidrogeología o ciencia que de ella se ocupa, no tuvo vida hasta que la geología fué creada.

El manantial fué siempre objeto de gran atención por los antiguos que lo consideraban gracia divina, tanto que los romanos colocaban las fuentes bajo la protección de dioses especiales. La captación del agua subterránea, ya fuera dulce, ya mineral, y los procedimientos para ponerla al descubierto fueron empleados desde la más remota antigüedad.

El primero que concibió el ciclo que sigue el agua, tal como lo consideramos hoy, fué el célebre arquitecto romano Marcos Vitruvio. Polio que vivió en el siglo I de la era cristiana. En su *Tratado de Arquitectura* aseguró que el agua de lluvia y de nieve fundida que procede de las nubes se filtra en el terreno y por él circula hasta surgir en las fuentes, al mismo tiempo que dió algunas indicaciones muy valiosas acerca del modo de encontrar el agua, fundadas algunas en la higroscopicidad, y otras deducidas en la existencia de cierta clase de plantas. También relaciona la composición del agua de los manantiales con la calidad de las tierras, indicando varios procedimientos para saber si existe o no agua.

Las ideas clásicas acerca del origen de las aguas que inició Vitruvio hace veinte siglos, fueron después desarrolladas por Palissy en 1580 y posteriormente por el Abate Paramelle en su libro *El arte de descubrir las fuentes*, publicado el año 1859, cuyo libro ha servido de consulta para todos los que se han dedicado a la investigación de aguas subterráneas hasta hace poco tiempo.

Los autores modernos hacen algunas observaciones a las anteriores ideas y consideran que en efecto las aguas de lluvia forman la mayor parte de los cursos subterráneos, pero consideran que existen otras de distinto origen; unas que vienen del interior de la tierra y otras procedentes de la condensación del vapor de agua contenido en el aire del suelo. Según estos principios se clasifican las aguas en dos grandes grupos: uno de manantiales, originado por aguas profundas, y otro de las aguas meteóricas. El Geological Survey de Washington subdivide el primer grupo en manantiales volcánicos y en manantiales de grietas, y en ellos están comprendidos todas las aguas calientes y minerales. Del segundo grupo hace muchas subdivisiones; de depresión, de contacto, artesianos y manantiales de rocas impermeables.

Los procedimientos para investigar y alumbrar el agua tuvieron en el siglo XIX gran incremento, pues el descubrimiento de la máquina de vapor facilitó mucho el trabajo de los sondeos, habiéndose podido llegar a profundidades de cerca de tres kilómetros. Los estudios geológicos han de servir siempre de base en la hidrología del porvenir y deben ir encaminados apoyándose en las dos grandes ramas de la ciencia: estratigrafía y tectónica.

Al estudiar una región se debe clasificarla en horizontes, examinando las condiciones físicas de las capas que los constituyen, siguiendo los procedimientos utilizados por el Geological Survey de Estados Unidos que marcha a la cabeza de esta rama de la geología aplicada, para determinar los coeficientes de infiltración, absorción, retención, fijando al mismo tiempo el movimiento del agua en el terreno por medios experimentales, como son empleando colorantes o basándose en la conductibilidad eléctrica.

APLICACION DE LA GEOLOGIA A LAS OBRAS DE RIEGOS AGRICOLAS

La construcción de presas y diques para almacenar el agua de los ríos con el fin de distribuirla para el riego de terrenos agrícolas, requiere indispensablemente el auxilio de la geología, pues no bastan los cálculos matemáticos para

construir obras duraderas y eficaces, sino que es preciso comprobar que el terreno se encuentra dispuesto a recibirlos.

La construcción de las presas es muy antigua en la historia del mundo, pues según Herodoto, unos seis mil años antes de J. C., el fundador de la primera dinastía faraónica, construyó el primer dique de que se tiene noticia en el río Nilo, para regar las tierras de la margen izquierda del mismo; construyéndose dos mil años después un segundo dique en el propio río para regar su margen derecha.

También se construyen presas para almacenar el agua que sirva a los hombres en épocas de sequías; y así vemos que en época de Julio César se proyectó la construcción de un canal de 5.642 metros de largo, en su mayor parte en túnel, para aprovechar las aguas del lago de Fusino, cuya obra se realizó después en épocas del Emperador Claudio.

El genio romano en obras hidráulicas dejó en España huellas imperecederas en forma de grandes embalses con destino al riego. También los árabes construyeron pequeñas presas de derivación de los ríos y una gran red de canales que favorecieron regiones hoy muy ricas en cultivos agrícolas.

En la India y en Italia se han construido también grandes embalses desde hace mucho tiempo, y más recientemente se han acometido esta misma clase de obras en Egipto, Francia, Alemania, Suiza y Estados Unidos. Construir lagos artificiales para usos industriales es lo más corriente, ya que es raro poder aprovechar embalses naturales como el del lago Erié en las Cataratas del Niágara. En los Estados Unidos se han construido presas tan importantes como la del Elephan Butte (Río Grande), la que tiene 93 metros de altura y retiene 4,000 millones de metros cúbicos. También en España se han construido presas importantes, como las de Camarasa, San Antonio y La Peña.

En la construcción de embalses, el elemento principal lo constituye las condiciones geológicas del terreno; y la ciencia ha ido modificando los perfiles de las presas para obtener con el mínimo volumen de materiales la resistencia y estabilidad máxima. De igual modo la geología, que pudiéramos llamar instintiva de los antiguos constructores, se ha ido perfeccionando de un modo científico para dar mayor garantía a las obras que se ejecuten, estudiando las condiciones del terreno para fundar en él la presa de modo que ofrezca las debidas condiciones de seguridad, examinando la impermeabilidad del vaso hidráulico, estudiando las condiciones de la cuenca hidrográfica y calculando el volumen de acarrees suspendidos y arrastrados que pueden llegar al embalse y restarle cabida, y, finalmente, estudiando el trazado de canales, especialmente los de presión, así como el emplazamiento de las fábricas, cámaras de agua, etc.

Es preciso que las obras de riego estén construidas en terrenos con la debida seguridad, pues por no haberse cumplido con esta condición en las presas, se han originado grandes catástrofes que han azotado a la humanidad. El terreno de las fundaciones debe ser consistente y sólido para recibir la obra, de modo tal que no se produzcan en la roca filtraciones de agua por debajo de los cimientos de la presa, y en caso de que esto suceda, tener la garantía de que la roca no se altera ni descompone y que tampoco habrán de ocasionarse resbalamientos o deslizamientos a causa de la inclinación de los estratos en cierta clase de rocas o por diferencias en la naturaleza del terreno.

La mayor parte de las presas destruidas han sido a causa de haberse construido en terrenos de malas condiciones, si bien en otros casos el origen del destrozo fué la deficiente ejecución de la obra de fábrica.

Es indispensable el informe geológico antes de emprender una obra de esta naturaleza, pues si exactos son los cálculos analíticos y gráficos para determinar la forma y volumen necesario de la presa a fin de que tenga las debidas condiciones de resistencia y estabilidad, resultan arbitrarias e inciertas las consideraciones que se hacen para determinar las llamadas *subpresiones*, o sea las producidas en la presa por el agua que se infiltra por sus cimientos y que causa movimientos en los materiales que constituyen el terreno.

El olvido en que se ha tenido muchas veces a los estudios geológicos como antecedente indispensable para la construcción de las presas, y el poco cuidado

de llevar a la práctica las medidas de previsión aconsejadas por tales estudios, han sido causa de roturas de muchas presas, con su cortejo de desgracias y calamidades. Numerosos ejemplos de esta clase se han observado en los Estados Unidos, por lo que es preciso determinar las condiciones de las rocas de las fundaciones desde los puntos de vista de su constitución mineralógica y petrográfica, cohesión, facilidad a la disolución y disgregación por el agua, aumento de volumen, permeabilidad, forma de yacimiento y plasticidad, siendo también necesario conocer los distintos horizontes, tramos y terrenos geológicos, así como la forma y circunstancia de los contactos de unos con otros. Igualmente se requiere estudiar bien la tectónica de la región, con los efectos y consecuencias que han tenido los movimientos sísmicos en los terrenos, observando con cuidados fallas, pliegues, contactos anormales y toda clase de accidentes de las rocas.

Un problema geológico de excepcional importancia en la construcción de embalses es conocer de antemano la impermeabilidad del vaso, a fin de que el embalse sea estanco en las propias fundaciones y en los estribos de la presa, en donde la presión a que ha de estar sometido el terreno es mucho mayor que en el restante del vaso.

Para dictaminar las condiciones de impermeabilidad de un terreno es necesario conocer el régimen hidrológico del país, pues unas veces las aguas para su desvío utilizan grietas y cavidades pre-existentes, y en ocasiones ellas mismas se labran su camino disolviendo o disgregando las rocas. Las rocas que proporcionan camino a las aguas se clasifican en tres grupos: en el primero se incluyen las detríticas, como las gravas, las arenas, los conglomerados y las areniscas, en las que el paso del agua se hace a través de los huecos que dejan entre sí unos elementos con otros; en el segundo grupo se comprenden las rocas que presentan grietas y fisuras, que forman una red hidrológica subterránea a modo de cañerías; y en el tercero están incluidas las rocas que presentan cavidades irregulares de formas caprichosas y arbitrarias, como cuevas y cavernas.

Otro aspecto importante en la construcción de las presas es el relleno de los embalses por las tierras y gravas arrastradas por las aguas de lluvia, por lo que el estudio geológico de la cuenca hidrológica alimentadora del embalse servirá para prever la vida del mismo y permitirá se adopten las medidas convenientes para que aquélla pueda ser eterna o por lo menos muy larga. Muchos embalses se han perdido completamente por esta causa de arrastres, debiendo citarse el pantano de Quimson, sobre Verdún, de una cabida de un millón de metros cúbicos, que se colmó de tierra en cinco años; y otros más construídos en Alemania, Italia y Estados Unidos.

También interviene la geología en el examen de los terrenos a lo largo de los cuales habrán de construirse los canales que distribuyen las aguas de riego, así como aquéllos que sirven para la navegación, y en los de carácter especial que se construyen con el mismo fin que una tubería forzada, pues en éstos la resistencia de la roca a la presión que se va a someter depende no sólo de su consistencia y dureza, sino también de los quebrantamientos, fallas y accidentes que en el terreno puedan existir. El estudio de estos túneles a presión tiene que ser muy detenido, pues de lo contrario pueden ocurrir fracasos muy lamentables, que hagan inútiles las obras ejecutadas.

APLICACION DE LA GEOLOGIA A LAS VIAS DE COMUNICACION

Le Geología presta su ayuda eficaz en las vías de comunicación, ferrocarriles, carreteras, etc., pues evita desaciertos en los trazados de las mismas, ya que no siempre la línea que marca la topografía en el terreno es la más económica y la más segura. La estructura de las obras se funda generalmente en la apreciación personal del terreno fundada casi exclusivamente en los caracteres litológicos, sin buscar las causas de orden geológico, que tanta influencia tienen en la estabilidad y duración de los medios de defensa de dichas obras, tales como muros de sostenimientos, drenajes, túneles, pasos inferiores en los conos de inyección de barrancos, etc.

En todas las obras de importancia se tiene hoy muy en cuenta las adverten-

cias geológicas para evitar gastos inútiles, y en ocasiones desgracias irreparables. Los accidentes en las vías de comunicaciones son casi siempre originados por el agua, pero en ocasiones otros elementos dinámicos se ponen en juego, y hasta el mismo hombre rompe el equilibrio de la naturaleza. Las principales causas de accidentes en los ferrocarriles, carreteras y canales son derrumbamientos de tierras por deslizamientos sobre arcilla, hundimientos producidos por disgregación y disolución del yeso, y avenidas de terrenos arenosos y de aguas. En estos deslizamientos interviene el agua lubricando la superficie sobre las que se producen, por lo que deben evitarse trincheras en terrenos pizarreños, margosos y arcillosos con buzamientos hacia la vía de comunicación.

La ciencia del geólogo interviene muy directamente en la construcción de los túneles, en los que se requiere un estudio minucioso de la constitución del terreno, evitando con ello grandes desembolsos y accidentes muy lamentables por las avenidas de agua, por la irrupción de materiales arenosos y por las temperaturas elevadas que pueden existir en el interior del túnel de modo tal que impidan la ejecución de la obra. La determinación de la temperatura es un factor muy importante, pues el *grado geotérmico* presenta grandes variaciones y depende no tan sólo de la profundidad, sino también de la posición de los estratos, corrientes de agua, conductividad de las rocas, alteración de ciertos minerales como piritas, caolín, yeso, anhidrita y también depende mucho de la radioactividad de las rocas, que se presenta en las pizarras y gneis.

SERVICIOS QUE LA GEOLOGIA PRESTA A LA AGRICULTURA

Nacida la geología en las postrimerías del siglo XVIII, sólo desde esta época ha podido auxiliar a los que dedican sus afanes al cultivo de la tierra, prestándoles las siguientes ayudas:

Proporcionar agua para ciertos cultivos; estudiar el origen y las condiciones del suelo para el desarrollo de la planta; y facilitar los abonos y enmiendas necesarias a los terrenos.

Siempre se consideró que la geología es un gran auxiliar de la agronomía, tanto que la Sociedad Geológica de Francia, creada en 17 de mayo de 1830, hizo constar en el artículo segundo de sus estatutos que dicha Sociedad tendría por objeto además de contribuir al progreso de la geología, el de favorecer especialmente la aplicación de esta ciencia a las artes industriales y a la agricultura.

Fué Liebig en 1840 el que primero abrió los actuales horizontes al cultivo de la tierra. Haciendo observar que las sales que componen las cenizas de los vegetales eran siempre las mismas y demostrando la importancia extraordinaria que en la vida de las plantas tienen la potasa y el ácido fosfórico. Sentado este nuevo principio, los geólogos y agrónomos buscaron el origen de las sales que constituían las plantas, que no podía ser otro que el de las rocas que constituyen la corteza terrestre, y se dió tal vez demasiada importancia a la composición mineralógica de las tierras, abandonándose algún tanto las ideas que antes regían referentes a la importancia del humus, al que se consideraba como única sustancia de donde extraía el vegetal los alimentos necesarios para su nutrición.

Un nuevo período en los estudios de la tierra arable se inició en 1875 con motivo de los descubrimientos del gran Pasteur sobre los microorganismos, que hicieron ver que no estaba el suelo constituido por una masa mineral, sino que había que considerarlo como un organismo viviente.

La nutrición de la planta depende del aire y del suelo, y en éste hay que distinguir los elementos cuyo origen se debe a transformaciones químicas y los que son el resultado de los seres vivos que intervienen en su formación. Las antiguas clasificaciones de las tierras teniendo sólo en cuenta sus caracteres mineralógicos, no puede hoy sostenerse en la nueva ciencia, pues se precisa también conocer los caracteres botánicos y biológicos de los distintos horizontes que constituyen los suelos, según el grado de descomposición del terreno y la influencia que en él haya tenido la aportación de elementos transportados.

La biología desempeña un papel importantísimo en la ciencia agrícola, pues

la vida se establece en el suelo vegetal en toda su complejidad, ya que los seres microscópicos que lo pueblan se ponen en relación con la naturaleza inorgánica, laborando unos a favor del agricultor, y otros en contra de él, como los bacilos desnitrificantes. De aquí la importancia de conocer las rocas aptas para el desarrollo de los microorganismos buenos, y las que destruyen los bacilos malos; por lo que cabe llegar en el porvenir a procurar que la planta viva en el medio más adecuado para su mejor desarrollo y rendimiento.

Como las plantas continuamente extraen del suelo diferentes sustancias, que no vuelven luego al mismo sitio de su procedencia, se necesitan *fertilizantes* y *enmiendas* para cubrir los déficit de sustancias nutritivas de las plantas producidas por el cultivo de la tierra. Los abonos se han empleado desde la más remota antigüedad, pues además de los de naturaleza orgánica, los antiguos empleaban las cenizas de las plantas, que no es otra cosa más que un abono químico. Se sabe que los elementos principales necesarios para el desarrollo de las plantas son el nitrógeno, el ácido fosfórico y la potasa, y que los abonos todos están hechos a base de devolver a la tierra estas sustancias, que las absorbe por diversos medios, entre los que predominan los humus y los silicatos coloidales. La actividad bacteriana y los fenómenos de nitrificación son muy complejos y han originado estudios importantes, de los que se deduce que el nitrógeno es absorbido por diferentes medios, en los que interviene activamente el mundo de los microorganismos.

Para obtener buenos cultivos hay que agregar a las tierras nitrógeno, fosfatos y potasa; el primero, proporcionado por las secreciones de los seres vivientes, acumulados durante muchos años, como el guano de las costas chilenas, y otras veces proporcionado por fábricas de destilación de materias orgánicas depositadas en el seno de la tierra desde hace miles de años (como los carbones); los otros dos productos los proporciona la industria extractiva minera que necesariamente tiene que apoyarse en la geología. Los depósitos de fosfatos y de potasa constituyen rico patrimonio de algunas naciones privilegiadas, y el geólogo incesantemente busca en los terrenos terciarios la existencia de estos yacimientos, utilizando para ello todos los conocimientos que la tectónica y la estratigrafía le proporcionan, para terminar con el auxilio de los sondeos realizados en aquellos lugares donde la técnica ha juzgado como favorables.

CONVENIENCIA DE CONFECCIONAR EL PLANO DE LOS SUELOS DE CUBA

La Edafología tipológica es ciencia que data de medio siglo y que recibió impulso notable en el Congreso Internacional de Roma de 1924, organizándose a consecuencia del mismo la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo.

El objeto de los estudios agrogeológicos de una región es el reconocimiento comparativo de sus terrenos, el conocimiento de las diferencias que existen entre los mismos y la agrupación en unidades edáficas que tengan características semejantes. Estos estudios sirven de guía para los agricultores de cualquier región y favorecen el desarrollo de las mismas a virtud del conocimiento exacto que se tiene de las propiedades generales del suelo. No es siempre posible obtener buenos rendimientos en un tipo de terreno si se aplican las reglas obtenidas en el estudio de otro, pues las cuestiones de fertilización, cultivo, selección de semillas, etc., exigen un conocimiento detallado del terreno donde van a aplicarse, fracasando muchas veces estas reglas cuando se adoptan en terrenos de otro tipo.

En los reconocimientos agro-geológicos la unidad fundamental es el *tipo de terreno* que se define a virtud de sus características más importantes cuales son: *textura*, *estructura*, *contenido de materia orgánica*, *origen*, *color*, *profundidad*, *condiciones de desagüe*, *topografía*, *vegetación natural* y *productibilidad*. El establecimiento de los tipos de terreno se funda principalmente en las propiedades físicas del suelo, tomando también en consideración los otros factores que regulan las relaciones entre la planta y su ambiente.

Los tipos se relacionan unos con otros teniendo en cuenta el origen del material modo de formación del suelo, topografía geológica y coloración, llegándose así a constituir una *serie*.

Los suelos no deben clasificarse por sus factores, sino por sus caracteres propios, es decir, por los miembros de que constan (horizontes), por los productos que de su proceso funcional resultan elaborados a expensas de las rocas madres y de los organismos, y por el transporte de elementos que el mismo proceso origina. Tal es la doctrina definitiva que se establece en la Edafología actual. Las denominaciones de "suelo forestal", "suelo estepario", otras análogas, responden a métodos anticuados, y sólo se emplean ahora como sinónimos aclaratorios o cuando se quiere indicar la relación del suelo con la vegetación.

Los suelos, al igual que todas las entidades naturales, están sujetos a una evolución, por lo que lo fijo y esencial del suelo no pueden ser los momentos de esta evolución, sino la naturaleza del proceso mismo. Las etapas que sigue el suelo y la variedad de condiciones porque atraviese, darán lugar a modalidades de apariencias diferentes; por lo que lo más seguro es clasificar dinámicamente por *series*, en las que se distinguen *etapas* evolutivas, y *fases* o *variantes* circunstanciales. Todo proceso tiende a un máximo de desarrollo que constituye la *madurez* del suelo. Las etapas y fases anteriores a ella pueden clasificarse de *prematuras*, y las posteriores de *póstumas*. El suelo póstumo que modificado por circunstancias especiales, pasa a iniciar un nuevo proceso hacia la madurez se califica de *post-prematuro*.

En todo país montuoso el punto de partida de la serie edafológica es la roca desnuda, es decir, el suelo esquelético. Pero esta etapa, que en los climas secos persiste en grandes extensiones, sólo excepcionalmente o por circunstancias especiales persiste en los climas templados y húmedos. Las masas de rocas desnudas corresponden en general a las áreas de relieve muy agrio con superficies verticales o próximas a la vertical y se reducen a las crestas culminantes. Donde abunda el suelo esquelético los perfiles del paisaje topográfico son angulosos. Otros suelos esqueléticos de índole diferente, son los de roca suelta, como las dunas.

El suelo que se inicia sobre un substrato de roca viva pasa por una etapa prematura, consistente en la formación de un sólo horizonte edáfico, ya sobre la roca intacta, ya con interposición de un cierto espesor de substrato disgregado mecánicamente. A esta etapa se la llama *oropédica* y es la que suele caracterizar los suelos de montaña.

Cabe también considerar una etapa intermedia entre la esquelética y la oropédica, en la que el estrato pedológico *solum* aun no está claramente formado o no ha hecho mas que iniciarse. A esta etapa se la denomina *subesquelética*.

Cuando el suelo cuenta con un substrato suficientemente espeso de roca más o menos suelta, puede desarrollar todo su proceso estratigráfico y alcanzar plena madurez. A la etapa intermedia entre la oropédica y la madurez, se la denomina *sub-oropédica*. Cada suelo y su madurez tiene una estratigrafía determinada, por lo que en su clasificación se distinguen suelos de dos y de tres horizontes. Siguiendo la escuela rusa, que parece ser la más adelantada en estos estudios, se designan con letras los tres horizontes del suelo, del modo siguiente: la letra A se aplica al horizonte superficial o *eluvial* del cual por el lavado se arrastran elementos a la profundidad; la letra B se asigna al segundo horizonte o *iluvial* en el que se acumulan los elementos desplazados; la letra C al horizonte de la roca madre, con frecuencia más o menos alterada en los niveles superiores.

La realidad dista mucho de ser tan sencilla como se supone en el anterior esquema pues además de los horizontes mencionados, existen suelos de sedimentación por aguas subterráneas o freáticas para los que se adopta la denominación de *glei*, que en ruso significa arcilla, por lo que se les asigna en la notación la letra G.

Los anteriores principios generales sufren varios cambios y modalidades al aplicarse a cualquier país. En Cuba se ha hecho un estudio por los Sres. Hugh H. Bennett y Robert V. Allison por cuenta de la Tropical Plan Research Foundation, que ha sido sintetizado en un plano de colores marcando los distintos tipos reconocidos por ellos en los suelos de Cuba. Este es un estudio importante que merece ser en primer lugar, traducido al castellano para general conoci-

miento de los agricultores del país; y después ampliado por estudios más detallados en cada una de las principales regiones agrícolas de la nación. Estos trabajos pueden hacerse simultáneamente con los de carácter geológico, ya que el suelo es una consecuencia de la roca del subsuelo, de modo que es posible ir levantando simultáneamente el Mapa Geológico y el Mapa Agrológico de Cuba, siguiendo la organización que al final de este trabajo se indica.

CONSTITUCION INTERIOR DE LA TIERRA

Laplace emitió una hipótesis grandiosa de la formación de la tierra partiendo de la nebulosa elipsoidal girando rápidamente alrededor de su eje mayor. Dicha hipótesis, no obstante su sencillez, explica todos los fenómenos observados hasta el día.

En las sucesivas épocas del período de enfriamiento de la nebulosa se fueron desprendiendo anillos de su zona ecuatorial, análogos a los que hoy ostenta el planeta Saturno. Como consecuencia de su más rápido enfriamiento, se fueron separando las materias que lo constituyen según sus diferentes coeficientes de calor específico, punto de fusión etc., y los anillos, ya heterogéneos en sí mismos, se fueron fragmentando en trozos. Los mayores de éstos atrajeron a los pequeños, constituyéndose así un globo con movimiento giratorio alrededor de la masa principal a la misma velocidad de las moléculas del anillo antes de su desprendimiento.

Quedó así formado el sistema solar, del que somos un minúsculo elemento, pudiendo observar desde nuestro planeta Tierra la inmensa grandiosidad de la obra de Dios.

El enfriamiento gradual de la tierra ha seguido su curso. Se solidificó su primera corteza que podemos comparar a las escorias de un baño metálico en fusión. En el interior del globo terrestre, las sustancias se han colocado por orden de densidades, crecientes con la profundidad, explicándose así que la densidad media de la tierra sea de 5.55 y que su rigidez resulte, por lo menos, comparable a la del acero; en el exterior, se han precipitado las aguas, cubriéndola por completo a la par que se formó una densa atmósfera.

El interior de nuestro globo está sometido a condiciones extraordinarias de compresión, pues las capas superiores ejercen a causa de su peso una fuerte presión sobre las inferiores aumentando dicha presión con la profundidad de la capa considerada, por lo que excede en las partes centrales del globo a cualquier presión que nos pueda sugerir nuestra imaginación. También es indudable la existencia de una temperatura muy elevada en las capas profundas de la tierra, a juzgar por lo que nos enseña la experiencia en los túneles, fuentes termales, taldros profundos y en las propias minas en las que se ha llegado a profundidades de 2239 metros (Paruschowitz, en la Silesia Superior).

Las recientes medidas relativas al aumento de las temperaturas en el interior de la tierra demuestran que por término medio corresponde la elevación de 1° C. en la temperatura a un descenso de unos 30 a 33 metros: por lo que, en estas condiciones, a los 40 kilómetros de profundidad deberán existir temperaturas del orden de las que tienen los altos hornos, es decir, de unos 1200° C. En resumen, hay que contar para las capas más profundas del globo con una temperatura media de unos 4000° C.

Como consecuencia de las anteriores conclusiones se admite con visos de gran probabilidad que a partir de los 300 kilómetros de profundidad, la materia en el interior de la tierra se hallará en estado gasiforme, pero no compresible y muy lejos de la condición de fluido incandescente. El vapor de agua que se encuentre a esas grandes presiones es capaz de expulsar la sílice de los magmas y entrar en la composición de las masas internas terrestres por lo que tan pronto como dicho magma saturado de agua se eleva en el interior de la tierra y llega a capas superficiales más frías, la presión disminuye, los compuestos se disocian, el magma alcanza y rebasa su punto crítico, es decir pasa al estado líquido, y en este proceso de licuefacción el vapor de agua en estado de supertensión pro-

duce violentas explosiones. El vapor, la lava y las aguas termales se precipitan desde estas capas poco profundas de la tierra hacia su superficie: las explosiones geysierianas del vapor de agua en estado de supertensión abren el camino a los magmas presentando los fenómenos visibles incluidos en el concepto general del volcanismo.

Como quiera que la densidad de las rocas que componen la corteza terrestre varía entre 2 y 3, resulta plenamente demostrado que en el interior de la tierra existen sustancias mucho más pesadas, cuya densidad debe rebasar de modo franco el valor 5. Esta mayor densidad del núcleo terrestre no hay que atribuir a la presión que por su peso ejercen sobre él las capas suprayacentes, sino por existir en dicho núcleo materias pesadas, predominando especialmente los metales. El hierro en unión del níquel entra de modo esencial en la constitución de los cuerpos celestes, según así lo prueban los meteoritos: por tanto, ningún impedimento existe en atribuir al hierro un papel principal en la composición del núcleo interior de la tierra tanto más cuanto dicho metal aparece muy difundido en la superficie de nuestro planeta y su densidad corresponde bien con la densidad media de la tierra.

Si los anteriores puntos de vista no parecieren tan concluyentes para darles el carácter de validez absoluta, los datos de observación que se tienen acerca de la forma de la Tierra demuestran su exactitud. En efecto, por las medidas geodésicas se conoce que la Tierra está aplastada en los polos y que su forma corresponde a un elipsoide de revolución. Admitiendo que las masas que constituyen la Tierra están distribuidas de un modo uniforme en cuanto a su densidad, por medio de cálculos realizados por Wiechert se llega al resultado de que su aplastamiento vale $1/230$. Por el contrario, si se supone que la parte principal de la masa terrestre ocupa las capas más profundas del Globo el aplastamiento resulta de $1/578$; y como el verdadero aplastamiento vale aproximadamente el de $1/297$, se deduce que la distribución de las masas en el interior de la Tierra viene a ser intermedia entre dichos dos supuestos extremos, o sea que la densidad de las masas terrestres va aumentando hacia el interior. De estos cálculos resulta también que el espesor de la envoltura rocosa que rodea el núcleo central de la Tierra viene a ser de unos 1,5000 a 1,6000 kilómetros, y que por lo tanto, la masa central metálica ocupa unos $4/5$ del diámetro terrestre.

Basándose en cálculos relativos a las ondas sísmicas longitudinales, Geiger y Gutenberg han encontrado en la masa del Globo tres superficies de discontinuidad que se hallan respectivamente a las profundidades de 1193, 1712 y 2454 kilómetros pudiendo entonces establecerse la siguiente división en zonas del interior de la Tierra:

1º—El *manto exterior* con un espesor de 1200 kilómetros, una densidad media de 3.4, constituido principalmente por silicatos.

2º—El *manto interior* comprendido entre los 1200 y 1700 kilómetros, o sea una profundidad media de 2600 kilómetros, con densidad de 5.5 y compuesto por minerales de hierro.

3º—El *núcleo terrestre* que empieza a los 2600 kilómetros de profundidad y constituido por el níquel, hierro y cobalto. Este núcleo corresponde al conocido por el nombre de *Nife* que le dió Suess.

GENESIS DE LAS CORDILLERAS Y MONTAÑAS

La masa central del Globo no tardó en desprenderse de la corteza a causa de experimentar una contracción más rápida que ésta en el proceso del enfriamiento gradual de la Tierra; y como su superficie era ya en cierto modo indeformable, tuvo que plegarse dicha corteza para poder adaptarse al núcleo interior. Estos plegamientos de la corteza han producido múltiples fracturas, dividiéndola en diferentes trozos. Muchos de estos bloques, en el fenómeno del plegamiento de la corteza, no han llegado a una posición de equilibrio isostático y tienden a él por una serie de movimientos, que a su vez se transmiten a los colindantes, originándose pliegues, hundimientos, afloramientos de rocas hipogénicas, elevaciones, etc., cuya consecuencia es la diversa repartición de los mares,

la formación de las cordilleras y montañas y la creación subsiguiente de los terrenos sedimentarios.

Al ceder la primitiva corteza para adaptarse al núcleo interior de la Tierra y formarse los primeros continentes, no se constituyeron salientes en el sentido de los meridianos, como pretendía la antigua teoría tetraédrica basada en que para igual superficie el volumen mínimo es el del tetraedro; sino que por el contrario, bien sea por la fuerza centrífuga o por el más intenso enfriamiento cerca de los polos, se formaron pliegues en forma de círculos paralelos al Ecuador.

El primero de estos anillos se formó en las proximidades del Polo Norte; y la dirección de sus pliegues indica el emplazamiento de la cadena de montañas más antiguas conocida con el nombre de *Cadena Huroniana* (época cambriana) a causa de encontrarse sus vestigios en el lago Huron, en la América del Norte.

Posteriormente se formó, más al Sur que la anterior, la *Cadena Caledoniana* (época devoniana), cuyo nombre se debe a su reconocimiento en Escocia. Después, y siempre descendiendo hacia el Ecuador, ha emergido la *Cadena Herciniana* (época carbonífera), en recuerdo del bosque herciniano que cubría la Selva Negra, en tiempos de César.

Finalmente, bien avanzada la era terciaria, se produjo el movimiento más grandioso que se registra en la Geología, o séase el de la formación Alpina. Este movimiento orogénico no está aun terminado, según lo demuestran las observaciones sísmicas actuales, estimando el que suscribe que la tectónica de Cuba se halla toda ella dentro del sistema orogénico, alpino, salvo algunos accidentes debido a la plegadura herciniana.

Mientras el volcanismo eleva los magmas desde capas profundas a la superficie, la fuerza orogénica (tectónica) requiere la plegadura y levantamiento de las masas pétreas de la corteza, ya se encuentren depositadas en el agua durante los períodos geológicos o resulten de la solidificación del magma fluido. Las huellas que tras sí deja la presión orogénica son los *pliegues* y *fracturas*, o sean superficies de separación de los bloques que han sufrido desplazamientos relativos.

Las fracturas alcanzan mayor extensión que los pliegues, y en ellas los desplazamientos se operan casi siempre en dirección vertical. En las cadenas exteriores de las montañas se yerguen de modo predominante los estratos más recientes, alcanzados en el último instante por el plegamiento; por el contrario, en las zonas centrales, existe la posibilidad de estudiar los sedimentos más antiguos y las rocas profundas.

La formación de las montañas estriba en un aumento o disminución de volumen de una parte de la superficie terrestre, por lo que cabe distinguir un tipo *distensivo* y otro de *acumulación* o *hacinamiento* de materiales. Las alineaciones montañosas del primer tipo se han formado paralelamente a las grandes fallas de hundimiento del Pacífico, a causa de la atracción producida por los bloques que se hundían y el torcimiento de los que estaban en los bordes continentales; a esta categoría corresponde, a nuestro juicio la formación de la Sierra Maestra, al Sur de la Provincia de Oriente y situada en el borde superior de la Hoya de Bartlett, observándose en dicha Sierra las fallas en gradería, características de esta clase de alineaciones.

Inversamente, las montañas de tipo alpino y las antiguas alineaciones como los *Appalaches* y los *Urales*, se originaron por una *contracción* de la superficie terrestre, que se exterioriza en el proceso de plegamiento o de acumulación de materiales.

Elie de Beaumont consideraba a la Tierra como un gigantesco dodecaedro pentagonal cuyas aristas eran las alineaciones de montañas, basado en la creencia de que toda montaña o todo pliegue se produjo por elevación rectilínea. Otros investigadores admitieron después que la Tierra tenía la forma de un tetraedro, simplificando así la curiosa hipótesis de Elie de Beaumont.

Las ideas de Eduardo Suess sobre la formación de las montañas no ha sido modificada hasta ahora, a pesar de lo muy dudosa que resulta la pérdida permanente de calor que se atribuye a la Tierra y que constituye la base de dicha

teoría. Dicha pérdida de calor por irradiación, la Tierra sufriría en conjunto una disminución de volumen que sólo puede influir en su núcleo ardiente, puesto que la corteza se ha enfriado y consolidado hasta profundidad considerable sobre el núcleo que se arruga. Por debajo de la corteza sólida, se forman cavidades de un modo progresivo y sobre éstas se producen los campos de hundimiento, lo cual explica la frecuencia con que se observan las fracturas en la superficie terrestre. De este modo ha comparado Suess la fragmentación de la corteza al fenómeno que se contempla en un estanque de superficie helada cuando se hace salir gradualmente el agua de la parte inferior. Dos sistemas de fracturas aparecen en la superficie del estanque, uno periférico y otro radial, que convergen hacia la parte central.

El proceso orgénico se manifiesta en una misma región plegada por fases repetidas del plegamiento, separadas por largas pausas de inactividad, correspondiendo una zona determinada de la montaña a cada una de dichas fases. Un fuerte y último plegamiento suelda todos los bloques de distinto pasado geológico y forma un sólo conjunto en que pueden reconocerse sus diferentes elementos constitutivos. Cuando el período álgido del plegamiento ha pasado del todo, las convulsiones últimas estremecen el almacén de rocas en la forma más débil de temblores de tierra. Este proceso variable puede comprobarse en la propia Ciudad de Santiago de Cuba, adherida al sistema montañoso de la Sierra Maestra.

ESTUDIO GEOLOGICO-TECTONICO DE LAS ZONAS SISMICAS

Durante mucho tiempo se creyó que la Tierra había pasado definitivamente sus épocas de tormento y tribulación, y que en las montañas estaban plasmados irrevocablemente los movimientos póstumos de los compartimientos del Globo. Pero ejemplos recientes han demostrado que los sismos no sólo son las manifestaciones póstumas del proceso orgénico, sino que son capaces de provocar movimientos reales y perceptibles de las masas de la superficie terrestre. En el freo de Yakutat (Alaska) y a consecuencia de un sisma ocurrido a principios de 1899, se observaron y midieron extensas elevaciones en el litoral que alcanzaban una altura de 47 pies ingleses, y en ciertos trayectos de la costa descensos o hundimientos de 6 a 9 pies.

Aunque afortunadamente estos movimientos de la corteza terrestre son excepcionales, lo cierto es que el número de los sismos violentos, cuyas manifestaciones pueden seguirse a gran distancia, o sea los llamados "telesismos" (o terremotos mundiales), es relativamente grande, pues se cuentan de 100 a 150 al año, por término medio, lo que produce en distintos puntos del Globo sacudidas perceptibles en forma de vibraciones elásticas que se inscriben en los modernos aparatos de registro automático a miles de kilómetros de distancia del lugar donde ocurren.

Se acepta hoy de un modo general que la mayoría de los sismos proceden de origen tectónico y que las sacudidas terrestres de gran extensión macrosísmicas no son consecuencia del hundimiento de cavidades subterráneas producidas por disolución, ni son tampoco precursoras de las erupciones volcánicas.

Los efectos destructores de los volcanes se restringen a sus inmediaciones en un área de pocos kilómetros cuadrados, demostrándose así la independencia entre los mismos y las erupciones volcánicas.

Los fenómenos sísmicos y volcánicos hay que concebirlos como verdaderas reacciones de la masa interna del Globo contra la superficie, pero en sí mismos tienen pocas propiedades comunes. Los sismos ocurren donde la corteza está surcada por dislocaciones; las erupciones volcánicas utilizan las fracturas producidas por aquéllos, si bien en la subida a presión de las lavas se originan estremecimientos muy restringidos de carácter local.

El concepto de los sismos debe, pues, limitarse a las variaciones de la armazón cortical de rocas ligadas por los fenómenos tectónicos, o sea con los plegamientos, disyunciones y hundimientos: inversamente, las perturbaciones superficiales y las que acompañan a las erupciones volcánicas pertenecen al volcanismo.

Dos clases de temblores de tierra es preciso distinguir principalmente: los lejanos y los próximos, entendiendo como próximos los que en la estación considerada se registran a una distancia no mayor de mil kilómetros, mientras que la influencia instrumental de los lejanos se deja sentir en toda la superficie terrestre. Esta distancia límite de 1000 kilómetros que sirve para distinguir las dos clases de sismos no tiene nada de arbitraria, pues se funda en diferencias características que se observan en los sismogramas registrados automáticamente. Según que a los ondas principales precedan o no las llamadas "preliminares", que son ondas sísmicas de menor período y amplitud, se distinguen los "sismos próximos" en que el sismógrafo registra a lo sumo una onda preliminar, y los "sismos lejanos" en que la gráfica muestra la existencia de dos clases distintas de ondas, precediendo a las llamadas principales y que son las "primeras" y "segundas" preliminares.

Según las observaciones de Wiechert, los primeros preliminares han de ser interpretados como ondas longitudinales, y los segundos como ondas transversales. Los tiempos que tardan estas ondas preliminares en llegar al lugar de observación no corresponden a la distancia desde el epicentro, medida sobre la superficie terrestre; por lo que se deduce que ambos preliminares no se propagan por ella, sino por la masa del Globo. Los primeros preliminares se transmiten como ondas elásticas longitudinales a través de las capas de nuestro Planeta, y si se trata de sismos antipodales, pasan por el centro mismo de la Tierra, siguen después los segundos preliminares, que son ondas más lentas, propagadas por la masa terrestre y debidas a oscilaciones transversales. Finalmente, llega por último la fase principal del sismo, que se propaga solamente por las capas superficiales terrestres y que a pesar de haber recorrido una distancia mayor alcanzan mayor intensidad que las ondas preliminares.

Wiechert ha calculado las velocidades de propagación de las ondas sísmicas a las distintas profundidades, habiendo comprobado que esa velocidad no es constante a las distintas profundidades de la masa del Globo, resultando así que el tiempo que tarda el movimiento sísmico en llegar desde el foco al lugar de observación no es proporcional a la distancia en línea recta entre estos dos puntos, sino que las grandes distancias son recorridas con velocidad relativamente mayores que las pequeñas. Es decir, que las ondas sísmicas se propagan con velocidad mayor en las capas profundas de la tierra que por las próximas a la superficie; y que esta ley se aplica igualmente a los primeros que a los preliminares.

Los primeros preliminares se propagan con una velocidad 8 kilómetros por segundo: dicha velocidad va creciendo continuamente hasta la profundidad de 1500 kilómetros en donde llega hasta los 13 kilómetros: pero a dicha profundidad cesa bruscamente el aumento, y la velocidad va disminuyendo hasta el centro de la tierra, en donde baja a los 10 kilómetros.

Los segundos preliminares muestran también esas mismas diferencias en la velocidad de propagación del movimiento: ella empieza en la superficie con un valor algo menor de 4 kilómetros por segundo, va creciendo hasta la profundidad crítica de 1500 kilómetros, en donde toma el valor de 8 kilómetros, y después decrece bruscamente para tomar por debajo de dicha profundidad el valor de 6 kilómetros.

Las cifras anteriores nos permiten determinar las constantes elásticas de los materiales que forman la Tierra y formar juicio de su comprensibilidad, la cual resulta ser muy pequeña, pues a grandes profundidades es $4\frac{1}{2}$ veces menor que la del acero a las condiciones ordinarias de presión y temperatura. Esta pequeña comprensibilidad nos hace deducir que en las capas profundas del Globo la gran densidad de los materiales allí existentes no puede explicarse por la compresión de las sustancias, originada por una presión muy intensa, sino que es ocasionada por la mayor densidad de las sustancias que forman dicha capa; llegándose así a la misma conclusión, que anteriormente vimos, de que nuestro Globo está constituido por un núcleo metálico, llamado *Nife*, rodeado por una envoltura rocosa.

Las mismas investigaciones sísmicas que demuestran la existencia del núcleo

metálico de hierro a la profundidad de 1200 kilómetros, en la que se observa un cambio brusco de velocidad en las zonas sísmicas, revelan también la existencia de una discontinuidad parecida que tiene lugar a la profundidad de 100 a 200 kilómetros; de lo que se deduce que a esta profundidad se halla una capa plástica sobre la que flota, en cierto modo la envuelta exterior de la Tierra con su espesor de unos 120 kilómetros. Esta capa plástica es la llamada superficie de compensación isostática, que goza de la propiedad de que para igualdad de superficie de apoyo, los bloques corticales correspondientes tienen la misma masa, pudiendo considerárselos divididos en dos zonas de igual profundidad, pero de muy distintas propiedades. La superficie de fractura, en que la distribución de la materia es anisótropa: y la inferior o de fluidez, en que a consecuencia de la presión y de la temperatura, la materia se encuentra en estado pastoso, y puede ceder, sin romperse, a las acciones ejercidas por los bloques de la zona superior.

Estudiando la composición química de las lavas que llegan a la superficie terrestre, pueden distinguirse dos familias: la más ligera, corresponde a la serie de rocas alcalino-calcáreas, con predominio de la andesita, que provienen de la parte superior del magma: el otro grupo más denso, contiene en parte muy principal el sodio y el hierro con poco de magnesio y calcio, constituyendo las rocas eruptivas pesadas procedentes de grandes profundidades.

DISTINTOS TIPOS DE YACIMIENTOS METALÍFEROS

La corteza terrestre en su totalidad se encuentra formada por los productos de la combinación de metales y de metaloides, de modo que de cualquier sustancia de dicha corteza la química puede extraer uno o varios metales, uno o varios metaloides, por lo cual tenemos el derecho de considerar de un modo teórico que la mayoría de las rocas serán, en rigor, yacimientos de hierro, aluminio, magnesio, potasio, sodio, calcio, silicio, etc.; pero *industrialmente* y de un modo práctico, se reserva el nombre de *yacimientos metalíferos* a los depósitos naturales de donde se puede retirar uno o varios metales con provecho; designándose con el nombre de *menas* a los minerales o mezclas de minerales sobre los cuales se realiza dicha explotación.

Un yacimiento metalífero no comprende sólo minerales útiles, pues encierra también sustancias que no se aprovechan y que algunas veces son hasta nocivas, denominadas *gangas*, las que se busca siempre eliminar por medio de la preparación mecánica de las menas y después por medio de la Metalurgia.

Los metales que explotamos en ciertos yacimientos, siempre relativamente próximos a la superficie, antes de tomar su estado actual, han pasado por un circuito más o menos largo, pero su origen primario tiene que buscarse en las profundidades de la corteza terrestre. En efecto, la tierra puede ser asimilada a un elemento de pila en la cual antes de su consolidación se han concentrado en la periferia los elementos a la vez electro-negativos y ligeros, tales como el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera; en el centro, los elementos electro-positivos y densos, tales como los metales, el carbono y acaso el hidrógeno. Entre estos dos grupos de cuerpos, la corteza terrestre, compuesta principalmente de silicatos, con la capa de agua que la recubre, está formada por los productos incesantemente variables de la combinación de los mismos.

En los yacimientos metalíferos hay que distinguir tres categorías principales:

- 1º—*Los yacimientos de inclusiones en las rocas eruptivas;*
- 2º—*Los yacimientos filonianos;*
- 3º—*Los yacimientos sedimentarios.*

La primera categoría, o yacimientos de *segregación magmática* están constituidos por granos, motitas, lentejuelas o masas de mineral en el medio de una roca. Estos yacimientos provienen directamente de la roca misma, habiendo sufrido una primera cristalización al mismo tiempo que por reacciones secundarias se encuentran concentraciones importantes del metal. Cuando las rocas son ácidas como las granulitas, ellas se solidifican en presencia de mineralizadores

intensos como los cloruros y fluoruros, por lo que en su periferia se encuentran ciertos metales como el estaño que cristaliza probablemente al estado de fluoruro. Cuando las rocas son *básicas*, como es en Cuba el caso más general, donde se encuentran abundantemente las *peridotitas*, los metales que aparecen están unas veces al estado nativo, como el oro y el platino, y otras veces se hallan incompletamente oxidados como la magnetita, el hierro cromado, etc. Así vemos como las rocas eruptivas básicas que forman el Cerro "La Gobernadora" en la meseta del Escambray de la provincia de Santa Clara, contienen en su masa oro y platino al estado nativo; conociéndose por los mineros con el nombre de *serpentina negra* las porciones de aquel magma, de composición diferente al resto de la masa eruptiva, que mayor riqueza presenta de ambos metales.

... A nuestro entender, el oro que se encuentra en el Escambray ha cristalizado por una especie de exudación en fisuras de contracción ramificadas sobre la periferia de la roca básica de donde procede por segregación magmática: es decir, que no se trata de una verdadera formación filoniana, sino que estos yacimientos deben ser incluidos en la categoría de yacimientos de inclusión. Esto es corriente en ciertas rocas básicas que parecen contener un residuo de oro metálico nativo tomado directamente del baño metálico sin haber pasado por las combinaciones cloruradas. Así las dioritas de la Sierra del Escambray, al igual que las de Siberia, han sido las que han suministrado el oro aluvionario que se encuentra en las vaguadas y fosas de concentración de las aguas que circulan en dicha cordillera, dando origen a placeres y aluviones que tienen hasta \$22.00 por tonelada, según exploraciones realizadas recientemente por el benemérito minero Sr. Luis F. Kohly, tan favorablemente recordado por la sociedad habanera. Así también, las serpentinas de Guaracabuya han dado origen al oro allí encontrado desde antiguo, al igual que se presentan idénticos yacimientos en Sierra Nevada (España), en la isla de Santo Domingo y en los aluviones auríferos de Obí (Siberia).

A esta misma categoría de yacimientos de inclusión en las rocas eruptivas, pero con concentración secundaria de los elementos metálicos diseminados originalmente en el magma, pueden referirse nuestras minas de cromo situadas al Norte de la provincia de la Habana, y Matanzas en las zonas de Santa Cruz del Norte y Corral Nuevo, respectivamente. Como muy bien dice Montouliou, el cromo de las sabanas de Camagüey es una segregación de la serpentina, concentrado por la acción de las aguas meteóricas por una acción compleja de reacciones químicas a las que brevemente se da el nombre de *laterización*, al igual de lo que ocurre con el hierro de Mayarí procedente también de las rocas básicas subyacentes.

El segundo tipo de yacimientos metalíferos, o sean los de formación *filoniana* son originados por las *fumerolas* que se desprenden de las erupciones del magma en forma de lavas, que rellenando las grietas o fallas de la corteza terrestre depositan allí los metales que llevan en disolución. Cuando la lava es muy caliente, los cloruros dominan en sus fumerolas; después, cuando ellos cesan de desprenderse, aparecen las fumerolas sulfuradas; y cuando éstas desaparecen, dominan entonces las fumerolas carburadas. De suerte que el examen de las rocas eruptivas y de los yacimientos metalíferos conexos conducen a admitir, por comparación con los fenómenos volcánicos, una sucesión de fumerolas cloruradas, sulfuradas, carburadas, que han producido los filones de estaño y algunas veces de oro; después, de plomo, zinc, cobre, hierro, etc.; y finalmente, desprendimientos de *gases petrolíferos*, por lo que en una región dislocada, la aparición de estos productos, uno después de los otros, parecen corresponder a las etapas del enfriamiento. Es decir, que los metales, primeramente *incluidos* en la roca, se han desprendido en fumerolas, las que dispersándose e impregnando las aguas producidas por la condensación del vapor que las acompañan, han venido a depositar cristales en las fisuras diversas de la corteza. Estas *aguas mineralizadas* han sido el agente esencial de la formación de los filones metalíferos. Unas veces estas aguas se han limitado a incrustar vacíos que pueden tener el aspecto de una fractura simple, de un haz de fracturas, de una gruta, de una zona de pizarras dislocadas y trituradas, de una capa de arenisca permeable, etc.;

o bien han disuelto la roca encajonante, generalmente una caliza, en las proximidades de la fractura y han constituido verdaderos *yacimientos de sustitución*.

Este caso se presenta generalmente en las minas de manganeso de Ponupo y Bueycito, en la provincia de Oriente, donde las menas son de pirolusita psilomelano y wad, mezclados en diversas proporciones y siendo la roca mineralizante el jaspe amarillento o pardo, conocido en esas localidades por *bayate*. Los minerales de manganeso han sido llevados a la posición en que hoy se encuentran por aguas circulantes y han reemplazado la roca caliza y las areniscas por el fenómeno de la sustitución, rellenando los huecos producidos en estos sedimentos, compuestos algunos de ellos de calizas foraminíferas.

Al tipo de yacimientos filonianos pertenecen las minas de cobre de Matahambre en la provincia de Pinar del Río, en donde los filones cortan un campo de pizarras o esquistos micáceos posiblemente paleozóicos. También las minas de oro de Isla de Pinos son filones en los que el oro aparece asociado a minerales sulfurados, presentándose en algunas partes al estado nativo dentro de la propia ganga cuarzosa: varios filones paralelos se han reconocido en la concesión Delita, apareciendo los afloramientos de diques filonianos de cuarzo en unos diez kilómetros de recorrido total. Estos filones auríferos cortan también un campo extenso de los mismos esquistos micáceos que aparecen en una porción considerable de la provincia de Pinar del Río.

En las regiones dislocadas donde las rocas eruptivas han llegado hasta la superficie cortando terrenos situados más arriba y por tanto más recientes que los yacientes en profundidad, los *carburos de hidrógeno* y el ácido carbónico pueden seguir desprendiéndose durante un tiempo muy largo como se comprueba todavía alrededor de los macizos volcánicos. Son las *fumerolas carburadas* que aparecen siempre como expresión final de toda erupción del magma ígneo.

Tal es el origen, a nuestro juicio, de los gases combustibles que se desprenden en la región de Motembo, cerca de Corralillo, en la provincia de Santa Clara, que pertenecen a la categoría de *gases húmedos*, pues que de ellos puede sacarse algo de gasolina. La *condensación* de estos gases, desprendidos del magma, en las diaclasas o grietas de la roca eruptiva básica que los contiene, produce la bien conocida *nafta* de Motembo que se extrae de los pozos abiertos en plena diorita cuarcífera algo descompuesta, de aspecto granitoide y de color gris. Dicha nafta se usa directa e inmediatamente, según sale del pozo, en los motores de combustión siendo superior a la gasolina por su mayor pureza y más elevada potencia calorífica.

Dentro de los yacimientos de inclusión en las rocas, existe una forma de transición al tipo filoniano propiamente dicho, en el que se debe admitir que las acciones hidrotermales han intervenido en su formación: estos son los llamados *yacimientos de contacto* en donde la concentración del mineral se hace no en la roca misma sino en su contacto inmediato, particularmente a lo largo de bancos calizos. A esta modalidad creemos que pertenecen los criaderos de hierro de Juragua y Firmeza, cerca de Santiago de Cuba, en los que el mineral procede de una diorita, cortada en muchos lugares por diques de pórfido de intrusión.

FORMACION DE LOS MINERALES COMBUSTIBLES

En oposición a la actividad que en el seno de los mares llevan a cabo los organismos, dando origen a las calizas, conglomerados, areniscas y arcillas, la vida de las plantas continentales extendidas prodigiosamente por todos los confines del mundo, dieron origen a las formaciones carboníferas interpuestas en los estratos de la corteza.

Estos sedimentos de origen vegetal no existen en los primeros períodos geológicos, desde el cambriano hasta el devoniano, pues en estos tiempos parece haber actuado solamente el mar y los volcanes.

En los períodos medios y recientes de la historia terrestre sólo aparecen dos lugares culminantes durante los cuales se formaron los carbones que son el huillero (carbonífero superior) y el permiano, apareciendo las formaciones ligniti-

feras en el mioceno y en el oligoceno superior. Durante los largos intervalos de tiempo transcurridos entre dichas épocas, son muy escasas las formaciones de carbones, mientras que aparecen enormes masas de materias combustibles en estado fósil en todos los lugares de la tierra donde radican dichos períodos.

Entre las formaciones hulleras y las lignitíferas existen notables diferencias, tanto cualitativas como cuantitativas, en favor de las primeras. Desde el punto de vista químico existe una serie continua desde los musgos y turberas a los lignitos y las hullas (grasas y secas), hasta llegar a la antracita: pero en contraste con esta gradación química la génesis histórica de los carbones se caracteriza por una enorme irregularidad, hasta el extremo de faltar por completo en los períodos conocidos por permiano superior, liás superior, jurásico blanco, cretáceo medio y plioceno, si bien este último presenta ligeras excepciones.

Esta interrupción que la Naturaleza ha presentado en la formación de las capas de minerales combustibles induce a sostener que para su existencia fueron necesarias el concurso de una serie de circunstancias favorables a la existencia de una vegetación lozana y tupida, así como una oxidación más o menos completa de sus materiales carbonosos. Han sido necesarios para exuberancia de la vida vegetal, el calor, la humedad y abundancia de alimentos minerales; sin que se requiera para ello la existencia de un clima tropical, pues en éstos, si bien es rápido el crecimiento de las plantas mayor es también la intensidad de su destrucción, por lo que no cabe pensar en la posibilidad de que en los trópicos llegue a reproducirse la formación de capas hulleras. Sólo mediante las grandes inundaciones la sedimentación que las sigue y la acción intensa del aire interpuesto en las capas arcillosas, es posible suponer en un clima tropical la formación del carbón mineral.

Las cuencas hulleras que más valen al punto de vista de su gran área y potente espesor fueron formadas *in situ* (autóctonas), por lo que resulta de poca importancia las acumulaciones carboníferas en las zonas terrestres donde la vegetación es más frondosa. El resumen, todo induce a creer que las condiciones más favorables para la formación del carbón son circunstancias climatológicas no frías ni tampoco tropicales, sino un clima templado desprovisto de heladas.

La prolongada duración de la era de los lignitos (oligoceno superior y mioceno) responde a las repetidas fases de plegamientos que culminaron en la plegadura alpina, y a las fracturas que dieron lugar a la formación de las actuales montañas medias: así se ha observado en los lignitos del Oeste de América que siguen inmediatamente a la primera orogénesis de las Montañas Rocosas, por lo que las formaciones lignitíferas son una consecuencia de acciones orogénicas y guardan al mismo tiempo relaciones con la actividad volcánica.

La formación de la hulla se halla mucho más distante respecto a la época en que se originaron los lignitos, que esta última con relación a la actualidad geológica. Si desde que se formaron los lignitos han transcurrido cuatro o cinco millones de años, podemos afirmar que desde el carbonífero han pasado cinco veces más de años: en la época carbonífera no habitaban ni los mamíferos ni las aves en las tupidas selvas de aquel período ni apenas los reptiles, pues entonces los animales más perfecto que existían eran los sapos y las salamandras.

La hipótesis tan arraigada en todas partes de la existencia de un clima tropical durante el período carbonífero fué desvirtuado por el hecho de que la mancha de antracita de Chan-Si en China, cuya extensión es de miles de kilómetros cuadrados, corresponde a la arenisca roja inferior, es decir, al período frío de la Era Paleozóica. En los trópicos actuales no existen yacimientos hulleros, es decir, correspondientes al carbonífero superior, y no podemos admitir un desplazamiento de los polos terrestres desde aquella lejana época hasta el presente. Como para el desarrollo extraordinario de la vegetación y la producción de la hulla se requiere la humedad, o sea la abundancia de lluvias durante todo el año, los contrafuertes de las cordilleras inmediatas a los océanos así como las planicies costeras a su pie son lugares adecuados para la exploración de estos yacimientos. Efectivamente, la costa occidental de Chile y la del Sur de México, la de Nueva Zelanda y la del pie del Himalaya donde la humedad absoluta y la

uniformidad de las precipitaciones favorecen el crecimiento de las plantas, son lugares adecuados para la formación de la hulla.

Pero no es bastante el calor y la humedad para el desarrollo de la vegetación, sino que es preciso abunden las sustancias minerales indispensables para su nutrición, como la potasa, procedente de la obtención de las rocas hipogénicas (granitos y gneis con feldespatos alcalinos), el ácido fosfórico que se encuentra en los fosfatos de cal de las rocas eruptivas, y la cal.

Resulta de lo expuesto que en los contrafuertes de las montañas, donde dichas materias nutritivas alcanzan mayores proporciones, son lugares adecuados para el desarrollo de grandes bosques, y consecuentemente, para originar yacimientos carboníferos en épocas pasadas. Así vemos que los lignitos y las hullas de Silesia se extienden a partir del levantamiento de las Montañas Sudetes, es decir, que se engendraron inmediatamente después de las primeras dislocaciones de las antiguas cordilleras del período carbonífero.

Los ejemplos anteriores constituyen pruebas indirectas acerca de la producción de los carbones en épocas anteriores cuando los vegetales tuvieron a su disposición las mayores cantidades de materia nutritiva mineral al mismo tiempo que reinaba un clima húmedo y lluvioso: estas condiciones para su producción no consisten en que la superficie del suelo fuese ampliamente plana o formara mesetas elevadas, sino que debieron existir rocas eruptivas y cordilleras recién levantadas, cuyas rocas sedimentarias fuesen calizas, debiendo las eruptivas tener gran proporción de feldespatos alcalinos y de apatita.

La notable coincidencia entre las fases orogénicas del período carbonífero y la Era terciaria con las formaciones combustibles, demuestra la verdad de lo anteriormente expuesto, pues la breve duración de la génesis de la hulla responde a la brevedad y energía con que se produjo el plegamiento de altas cordilleras a mediados del período carbonífero.

Pero además de los minerales combustibles anteriormente mencionados existen las turberas actuales que constituyen el extremo opuesto a los lignitos y hullas de remotas épocas, debiendo además mencionarse las resinas y ceras fósiles y el ámbar, que no son otra cosa que el resultado de alteraciones químicas tan sólo iniciadas.

En los cienos putrefactos o sapropelos se encuentra la materia orgánica producida por organismos acuáticos (algas, moluscos y peces) con sus excrementos, ocurriendo en ellos un proceso de bituminación en el cual aparecen asociaciones de compuestos hidrogenados y oxigenados, al igual de los constituidos en la alteración de las plantas continentales, y formándose así los humus y las turberas. La destilación de los sapropelos produce un aceite a fin al petróleo, que es anrovechable técnicamente en gran escala como se hace con las pizarras de asfalto del Tiro.

La bituminización o transformación de los cienos putrefactos produce el petróleo y compuestos asfálticos, ricos en materias carbonosas, que se encuentran hoy intercalados en la corteza terrestre en tres formas distintas de yacimiento: masas irregulares bituminosas, estratificadas y de naturaleza más o menos arcillosa y calcárea; petróleos por antonomasia, líquidos (de color negro cuando impuros); gases inflamables en la superficie de ciertas regiones, donde arden desde hace miles de años.

No todos los geólogos atribuyen al petróleo el anterior origen y aceptan mejor la hipótesis volcánica. Los yacimientos de Bakú, Galitzia y Pennsylvania no tienen relación con ninguna roca eruptiva, lo que unido a la ausencia de petróleos en los estratos arcaicos y precambrianos, hacen que la mayoría de los geólogos se inclinen por la hipótesis orgánica, vista la nulidad de relaciones entre tales estratos y las rocas volcánicas. La cantidad de aceite mineral contenido en los períodos cambriano y siluriano es poca todavía, mientras que los yacimientos de Pennsylvania, que corresponden al límite entre el devoniano y el carbonífero, son ya más abundantes, observándose que después de dichos períodos el petróleo se encuentra en todos los restantes más modernos. Esta circunstancia de carácter sedimentario así como el poco peso específico del petróleo, hacen más verosímil su

origen orgánico. Pero la ausencia casi absoluta del petróleo en las formaciones hulleras procedentes de los vegetales, nos indica que la mayor parte de los componentes del petróleo debe derivarse de la putrefacción de restos animales, si bien existen pequeñas cantidades de petróleo procedentes de las algas.

Para la formación de los yacimientos petrolíferos es condición indispensable, en primer lugar, la total sumersión de los restos de animales bajo un espesor de cienos. Según Oehsenius, las aguas madres que quedan en las lagunas marinas costeras después del depósito del yeso, de la sal y de la anhidrita, producido por la evaporación del agua, han sido vertidas en el mar bajo la acción de los movimientos del suelo, ocasionando la muerte de grandes masas de animales marinos, cuyos restos quedaron sepultados en las arcillas que aquellas aguas llevaban en suspensión. Las materias albuminóideas fueron destruidas por la putrefacción que no pudo impedir el agua salada, y solo quedaron las materias grasas, fácilmente transformables en hidrocarburo saturados, según han demostrado experimentalmente Engel y Heusler por la influencia de las presiones ejercidas por los sedimentos que continuaban depositándose. En los sedimentos arenosos, y por tanto porosos, podrá operarse una putrefacción con su alteración y disolución consecutiva, pero no podrá tener lugar una acumulación de restos de animales marinos.

Las regiones petrolíferas están casi siempre cruzadas por fallas. Estos movimientos orogénicos posteriores a la formación del yacimiento primario, han *expresado* éste, por así decirlo, y han producido la *emigración* de los hidrocarburos por los terrenos permeables o por las grietas de los que no posean esta propiedad. Cuando en este recorrido se ponen en contacto con las aguas aireadas, o sulfurosas, se oxidan o sulfatan, pierden una parte de los hidrocarburos más ligeros y se transforman en los asfaltos y betunes que quedan como testigos de la emigración realizada. Para esta leixiviación de los betunes sólidos existentes en las pizarras, desempeña importante papel el agua salina, que siempre acompaña al aceite mineral: la fluidificación de los betunes sólidos por el agua salada y la ascensión del petróleo a lo largo de las fallas son las dos fases que preceden a su aparición, según la opinión de Monke y Beuschlaj, que tratan de explicar así la producción de petróleo en masas duraderas, de ilimitada riqueza, como se ha observado en los pozos de Bakú que hacen presuponer la existencia de materia en continua formación.

Donde quiera que se observe una gran movilidad del petróleo, se advierte la presencia de agua salada como acompañante invariable del mismo. Cuando el petróleo está localizado en zonas de dislocación, se lo encuentra en las charnelas de anticlinales, situado entre una capa superior de gases y un receptáculo de agua salina; por eso los sondeos encuentran agua salina en los sinclinales, y gas y petróleo en los anticlinales.

Cuando los movimientos orogénicos han puesto en contacto directo la roca madre del petróleo con formaciones arenosas, sin influencias químicas de clase alguna, o con cobijaduras de estratos impermeables, el petróleo ha quedado almacenado en ellas, para constituir un *yacimiento secundario*. A esta categoría pertenecen la mayor parte de los que actualmente se explotan en Rumanía y México, pues solo por excepción en la América del Norte se explota algún yacimiento primario.

Para que el yacimiento secundario pueda conservarse, es preciso que esté cubierto por una capa impermeable que impida la pérdida o la transformación del petróleo acumulado. El agua subterránea interviene muy directamente en la distribución del petróleo en el yacimiento secundario. Como su densidad es superior a la de éste, le obliga a concentrarse en las partes más altas, o sea en las bóvedas anticlinales.

Puede también encontrarse el petróleo en el fondo de los sinclinales, cuando el yacimiento secundario esté de tal modo protegido por capas impermeables, que el agua no pueda penetrar en él. Pero estos casos son muy raros, pudiendo citarse el de Baico (Rumanía).

En México existe otra clase de yacimientos secundarios, producidos por los diques eruptivos que interrumpen la estratificación del yacimiento primario. El petróleo asciende por la zona de contacto de la intrusión ígnea con el terreno sedi-

mentario hasta encontrar una roca permeable donde alojarse, o se acumula bajo la intrusión ígnea si su inclinación es suficientemente grande para formar una cobijadura.

A este tipo de yacimiento pertenece el petróleo encerrado en Bacuranao y que se explota desde 1914. El petróleo se acumula allí en cobijaduras formadas entre la intrusión ígnea y el terreno sedimentario.

También es condición indispensable para la conservación del yacimiento secundario, que en los movimientos orogénicos posteriores a su formación, no se hayan producido fracturas, por las que haya sido expelido el petróleo acumulado.

Prescindiendo de los casos excepcionales citados en Rumanía y México, y en el nuestro de Bacuranao, la investigación de las zonas petrolíferas queda reducida a determinar la posición de sus cúpulas anticlinales y el estudio de las fracturas que éstas hayan experimentado posteriormente a la acumulación del petróleo.

MÉTODOS GEOFÍSICOS DE PROSPECCION MINERA

El reconocimiento del suelo y del subsuelo de un país con objeto de buscar sus riquezas explotables y ponerlas en manos de la industria para su mejor utilización, constituye sin duda alguna una contribución directa e importante al desenvolvimiento de las riquezas naturales del mismo.

Las Instituciones Geológicas y Mineras que todas las naciones mantienen, realizan estos trabajos de investigación, que ofrecen importancia considerable pero que a su vez presentan dificultades inmensas, resultando costosos, de larga duración y frecuentemente infructuosos, razones por las que, sólo en casos excepcionales, pueden llevar a cabo tales investigaciones las empresas particulares.

La geología, estratigráfica y tectónica, es la guía fundamental de tales reconocimientos, por lo que es condición indispensable contar con un buen mapa geológico para preparar eficientemente tales investigaciones, cuya realización sólo puede llevarse a cabo por medio de calicatas o sondeos, obteniendo así muestras más o menos profundas del subsuelo que son entonces estudiados debidamente.

Los sondeos son costosos, difíciles y largos de ejecutar: por lo que el reconocimiento conveniente de una región exige, no sólo un capital considerable, sino también disponer del personal idóneo necesario que invierte siempre mucho tiempo en tales trabajos. Tomando como profundidad media de los reconocimientos la longitud de mil metros, cada sondeo necesita invertir por lo menos \$100,000 de capital y requiere casi un año para su ejecución.

Estas cifras explican la conveniencia de limitar el número de sondeos necesarios para investigar determinada comarca, estudiando siempre cuidadosamente su emplazamiento y buscando el máximo rendimiento, a fin de que los gastos sean los menores posibles. Reducir el número de sondeos y colocarlos en los sitios más estratégicos, son las dos aspiraciones principales de toda empresa que tienda a conocer el subsuelo de una región.

Los métodos geofísicos de investigación tienen el propósito de reducir tales gastos, y de aquí el éxito creciente con que viene empleándose en la industria geológico-minera, ya que permiten fijar los lugares más favorables para los sondeos y reducir el número de éstos, aumentando sus probabilidades de éxito, con un gasto reducido que supone una considerable economía en las investigaciones subterráneas. La aplicación de estos métodos en las investigaciones petrolíferas llevadas a cabo por los americanos han reducido en más del 50 por ciento los gastos de reconocimiento de las estructuras favorables para las acumulaciones petrolíferas en el subsuelo.

El estudio geológico de la región y el geofísico, aplicando sus diferentes métodos de investigación, son las dos guías de que se dispone actualmente para el reconocimiento del subsuelo, completándose entre sí ambos procedimientos, pues siendo fundamental el estudio geológico, los datos aportados por los geofísicos permiten completar el mapa geológico de la región.

Los estudios geofísicos son de ejecución relativamente económica, pero requieren aparatos de no pequeño costo y exigen una preparación profesional extraordinaria. Sólo la experiencia continuada puede formar el personal apto para

estas investigaciones, pues además de requerir profundos conocimientos científicos necesitan tener condiciones especiales de sensibilidad propia, para darse cuenta de las delicadas observaciones que constituyen la médula de estos métodos, así como una gran intuición para relacionar los distintos resultados obtenidos, que en la mayor parte de los casos son más difíciles de interpretar que de obtener, a pesar de no ser tarea fácil el determinarlos debidamente.

La novedad de los estudios geofísicos y los éxitos que en ocasiones se han obtenido con su aplicación y más especialmente el porvenir que les espera, ha sido causa de que muchas personas se dediquen a ellos, si bien su gran dificultad de aplicación ha concentrado en un pequeño número de sociedades las que están en condiciones de utilizarlos debidamente, perfeccionando los métodos de más interés y dándoles un carácter secreto para obtener con ellos un elevado beneficio industrial.

Dos graves inconvenientes prácticos presentan los estudios geofísicos, pues se necesita antes que nada elegir entre los numerosos procedimientos existentes aquellos que ofrezcan más garantía técnica y luego aplicar debidamente el procedimiento elegido.

Entre los métodos geofísicos se pueden distinguir dos grupos: el que estudia los campos naturales de fuerza y el que se refiere a los producidos artificialmente. Entre los primeros se encuentran:

El método gravimétrico.

El método magnético.

El método eléctrico de polarización espontánea.

El método radio-activo.

Entre los segundos podemos citar:

El método sísmico.

El método eléctrico.

En la imposibilidad de tratar en este informe de todos los citados métodos, nos vamos a limitar a dar algunas ideas sobre los principios en que se basa el método gravimétrico y dar también algunas referencias sobre el método sísmico, por ser ambos los que según nuestras noticias se han utilizado únicamente hasta ahora en Cuba.

Los procedimientos gravimétricos pueden reducirse a tres grupos principales. *Medidas pendulares*, tanto absolutas como relativas. *Determinación astronómica de direcciones*, para fijar la dirección física de la vertical. *Medidas de gradientes*, para determinar sus variaciones locales.

La intensidad local de la fuerza de la gravedad se expresa en dinas o centímetros por segundo, en cada segundo, y se la representa por g . La variación g de un punto a otro situado a la distancia uno del primero en la dirección conveniente para que aquella variación sea máxima, es lo que se llama *gradiente máximo de la gravedad*.

Como unidad práctica de medida se emplea en la prospección la *unidad de Eötvös*, que es la mil millonésima de dina. Como esta última es, sensiblemente, la milésima de g , dado que

$$g = 980 \text{ dinas,}$$

resulta que la unidad Eötvös es una billonésima parte del valor total de la gravedad.

La variación de una unidad Eötvös, produce una desviación de 15 segundos en la balanza de torsión, perfectamente apreciable en el registro fotográfico, siendo esta enorme sensibilidad la causa de sus importantes aplicaciones.

Las anomalías de la gravedad calculada por medio de los péndulos sólo pueden utilizarse para el estudio geológico de conjunto, de grandes extensiones de terreno. Pero si se trata de precisar accidentes geológico-técnicos de las capas superficiales del subsuelo, hay que recurrir a mediciones de mayor exactitud que las suministradas por los péndulos.

El Barón de Eötvös, eminente físico austriaco, ideó un notable aparato llamado *balanza de torsión*, con el que se pueden medir los gradientes máximos horizontales y las magnitudes que nos determinan la curvatura de las superficies de nivel, en unidades del noveno orden decimal del sistema C. G. S. Esta precisión tan extremada permite aplicarla con éxito al problema de la prospección.

Este instrumento delata con gran seguridad, ligeras diferencias en el valor de la gravedad de un lugar a otro sobre la superficie de la tierra.

La balanza debe ser consultada cada hora durante cinco sucesivas, después de lo cual ese instrumento se desmonta y se coloca cuidadosamente en cajas especiales construídas al efecto, trasladándolo junto con su caseta a los otros lugares de la región que habrán de ser estudiados al punto de vista de la intensidad de la gravedad terrestre.

El instrumento permite definir los lugares donde existen superficies anticlinales, así como revela la existencia de sinclinales en las capas sedimentarias del subsuelo. Para que sus indicaciones sean buenas se necesita preparar el terreno inmediato en los alrededores del instrumento, haciendo desaparecer las menores desigualdades de la superficie del mismo, dentro de un radio de cinco metros a todos los vientos. Con tal motivo se prepara una superficie plana antes de colocar el instrumento en estación y hacer las anotaciones suministradas por el mismo.

Antes de iniciar la perforación de un pozo por los datos suministrados por la balanza de torsión es conveniente comprobar estos resultados con otros instrumentos geofísicos, pues se presentan con frecuencia fracasos de importancia. Cuando algunas porciones de la corteza terrestre están sometidas al empuje de grandes fuerzas que actúan sobre ellas produciendo pliegues en los estratos, la máxima compresión se presenta en el anticlinal, por lo que las rocas son más compactas en los anticlinales que en los sinclinales. Cuando el empuje ha sido reciente, las rocas mayormente comprimidas, llegan hasta más cerca de la superficie y ejercen por tanto un mayor efecto sobre la balanza de torsión que las rocas que están por debajo de los sinclinales. Como la balanza es un instrumento sumamente delicado que acusa pequeñas diferencias en el valor de la gravedad, es posible levantar planos que dan una idea de la clase y forma de los pliegues subterráneos.

Peró siempre caben errores al establecer las consecuencias de los datos tomados sobre el terreno, resultando que en lugar de un anticlinal, la sonda encuentra rocas eruptivas en las que no es posible encontrar petróleo. Un caso de éstos ocurrió en Venezuela recientemente a una de las principales compañías perforadoras, que inició un pozo en un lugar favorable según la balanza de torsión y a los 1,500 pies de profundidad encontró una roca granitoide inmediatamente debajo de una capa de arcilla. Por eso es conveniente practicar investigaciones por otros procedimientos geofísicos que completen los datos tomados por la balanza de torsión.

En todos los estudios de prospección minera por métodos geofísicos, es indispensable conocer de antemano todos los accidentes geológicos susceptibles de ser estudiados, bien sea en la misma zona de investigación o en las próximas de constitución análoga. También se necesita fijar de un modo preciso los términos del problema que se pretende resolver, a fin de no caer en errores lamentables. Por ejemplo, si el propósito perseguido es determinar la posición de la cúpula de un anticlinal en una región petrolífera y todos los gradientes calculados tienen una dirección análoga, podremos afirmar, por exclusión, que en la zona estudiada no existen estructuras anticlinales.

La balanza no debe emplearse en zonas de constitución topográfica accidentada, pues la influencia de las irregularidades de la superficie del terreno sobre los gradientes es tan grande que en una estación colocada en el fondo de un barranco de algunos centenares de metros de anchura, se obtendrán los valores correspondientes al eje de un sinclinal aun en el caso de que sea anticlinal la estructura geológica del subsuelo.

El método sísmico de prospección se funda en las distintas clases de ondas que se producen en los estremecimientos naturales del suelo, originados por perturbaciones que ocurren en la corteza terrestre. Para pequeñas distancias epicentrales se registran dos clases de ondas longitudinales distintas a la llegada del movimiento sísmico. Las investigaciones de Mohorovicic han permitido establecer que las llamadas ondas *individuales* que se propaga por la capa superior de la corteza terrestre van directamente desde el hipocentro a la estación sísmo-

gráfica, sin experimentar refracción alguna, y que otras ondas llamadas *normales* al salir del hipocentro se dirige a la superficie de separación de dos clases de estratos se refractan en ella dos veces y vuelven a salir al exterior.

Las leyes de propagación de las oscilaciones elásticas tienen un gran parecido a las leyes de la propagación de la luz: los fenómenos luminosos aparecen como resultado de oscilaciones elásticas transversales, por lo que en la propagación de las ondas sísmicas, cuando el movimiento pasa de un medio a otro, habremos de encontrar con ciertos fenómenos que corresponden a los de reflexión y refracción de la luz. Cuando ésta pasa por la superficie de dos medios de distinta densidad se producen dos rayos: uno reflejado y otro refractario. Pero en la propagación de las ondas sísmicas en la corteza terrestre, cada una, sea longitudinal o transversal, produce, en general, al pasar por la superficie que separa dos capas de distintas propiedades físicas, cuatro ondas: dos longitudinales, una reflejada y otra refractada, y otras dos transversales de las mismas clases.

Existen también las *ondas superficiales*, que se propagan por la superficie terrestre del mismo modo que las ondas líquidas se extienden por la superficie del agua cuando sobre ésta se tira una piedra y la encuentra a ella en reposo.

Son las ondas *normales* las que se utilizan en la prospección sísmica. Cada clase de roca se determina por una velocidad característica, que oscila entre algunos cientos y algunos miles de metros: de modo que si por medio de los sismógrafos podemos medir esta velocidad, se puede deducir la clase de medio atravesado por el rayo sísmico. La determinación sistemática de estas velocidades, en los diversos lugares de una zona de estudio, por medio de sismógrafos apropiados, permite efectuar el conocimiento tectónico del subsuelo, fijando la profundidad a que se encuentran las capas de areniscas impregnadas de petróleo.

Vemos así como el método gravimétrico que sirve para revelar la existencia de anticlinales y sinclinales subterráneos, se complementa con el método sísmico que resuelve el problema de conocer la profundidad a que se encuentran las acumulaciones petrolíferas existentes en los anticlinales.

ACTIVIDADES MINERAS DE LA SECRETARIA DE AGRICULTURA

La Dirección de Montes, Minas y Aguas viene laborando incesantemente, desde hace treinta años, en pró del desarrollo de la riqueza minera del país, prestando todo el auxilio técnico que sus escasos recursos económicos le han permitido, a todos los que se interesan por el descubrimiento de minerales, y por la explotación de los yacimientos conocidos. Merced a ella muchas personas han comprendido la importancia de sus registros, siendo uno de tantos ejemplos a mencionar, quizás el más importante, cuando el Ingeniero que suscribe, en una visita oficial que hizo al Valle de Viñales para el reconocimiento de unas supuestas capas carboníferas, tuvo la oportunidad de recibir la consulta del entonces Alcalde Municipal de Pinar del Río Dr. Alfredo Portas y Rojas, ya desgraciadamente desaparecido, pero cuyo hijo es factor importante de esta Convención, quien me llevó a su domicilio particular y me enseñó unos ejemplares de hidrocarbonatos de cobre que había encontrado en una Sierra del Municipio muy pocos meses atrás, solicitando mi opinión sobre ellas. El que suscribe estaba habituado a conocer mineral y minas de cobre, pues durante el estudio de la Ingeniería de Minas en la Escuela Especial de Madrid (España) tuvo la oportunidad de visitar en dos ocasiones las famosas minas de Río Tinto y Tharsis en la provincia de Huelva, una de las mayores acumulaciones de piritas ferro-cobrizas que existen en el mundo y propiedad hoy de diversas Compañías inglesas: por tal circunstancia, comprendí desde el primer golpe de vista que las muestras que tenía sobre una silla de la sala el Licenciado Portas era algo de importancia extraordinaria, pues de ellas aparecían además de la malaquita y la azurita, pedazos pequeños de cuprita y de cobre nativo, reveladoras todas estas especies de la importancia del yacimiento, ratificado en mi espíritu por la contestación afirmativa que el Sr. Portas me daba a las preguntas que le hice sobre la existencia en el lugar de *monteras* de hierro de alguna consideración.

A los pocos meses de aquella entrevista, el Dr. Portas después de fracasar

en hacer negocio para la explotación de sus minas con el Sr. Echevarría, residente en Cárdenas, y convencido de la bondad de los yacimientos, tuvo la oportunidad de conseguir que el conocido Ingoniero Don Manuel Luciano Díaz, que fué Secretario de Obras Públicas en el Gobierno de Don Tomás Estrada Palma, se interesara en el negocio y aprontara el dinero necesario para iniciar la explotación de la mina "Gustavo Alfredo". Las primeras labores fué un socavón y cuando el propio Sr. Díaz desesperanzado de la empresa por los gastos que ya había sufragado dió la orden de paralizar los trabajos, un Capataz español los continuó por su propio empeño y encontró a los pocos días la *bonanza* principal del yacimiento, que permitió a sus dueños recuperar en corto tiempo el capital invertido y obtener pingües beneficios, dando así a la economía nacional la mina de cobre más importante de las conocidas y trabajadas en Cuba en todos los tiempos de su historia.

Otra contribución importante que el Departamento Oficial que me honro en encabezar ha prestado al desarrollo de la minería cubana, ha sido el de las minas de nafta y gases combustibles de Motembo. Cuando, a virtud de los fracasos experimentados en los sondeos buscando petróleo que se hicieron entre los años 1911 a 1916, ya nadie creía en la existencia del petróleo en Cuba, el Ingeniero que informa publicó un folleto destinado a describir la concesión minera "San Juan", dando los detalles necesarios para el aprovechamiento de sus gases húmedos y de la nafta allí descubierta desde el año de 1884; dicha publicación la hice el año 1917 y fué la base para que una Compañía constituida con capitales españoles iniciara las perforaciones en dicha zona, que dieron por resultado el alumbramiento de bolsasadas naftíferas de importancia comercial y sirvió de aliciente para que nuevos investigadores acudieran a la región de Motembo, convirtiéndola en lo que hoy es: o sea una zona importante de producción de gasolina natural, capaz de rendir al país más de dos millones de galones anuales de nafta.

Los Ingenieros de Minas de la Secretaría de Agricultura han prestado al país otras muchísimas contribuciones importantes que sería largo y cansado exponer ahora; merced a sus orientaciones técnicas, un gran número de minas se han puesto en explotación y otras no han sido consideradas por sus dueños, pues era evidente se trataba de apariencias engañosas, y al capital se le debe siempre encauzar hacia lugares adecuados y de éxito positivo, pues de lo contrario las pérdidas originadas sólo sirven para descrédito y hacer auyentar a otras personas interesadas en esta clase de inversiones.

Es también justo consignar que la minería del hierro y del manganeso deben muchísimo a los desaparecidos hermanos Eugenio y Pedro Aguilera, hijos del inmortal patricio Francisco Vicente Aguilera, quienes después de luchar en los campos de batalla a las órdenes del Titán Maceo por la independencia de Cuba, dedicaron después sus energías a descubrir zonas mineras dentro de la Provincia de Oriente, aconsejando su explotación a capitalistas americanos. Eugenio Aguilera fué el que acompañó y mostró a Charles F. Rand los inmensos yacimientos ferruginosos de Mayarí, Moa, Levisa y Cabonico, que son hoy uno de las mayores riquezas de Cuba y que propiciaron después otras denuncias en Camagüey y Pinar del Río, en donde la conceida Loma de Cajalvana, en Consolación del Norte muestra un yacimiento de hierro análogo a los de Mayarí: sabido es que el aguzado espíritu industrial de Mr. Rand, Presidente entonces de The Spanish American Iron Company, hizo que se diera cuenta de la importancia del hallazgo y después de muchas luchas y esfuerzos con sus propios subalternos, llevando a los Estados Unidos cinco mil toneladas de la mina "Candelero" como vía de ensayo práctico, consiguió que los raíles manufacturados con dicho mineral se usaran en las vías de la Pennsylvania R. R. Company con resultados completamente satisfactorios, demostrando que el mineral de hierro de Cabonico reunía las condiciones necesarias para la fabricación del acero, no solamente para las formas comunes como raíles, vigas, etc. sino que por su contenido de níquel se presta para elaborar un acero de superior calidad. Estos esfuerzos de Mr. Rand, auxiliado entusiastamente por los hermanos Aguilera, fueron coronados por el éxito y el capital americano resol-

vió practicar una extensa explotación del mineral de hierro que antiguamente se consideraba como una "tierra colorada". Surgió así el poblado y Planta de Desecación de Felton, las costosas instalaciones hechas en las Minas de Mayarí y el beneficio consiguiente para la Bahía de Nipe y para toda la Provincia de Oriente.

Constituye para mí un excelso orgullo declarar lo que es bien sabido de todos vosotros: o sea que el difunto Eugenio Aguilera Kindelán, fué Ingeniero Jefe de Minas de esta Provincia durante casi treinta años y que sus esfuerzos por la explotación de las minas de hierro y de manganeso, constituyó una contribución brillante de la Secretaría de Agricultura en beneficio del desarrollo de la riqueza minera cubana. Su hermano Pedro, ligado a Eugenio por fuertes lazos de cariño fraternal, y espiritualmente unido al Departamento Oficial de Minas, fué quien reanudó la explotación de las minas de Ponupo, por lo que sus actividades y gestiones hay que considerarlas también en el haber de la Dirección de Minas, actualmente a mi cargo.

Otro de los servicios importantes que la Secretaría de Agricultura presta a los mineros, consiste en los análisis gratis que el Laboratorio Químico, Mineralógico y Petrográfico de la Dirección de Montes, Minas y Aguas hace de todas las muestras de rocas y minerales que se nos mandan, clasificando igualmente los fósiles que se nos remiten. Esta labor callada y eficiente es merecedora de que el gran público la conozca, pues los resultados de nuestros análisis han sido siempre comprobados por los mejores Laboratorios particulares de los Estados Unidos y de la Habana, a donde muchos desconfiados remitían simultáneamente las mismas muestras, creyendo y pensando que encontrarían diferencias entre nuestros análisis y dichos afamados Laboratorios. Para dar una idea de la intensidad y mérito con que trabajan los funcionarios técnicos del Laboratorio de Minas, diremos que durante el año fiscal comenzado el 1º de julio de 1937 y terminado el 30 de junio de 1938, se hicieron 568 análisis de los cuales correspondieron 129 a muestras de la Provincia de Oriente, 119 a minerales y rocas de Pinar del Río, 108 a la de Santa Clara y el resto distribuido entre las restantes provincias.

Pasando ahora a la labor legal de la Dirección, a los efectos de ordenar los preceptos vigentes para beneficio de los mineros que deben cumplirlos, debo citar, en primer término, para seguir el orden cronológico de los sucesos, el Reglamento Orgánico para la Minería Cubana promulgado en Septiembre de 1914 y que mereció al Ingeniero que suscribe una felicitación del entonces Secretario de Agricultura, el General Emilio Núñez, de esclarecida memoria en los anales de la Historia de Cuba, por ser dicho Reglamento, a juicio del Secretario de Justicia de aquella época, el Dr. Cristóbal de la Guardia, "una obra monumental de ordenación, aclaramiento y concordancia de las innumerables Leyes, Reglamentos, Reales Ordenes, Decretos, Ordenes Militares y Acuerdos del Consejo de Secretarios que venían rigiendo en materia de minas. obra que honra a su autor y al Gobierno que la hace suya".

La bondad de dicho Reglamento ha quedado demostrada, por cuanto haciendo ya 24 años que está vigente no se ha confrontado la necesidad de modificarlo, salvo ligeros detalles que no perturban en nada la armonía de su conjunto y la legalidad de sus disposiciones. Múltiples pleitos se han evitado entre los mineros por dicho Reglamento, que puso al alcance de todos los preceptos a que deben atenerse los dueños de fincas y los interesados en descubrir y explotar minerales.

Para hacer aún más clara la historia de nuestra Legislación, sus orígenes desde el comienzo de la dominación española y los antecedentes indispensables para todo hombre de negocios que quiera dedicar sus actividades a la industria minera, el Ingeniero que os informa publicó, merced al auxilio económico que le brindó la Sociedad Editorial Cuba Contemporánea, y la Secretaría de Agricultura, completando el resto con sus propios recursos, la obra titulada *Derecho Minero Cubano* compuesta de dos tomos, el primero con 675 páginas y el segundo de 692 páginas. Esta contribución a la minería cubana ha surtido favorables consecuencias, por la colaboración que en dicha obra han encontrado

todos los que han tenido que resolver problemas de índole legal minera en nuestro país: y la cito no por vanidad personal, sino simplemente por el esfuerzo que ella revela y por haber sido auspiciada y alentada por la Secretaría de Agricultura.

Verdadero caos reinaba desde épocas antiquísimas en la explotación de la sal marina, y de las arenas existentes en nuestras playas, zona marítima y ríos de la República. Ninguna Autoridad administrativa conocía quien era la competente para autorizar tales permisos, por los cuales el Estado nada percibía. Unas veces eran los Ingenieros de Obras Públicas quienes daban la autorización solicitada por el explotador: otras veces eran los Administradores de las Aduanas los que extendían los permisos para sacar arenas del mar. En cuanto a la sal, era extraída libremente de cualquier lugar, sin producir a la Nación ventaja alguna de orden fiscal.

El Ingeniero informante tuvo la iniciativa de estudiar a fondo ambos problemas legales y consiguió la promulgación del Reglamento para la recolección y conducción de la Sal nacional, de 2 de mayo de 1931, que viene dando al Tesoro Público grandes beneficios, sin que por eso aumentara el valor de la sal consumida por el público: posteriormente obtuvo también la aprobación del Reglamento para las Arenas marítimas fluviales y de yacimientos minerales, con fecha 26 de febrero de 1932, consiguiendo así para el Estado una fuente de ingresos de que antes carecía y poniendo orden en la explotación de las arenas existentes en el litoral marino, Cayos que bordean la Isla, y en el cauce de muchos ríos impidiendo los saqueos y extracciones abusivas que antes se hacían con gran peligro para la estabilidad de las costas y seguridad de las poblaciones aledañas.

Estos dos Reglamentos fueron confeccionados pensando, el que suscribe, que tanto la sal como las arenas son sustancias del reino mineral, y, por tanto, sometidas a la fiscalización y competencia de la Dirección de Minas. Una Ley posterior a ambos, pasó la jurisdicción técnica del aprovechamiento de dichas dos sustancias minerales a la Marina de Guerra Constitucional.

Incansable y fecunda ha sido la labor del Departamento de Minas en dar a conocer al público nacional y al extranjero, los lugares donde tenemos acumulaciones minerales importantes dignas de constituir una explotación industrial, así como en facilitarle cuantos datos de índole comercial necesitan para poder vender sus minerales. Por iniciativa del Ingeniero Antonio Calvache y redactada por el mismo, desde el mes de mayo del corriente año, se viene publicando en el "Boletín Agrícola para el Campesino Cubano", que aparece semanalmente y que distribuye unos 10.000 ejemplares, una interesante Sección titulada "Notas Diversas sobre Minería" donde aparecen todas las noticias mercantiles que pueden interesar a los compradores y vendedores de minerales cubanos, dando notas sobre la estadística, cantidades exportadas de minerales, constitución de compañías, precios del mercado de metales, características de nuestros principales yacimientos, ofertas y demandas de todas clases relativas a minas concedidas y en explotación, y cuantas actividades más se refieran a la minería.

Durante el tiempo que desempeñó la Dirección de Minas el Ingeniero Pablo Ortega y Ros, graduado de la Escuela de Minas de Bruselas, tuvo el feliz acierto de traducir el "Informe sobre un Reconocimiento Geológico de Cuba" que redactaron en inglés el año de 1901, los notables geólogos americanos C. Willard Hayes, T. Wayland, Vaughan y Arthur C. Spencer, poniendo al alcance de los mineros cubanos los precisos estudios y valiosas observaciones de tan distinguidos científicos. De esta traducción se han hecho ya cuatro ediciones: y es inmenso el número de personas que han recibido de su lectura beneficios prácticos en sus negocios de minas. También ha sido bien aprovechado por los Profesores de nuestros Institutos y Escuelas Normales y de Comercio, que constantemente ponen a sus alumnos temas cuyo desarrollo implica el conocimiento de la geología del país.

También se debe al Sr. Ortega el feliz acierto de iniciar la publicación del Boletín de Minas, cuyo primer número apareció en el mes de julio de 1916, y del cual han aparecido ya 16 números en las fechas siguientes:

- Nº 2.—Enero de 1917.
- Nº 3.—Julio de 1917.
- Nº 4.—Enero de 1918.
- Nº 5.—Año de 1919.
- Nº 6.—Año de 1920.
- Nº 7.—Julio de 1923.
- Nº 8.—Agosto de 1925.
- Nº 9.—Junio de 1926.
- Nº 10.—Diciembre de 1926.
- Nº 11.—Septiembre de 1927.
- Nº 12.—Junio de 1928.
- Nº 13.—Diciembre de 1928.
- Nº 14.—Año de 1929.
- Nº 15.—Año de 1937.
- Nº 16.—Año de 1938.
- Nº 17.—Año de 1938.

Excepto los tres últimos números, todos los demás se encuentran completamente agotados, lo que prueba lo interesante de su lectura y el gran acopio de datos y observaciones que contienen sobre cuanto vale y significa en la minería cubana. Infinitas peticiones recibimos sobre los números agotados, sin poder complacer la solicitud de tales interesados, que conocen el valor positivo de dichos Boletines.

Pero no sólo en la actividad minera ha colaborado la Dirección que me honro en encabezar, sino que sus estudios se han extendido al campo de la hidrología, reportando beneficiosos antecedentes a muchos problemas de índole nacional: Así cuando la construcción del nuevo Acueducto de Santiago de Cuba, sus Ingenieros Roque Allende y Antonio Calvache hicieron reconocimientos geológicos de utilidad manifiesta para determinar el emplazamiento adecuado de las distintas secciones de dicho Acueducto y que fueron publicados en los números 8 y 9 del Boletín de Minas.

En el problema de ampliar el Acueducto de Albear, que es el único con que hoy cuenta la Habana, también la Dirección de Minas cooperó eficientemente, pues el estudio geológico realizado por el difunto Ingeniero Roque Allende sobre la cuenca del Río Almendares y su relación con los manantiales de Vento, que apareció del Río Almendares de Minas número 9, es hoy día consultado a diario por la Comisión de Ingenieros nombrada por el Poder Ejecutivo y por el Alcalde Municipal de la Habana para que confeccionen el plano de las obras de ingeniería que es preciso realizar urgentemente para dotar a la Capital de Cuba de un abasto de 140 millones de galones diarios de agua potable que necesita su, cada día creciente, población. Además, en el Boletín núm. 12 el mismo Ingeniero Sr. Allende amplió sus estudios geológicos sobre las cuencas hidrográficas de Aguada del Cura, Río de San Antonio de los Baños y Laguna de Ariguanabo para deducir sus posibles conexiones con los manantiales de Vento: trabajo que, al igual que el anterior, se encuentra de nuevo en consulta por los Ingenieros mencionados.

Entre los Boletines de Minas se destacan dos, singularmente, por su inusitado valor: son los números 11 y 13; el primero que es una Monografía completa sobre los yacimientos de cobre en Cuba: y el segundo, que se dedica únicamente al estudio del asfalto y del petróleo. El gran interés de ambos números hizo que se agotaran rápidamente. Ambos fueron confeccionados por el Ingeniero Roque Allende, que dedicó los últimos años de su vida a estudiar con el mayor ahinco, desinterés y entusiasmo la geología y metalogenia del país.

Hasta que se promulgó la Ley de Minerales Combustibles de 9 de mayo de 1938, la Dirección de Minas carecía de recursos para ir trabajando en el levantamiento del plano geológico y de tierras de Cuba. Pero la situación económica ha variado favorablemente, merced a los recursos obtenidos por el "Fondo Especial de Minas" creado por el artículo XXV de dicha Ley, que se destina en un 75% para el fomento y desarrollo de la minería y el 25% restante para los trabajos del Catastro Nacional.

A virtud de la existencia actual de dicho fondo, el Honorable Secretario de Agricultura, el Ingeniero José García Montes ha dictado ya las apropiaciones adecuadas para iniciar inmediatamente los estudios geológicos y edafológicos tendientes al levantamiento de los planos antes señalados, habiendo ya organizado dos Comisiones permanentes; la una de Geología e Hidrología, y la otra del Catastro y Tierras, las cuales dentro de breves días comenzarán sus labores. La de Geología, en la provincia de la Habana: la de Tierras en la provincia de Oriente, para clasificar los terrenos que indiquen como regables los Ingenieros que estudian hoy día las zonas de los ríos Yara y Buey al punto de vista de regar con sus aguas unas 800 caballerías de tierra, originando en el extremo oriental de Cuba una zona de tanta riqueza agrícola como Güines.

El Ingeniero Sr. Calvache ha impulsado, con sus reconocimientos y estudios sobre el terreno, así como con sus consejos técnicos posteriores, la exploración y trabajos que se realizan o han realizado en el coto cromífero de Sagua de Tánamo, zona aurífera de Jobabo, región petrolífera de Yara, coto cuprífero de Tiguabos, zona niquelífera de San Antonio del Sur (Guantánamo), región cuprífera del Dátil (Bayamo), y formación tungstífera de Isla de Pinos; contribuyendo también en la investigación de arcillas refractarias, kaolín, magnesita y barita, materiales todos de gran interés para la industria moderna.

Tal es, a grandes rasgos, y sin entrar detalles que, aunque pequeños, tienen en sí mismos importante significación, la labor realizada por el Departamento de la Secretaría de Agricultura que tiene a su cargo todo lo relacionado con la inspección, vigilancia y fomento de las explotaciones mineras, la confección de planos geológicos e hidrológicos, agronómicos e hidrogeológicos, locales y generales, así como el estudio de los yacimientos metalíferos y combustibles que existan en el territorio nacional. Esa Primera Convención Nacional de Minería podrá apreciar nuestra entusiasta labor y deducir de ella las enseñanzas y acuerdos que estime convenientes para el beneficio y engrandecimiento de la minería cubana.

La Habana, para Santiago de Cuba, a 22 de noviembre de 1938.

JOSE ISAAC CORBAL,
Ingeniero de Minas.
Director de Montes, Minas y Aguas.