

HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES GEOLOGICAS EN COLOMBIA NOTAS A PARTIR DE LA SEGUNDA MITAD DEL SIGLO XIX

ARMANDO ESPINOSA B.

Las investigaciones geológicas en Colombia tuvieron antecedentes históricos durante la Época Colonial y los primeros años de la República, principalmente en las expediciones científicas (La Condamine, Expedición Botánica, Humboldt, y Boussingault) y el Plan razonado para la creación de un cuerpo de Ingenieros Mineralógicos. Esta larga época corresponde al nacimiento de la Ciencia en Colombia.

Entre 1850 y la actualidad hay hechos sobresalientes que definen períodos de desarrollo en la historia de las Ciencias de la Tierra como son: la fundación de la Escuela de Minas de Medellín (1887), el nacimiento de la Comisión Científica Nacional (1917), la creación del Ministerio de Minas y del Servicio Geológico Nacional (1940) y la creación del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, Ingeominas (1969).

El periodo 1850-1887 es una época de exploraciones, adelantadas principalmente por naturalistas europeos. Al mismo tiempo se forman los primeros geólogos colombianos pero, dada la situación política, social y económica del país, no hacen aportes al conocimiento del subsuelo nacional.

Entre 1887-1917 la mayor parte de la actividad geológica se adelanta en Antioquia, bajo el impulso de la Escuela Nacional de Minas. Es la época de los pioneros entre los cuales se destacan Tulio Ospina y Juan de la Cruz Posada.

La creación de la Comisión Científica Nacional, precursora del Servicio Geológico, abre una nueva etapa de las investigaciones geológicas con valiosas contribuciones de eminentes sabios europeos y de algunos colombianos. Durante este periodo se inician las investigaciones geológicas más o menos sistemáticas y se sientan las bases para el desarrollo minero e industrial del país.

El año de 1940 inicia una época crucial en el desarrollo industrial y tecnológico de Colombia, con la necesaria contribución de los estudios geológicos básicos. Prueba de lo anterior es la creación del Ministerio de Minas y Petróleos y del Servicio Geológico Nacional. Esta última institución hereda la brillante tradición de la Comisión Científica Nacional y, bajo el impulso de científicos del calibre de Enrique Hubach llega a producir lo que se podría llamar la Edad de oro de las investigaciones geológicas en Colombia. Los estudios geológicos básicos realizados en este periodo son indispensables para el desarrollo de la industria siderúrgica, la del cemento, la industria hidroeléctrica, las grandes obras de ingeniería y otras.

Con la fundación en 1969 del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, Ingeominas, se institucionalizan las investigaciones geológicas sistemáticas del subsuelo nacional. El nuevo instituto acomete la importante tarea de la exploración sistemática y de la cartografía geológica del territorio nacional. Al mismo tiempo se desarrollan las Sociedades Geológicas, se institucionalizan los Congresos Geológicos, se reglamenta la profesión, se consolidan las facultades de geología existentes y se fundan nuevas escuelas.

Introducción

Como una contribución de Ingeominas al proyecto Historia Social de la Ciencia en Colombia, del Fondo de Investigaciones Especiales Francisco José de Caldas, COLCIENCIAS, esta monografía pretende dar un panorama de la evolución social de las Ciencias Geológicas en Colombia a partir de 1850.

Una primera aclaración que se hace necesaria está relacionada con el objeto del estudio. Entenderemos por Ciencias de la Tierra aquellas ramas de la geología que persiguen el conocimiento de los fenómenos geológicos fundamentales, su implicación en los procesos de formación del subsuelo y su aplicación en la búsqueda de recursos mineros. En el sentido de esta definición cabrá dentro de este estudio la exploración minera pero no la explotación de recursos mineros, actividad que constituye sólo una técnica relacionada con las Ciencias de la Tierra y con la Ingeniería.

La historia social de las ciencias de la tierra en Colombia es un proceso complejo, determinado por la numerosas e intrincadas interacciones entre Ciencia y Sociedad. Un primer elemento de análisis aparece sin embargo rápidamente. En Colombia, país con acentuada vocación minera, la geología parece desarrollarse como subproducto de la minería. Esta constatación puede parecer lógica para nosotros, pero hay que recordar que no es válida en la mayoría de los casos. El mismo nacimiento de los conceptos fundamentales en geología en el siglo XVII (Nicolás Steno, Robert Hook) estuvo completamente desligado de la cuestión minera; además el desarrollo de la geología moderna en los siglos XVIII y XIX, aunque en algunos casos tuvo lugar en provincias mineras (Werner en Freiburg), casi siempre ocurrió en regiones no mineras (de

Saussure en Suiza, Hutton en Escocia), o al margen de la minería (Lyell y Darwin en Inglaterra). Así pues, el nacimiento y desarrollo de la geología, que en Europa parece ser un fenómeno puramente intelectual con consecuencias económicas, podría tener en nuestro medio características opuestas; la minería sería el motor del desarrollo científico en este campo.

A lo anterior viene sin embargo a sumarse otro aspecto digno de ser tenido en cuenta. Los intereses económicos han sido también con frecuencia un freno a la actividad científica en geología. El siguiente puede ser un buen ejemplo. En 1783 José Celestino Mutis, después de haber intentado durante años la explotación de diversas minas de plata, decide, ante la dificultad de la tarea, traer al Nuevo Reino a don Juan José D'Elhuyar, descubridor del wolframio, considerado en la época como uno de los científicos más notorios de España y aun de Europa. Juan José D'Elhuyar había estudiado la química, la mineralogía, la minería y la metalurgia con los mejores maestros europeos de la época: Marin Rouelle en París, Werner en Freiburg, y Bergman en Upsala, y se puede afirmar que a su llegada a Nueva Granada, en 1784, estaba en capacidad de realizar una brillante tarea científica. El historiador Stig Ryden no dudó en calificarlo como el hombre más importante de la ciencia española del siglo XVIII, elogio que cobra su verdadero valor si se tiene en cuenta que se trata del siglo de la Ilustración. Pero apenas llegado comienza el drama de D'Elhuyar como hombre de ciencia, pues se le asigna la limitada tarea de dirigir las minas de plata de Mariquita, las más importantes del virreinato desde el punto de vista económico. Tarea limitada por diversas razones: área de acción y de investigación restringida, carga administrativa demasiado pesada, fun-

ciones simplemente técnicas pero no científicas, etc. Resumiendo, se sacrifica al sabio en aras de los intereses económicos. Fausto D'Elhuyar, hermano de Juan José, es probablemente menos brillante pero tiene mejor suerte: es nombrado en 1792 director de la Nueva Escuela de Minas de México desde donde, con equipos y tiempo suficiente, amén de un buen grupo de científicos, puede adelantar un importante trabajo de docencia e investigación.

La dualidad es pues probablemente la principal característica del efecto de la demanda social sobre el desarrollo de la geología en Colombia. Si por una parte las necesidades económicas (minería) han sido el germen de la ciencia geológica, por otra parte se han constituido con frecuencia en su principal obstáculo. Quizás se podría comparar esta situación con el fenómeno físico de la caída libre de un cuerpo en la atmósfera. Según la ley de Newton el cuerpo sufre una aceleración, o sea un aumento constante de la velocidad, pero al aumentar de velocidad aumenta también la resistencia del aire hasta un momento en que se llega a una velocidad límite.

De singular importancia para este estudio es el aspecto relacionado con las diferentes ramas de las Ciencias de la Tierra a considerar, o sea, la conceptualización de la división de la geología. También está por definir el tipo de estudios geológicos que merece más atención desde el punto de vista de la Historia Social de la Ciencia. Nos parece que, salvo algunas disciplinas obviamente conocidas (mineralogía, exploración, por ejemplo), la gran división hay que situarla entre geología básica y geología aplicada, entendiéndose por geología aplicada aquella que tiene incidencia social directa: geología económica, sismología, geotecnia, vulcanolo-

gía, etc. En cuanto al tipo de estudios con mayor incidencia en la Historia Social, creemos que son los aplicados al conocimiento del subsuelo del país, sus procesos de formación y la exploración de recursos minerales. Por esta razón se insistirá en las actividades y estudios que hayan hecho aportes al conocimiento geológico de Colombia. Sin embargo, no nos detendremos en investigadores extranjeros que habiendo hecho alguna contribución a la geología de Colombia no hayan pisado nuestro suelo, por considerar que no han tenido impacto en el desarrollo social de la ciencia en Colombia, aunque sí hayan tenido alguno desde un punto de vista académico. Es el caso por ejemplo, de von Buch, D'Orbigny, Zujovic, y otros. Estos autores serían de gran importancia en la historia de los conceptos geológicos en Colombia, obra que está por escribirse y que enfocaría el problema histórico desde un punto de vista estrictamente académico.

Finalmente, nos quedan por definir los períodos de desarrollo social de la geología. Consideramos que existen algunas fechas sobresalientes que marcan nuevas etapas en ese desarrollo. La fundación de la Escuela Nacional de Minas de Medellín en 1887, primera institución geológica de Colombia, pone fin a una fase de grandes exploraciones extranjeras iniciada hacia 1850, y abre una era de pioneros nacionales. Con la creación de la Comisión Científica Nacional, 1917, se institucionalizan las investigaciones geológicas y se inicia por parte del Estado el estudio del subsuelo nacional, etapa que termina en 1940 con la creación del Ministerio de Minas y del Servicio Geológico Nacional, para dar paso a un desarrollo definitivo de las investigaciones. Finalmente en 1969 se funda el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras con lo cual se inicia el estudio verdade-

ramente sistemático del subsuelo colombiano y se diversifican las investigaciones geológicas.

Agradecimientos

El autor desea expresar sus agradecimientos a las siguientes personas: el Dr. Alfonso López R., Director General del Ingeominas, en quien siempre ha encontrado apoyo y estímulo para las investigaciones sobre Historia de la Geología; el Dr. Guillermo Hernández de Alba, historiador, maestro y guía en el campo de la Historia, principalmente de la Época colonial; y el Dr. Fernando Etayo S., geólogo del Ingeominas, por sus valiosas ideas sobre la evolución de los conceptos geológicos en Colombia.

A. Antecedentes Históricos

1. La Expedición Franco Española (La Condamine-Ulloa). 1735-1743

Aunque somos conscientes de la dificultad de determinar el momento preciso, si existe, del nacimiento de la ciencia en cualquier sociedad, nos atrevemos a afirmar que en Colombia este tuvo lugar con la llegada de la Expedición de la Condamine, en 1735, pues hasta ese momento las poquísimas manifestaciones científicas conocidas fueron demasiado aisladas y esporádicas.

No creemos necesario extendernos sobre los objetivos de la Expedición, bien conocidos por cierto. Se trataba de medir la longitud lineal de un grado de longitud cerca de la línea ecuatorial, para que, comparada con la de un grado vecino al polo, pudiese dar una idea de la forma de la Tierra (achatada en los polos según Newton, alargada según Cassini). La expedición era enviada por la Academia de Ciencias de París y estaba integrada por Charles La Condamine, Pierre Bouguer y Louis Godin, a

quienes se unieron Antonio de Ulloa y Jorge Juan, enviados por la corona Española. El itinerario, en la zona que nos interesa, fue Cartagena-Panamá-Guaquil-Quito, y sus alrededores.

Aunque, como hemos visto, el objetivo principal era astronómico, podemos decir que la expedición cubrió prácticamente todos los campos de la ciencia de la época, y que precisamente en la rama de la geología los resultados fueron sorprendentes. Se pueden resumir así: el descubrimiento para el Viejo Mundo de un nuevo metal, el platino; la realización de los primeros estudios geológicos en la región visitada, y la creación de una nueva e importante disciplina de la geología, la gravimetría.

La expedición constituye un esfuerzo institucional por parte de Francia y de España, a través de la Academia de Ciencias de París. Sus resultados quedaron consignados en tres importantes obras españolas: **La Relación Histórica de un Viaje hecho por orden de su majestad a la América Meridional**, de Juan y Ulloa; **las Noticias Americanas**, de Ulloa; y **las Noticias Secretas de América** de Juan y Ulloa; y en dos obras francesas: **La figure de la Terre**, de Bouguer y la Condamine; y el **Voyage au Perou**, de Bouguer.

La Relación Histórica, publicada en Madrid en 1749, o sea inmediatamente después del viaje, puede ser considerada como la obra fundamental de la Expedición, pues en ella se dan los resultados geodésicos, objetivo principal de la misión. También es una obra general que da un recuento del viaje, en orden cronológico, con itinerario y observaciones en diversas ramas de las ciencias. Es en esta obra, en el libro VI capítulo X, página 606, donde se encuentra la primera referencia científica formal al platino, en los siguientes términos:

“En el partido del Chocó, habiendo muchas Minas de **Lavadero**, como las que se acaban de explicar, se encuentran también algunas, donde por estar disfrazado, y envuelto el oro con otros cuerpos Metálicos, jugos, y Piedras, necesita para su beneficio del auxilio de **Azogue**; y tal vez se hallan **Minerales**; donde la **Platina** (piedra de tanta resistencia, que no es fácil romperla, ni desmenuzarla con la fuerza del golpe sobre el Yunque de Acero) es causa de que se abandonen; porque ni la calcinación la vence, ni hay árbitro para extraer el Metal, que encierra, sino a espensas de mucho trabajo, y costo”.

Aunque Juan y Ulloa no estuvieron en el Chocó, el segundo de ellos logró conseguir algunas muestras de platino que envió a Europa. Su análisis comprobó que se trataba de un nuevo elemento químico, razón por la cual la ciencia europea considera a don Antonio de Ulloa como descubridor del platino. Ha de anotarse sin embargo que investigaciones recientes (Espinosa 1984) han demostrado que en Santa Fe de Bogotá ya se conocía y se analizaba el platino varios años antes de la llegada de Ulloa.

La Relación contiene un importante capítulo sobre las riquezas mineras de la Provincia de Quito, provincia que comprende la Gobernación de Popayán y por consiguiente buena parte del actual Occidente Colombiano. En el capítulo mencionado se indican las principales zonas mineras, con especial referencia al oro y la plata, aunque también se citan depósitos de hierro y mercurio. Se describen con bastante detalle los métodos de beneficio del oro y la plata utilizados en cada región.

Otro interesante estudio sobre recursos mineros es el capítulo IX de las *Noticias secretas de América*, obra publi-

cada tardíamente, en 1826, en Londres. En este caso los autores se refieren a toda la zona visitada, por lo cual solamente hacen algunas menciones al territorio de la Colombia actual, principalmente al oro de Barbacoas. Pero probablemente el mayor aporte de la Expedición al conocimiento geológico de nuestro país está en las *Noticias Americanas*, obra impresa en Madrid en 1792. Se trata del primer verdadero estudio geológico de la región, el entretenimiento (capítulo) II cuyo título es “El orden y disposición en que están los terrenos de las indias Occidentales, y de la notable variedad que hay en ellos”. Si los cronistas españoles anteriores se refirieron con frecuencia a riquezas minerales, e indirectamente al subsuelo, ahora estamos por vez primera ante un verdadero documento geológico, con los conocimientos, el método y el rigor necesarios.

Aclaremos de antemano que aunque la Geología no nace oficialmente como ciencia antes del principio del siglo XIX, con los trabajos de Charles Lyell, en el siglo XVIII ya están echados sus cimientos gracias a los geniales aportes hechos en el siglo XVII, principalmente por Nicolás Steno y Robert Hooke. El capítulo de Ulloa es lo que podrían llamar los geólogos actuales un estudio geomorfológico, es decir, las formas del relieve explicadas por los fenómenos geológicos, principalmente por la erosión fluvial. Sobre este punto Ulloa manifiesta ideas muy al día, y casi adelantadas para su época. Por otra parte da las primeras descripciones de las diferentes rocas que componen el subsuelo; observa por ejemplo cómo en las partes bajas predominan las arenas (aluviones) y los limos. Hay que anotar que el documento contiene una buena descripción geográfica del relieve de la región estudiada.

La paleontología tampoco escapó a la curiosidad de Ulloa, quien le dedica, en la misma obra, un acertado capítulo (el entretenimiento XVI), donde describe diferentes especies de conchas observadas en las montañas de los Andes, y expone interesantes hipótesis sobre los posibles mecanismos de fosilización. Desafortunadamente, Ulloa, como casi todos los científicos de su generación, es un "diluvialista", por lo cual sus interpretaciones en este campo han quedado sin validez.

Finalmente, las **Noticias Americanas** contienen cuatro capítulos, de gran erudición por demás, sobre metalurgia, principalmente de la plata. Se vislumbra la vocación de metalurgista de Ulloa, quien, como se sabe, llegó a ser más tarde director de la gran provincia minera de Huancavélica, en el Perú.

Aporte fundamental de la Expedición a la Geología fue el descubrimiento, por parte de Pierre Bouguer, de las leyes de la gravimetría, constituyendo así una nueva e importantísima rama de la geología. Ya desde 1672, cuando Jean Richter, enviado por Cassini, hizo observaciones con el péndulo en Cayena, se sabía que la gravedad cambia con la latitud, idea que hizo empezar a sospechar que la Tierra no es una esfera perfecta. Pero la gran idea de Bouguer es que la gravedad varía según las diferentes rocas del subsuelo, o sea que, midiendo la gravedad en un punto dado se pueden sacar conclusiones sobre las posibles formaciones de rocas que se encuentran debajo de él. Bouguer hizo sus observaciones cerca del volcán Chimborazo y propuso un modelo de cálculo, conocido como el Modelo de Bouguer, que ha sufrido muy pocas modificaciones en sus dos siglos y medio de vida, hecho excepcional en la Historia de la Ciencia. Bouguer regresó a Europa por Cartagena, bajando el Río

Magdalena. De este levantó un mapa que fue luego completado por Caldas.

La influencia científica y filosófica de la Expedición fue extraordinaria; tal vez haya sido uno de los fenómenos sobresalientes del siglo de las luces europeo. Desde el punto de vista científico los resultados obtenidos fueron aportes gigantescos para el conocimiento científico de la época, y una lista de ellos se haría interminable. El solo dato de la forma de la Tierra sería ya suficiente para dar a la Expedición un sitio de honor entre los grandes viajes científicos. Además la expedición dió el primer relato científico de América, corriendo un velo que la corona Española había tendido deliberadamente durante varios siglos. En cuanto al impacto filosófico, quizás no haya sido menos importante que el científico. Las publicaciones de la Expedición dan por primera vez a los europeos la visión de un nuevo continente. Por otra parte, la Condamine es amigo personal de Voltaire, y muchas leyendas (el buen salvaje, El Dorado, por ejemplo) nacidas de la pluma de Voltaire, y con larga trayectoria literaria y filosófica. Posteriormente, tienen sus orígenes en los relatos de la Expedición.

Aunque la Expedición no constituye el inicio institucional de la Ciencia en Colombia, mérito que hay que abandonar a la Expedición Botánica, sí constituye la primera semilla gracias a la cual germinaron los primeros ensayos de instituciones científicas.

2. La Expedición Botánica. 1783-1816

Las actividades de la Expedición Botánica en geología, mineralogía y minería han sido hasta ahora un aspecto ignorado y sorprendente de las labores de este movimiento científico. Investigaciones recientes (Espinosa 1982, 1983)

dan sin embargo las primeras luces sobre tan interesante asunto.

José Celestino Mutis añadió a sus vastísimos conocimientos los de mineralogista, minero y metalurgista. Su obra en estos campos tiene dos facetas: por una parte fue asesor del virreinato en asuntos mineros y explorador de materias primas minerales, por otra parte consagró más de nueve años a empresas mineras particulares.

Hasta 1784, cuando llega un Director de Minas, Mutis supervisa las explotaciones mineras del Nuevo Reino: las salinas de Zipaquirá, en las cuales interesa a Humboldt; las minas de Esmeraldas de Muzo; las de Cobre de Moniquirá; y las de plata de Mariquita. También se le ve preocupado por buscar nuevos recursos mineros: mercurio en el Quindío, en el Darién y Panamá; mármoles diversos; y, hasta asfalto y petróleo en varios puntos del virreinato.

Las empresas mineras particulares de Mutis son dos: la mina de plata de la Montusa, cerca de Pamplona, entre 1766 y 1770, y la de el Sapo en la provincia de Ibagué, de 1777 a 1782. La primera es casi desconocida, pues de esa época se han perdido prácticamente todos los documentos; la segunda es de gran importancia científica e histórica. Científica, porque allí creó Mutis un gran complejo minero-metalúrgico; histórica, porque allí vino a buscarlo el arzobispo Caballero y Góngora para fundar la Expedición Botánica.

La preocupación de Mutis por los asuntos mineros y la exploración fue constante. De las 423 cartas de Mutis publicadas en el *Archivo Epistolar* por G. Hernández de Alba, 37 hablan únicamente de minería y 27 hacen referencia a cuestiones de minas. En 1788 el nuevo virrey Francisco Gil y Lemos es-

cribe a Mutis desde Madrid para pedirle que salga a recibirlo a Honda para que lo ponga al corriente de la minería del Virreinato.

Por una parte las empresas mineras de Mutis no fueron afortunadas desde el punto de vista económico, y por otra parte al crearse la Expedición las investigaciones Botánicas ocupaban gran parte de su tiempo. Estas razones explican que Mutis haya solicitado al Virrey traer un Director de Minas, cargo para el cual fue escogido don Juan José D'Elhuyar.

La obra científica de D'Elhuyar, aunque limitada como lo hemos visto por las tareas que se le encomendaron, fue de gran importancia. En ciencia pura debemos a D'Elhuyar los primeros estudios geológicos realizados en el Nuevo Reino. Se trata de las observaciones hechas en la zona de Muzo en 1786, consignadas en dos valiosos documentos: el *Diario del viaje a Muzo, de orden del excmo. Sr. Virrey, emprendido el 6 de septiembre desde Mariquita y el Informe del viaje a Muzo*. En cuanto a ciencia aplicada, los aportes son diversos, principalmente la introducción del nuevo método de beneficio de la plata del barón de Born, recomendaciones sobre las minas de esmeraldas de Muzo, de sal de Zipaquirá, y muchas otras, y el ensayo de creación de un Cuerpo de Minería, o Asociación de Mineros.

Durante el período de Santa Fé, en las nóminas de la Expedición figura un agregado mineralogista, don Enrique Umaña. De este personaje, y sobre todo de su obra, mucho es lo que se ignora, en gran parte porque Umaña se vió envuelto en los acontecimientos políticos de los últimos años de la Colonia y de la Independencia.

Investigador polifacético y genial, don Francisco José de Caldas También

tuvo diversas inquietudes y realizaciones en el campo de la mineralogía y la minería. Las alusiones son frecuentes en sus escritos entre los cuales merecen ser citados dos: la **Memoria sobre el plan de un viaje proyectado de Quito a la América septentrional**, de 1802, donde propone investigaciones sobre mineralogía, y el **Seminario del Nuevo Reino de Granada**, de 1809, en el que anuncia el regreso de Europa de don José María Cabal después de brillantes estudios de química y mineralogía, y donde podemos leer lo siguiente... "Don José María Cabal se consagra desde hoy a analizar nuestras producciones, y a ensayar todas nuestras minas. El desea entregarse enteramente a este trabajo interesante a su patria y a sus conciudadanos; pero necesita formar antes una completa colección de todos los minerales del Nuevo Reino de Granada. Exhortamos a todos los habitantes del virreinato a que nos remitan muestras de todas las minas de sus países, de todas las tierras, de todas las piedras particulares, dirigidas al Editor de Semanario, avisando el nombre que se le da en el país, el lugar en que se halla, su abundancia, los usos a que se le aplica, con todo lo más que se considere interesante para el mejor conocimiento de nuestra mineralogía. Aquí se analizará, aquí se ensayará, y en el Seminario hallarán los interesados los conocimientos que necesitan para trabajar con ventaja sus minas, que hasta hoy solo benefician por una práctica ciega, y las más veces ruinosa. Estos minerales, clasificados según el método del célebre Hauy, formarán una colección preciosa para un museo mineralógico, en que se forme la juventud, para perpetuar y para adelantar nuestros conocimientos en este ramo importante de la Historia Natural..." En cuanto a las realizaciones mineras de Caldas, la más notoria es el descubrimiento y la explotación de los nitratos de Antioquia, en 1813.

El material mineralógico recogido por la Expedición fue abundante. De las 104 cajas enviadas por Morillo a España en 1816, 15 contenían sólo minerales. Por otra parte Mutis hizo envíos de material antes de 1783, fuera de envíos particulares. Desafortunadamente, todo el material se halla perdido hasta ahora.

A los infinitos méritos de la Expedición Botánica ya reconocidos hay que añadir uno más, desde el punto de vista de la Historia Social de la Geología, y es el de haber tratado de impulsar por primera vez a nivel oficial e institucional los asuntos de geología y de minería. Es así como vemos a Mutis solicitando por escrito en repetidas ocasiones la creación de un laboratorio de química y de mineralogía; a D'Elhuyar tratando de crear una Asociación de Mineros; a Caldas y Cabal proponiendo en el Seminario el primer inventario minero del país.

3. El Plan Razonado de un Cuerpo Militar de Ingenieros Mineralógicos en el Nuevo Reino de Granada

De gran importancia para la historia Social de la Ciencia en Colombia, como antecedente histórico, nos parece este documento, que aunque ha sido atribuido a Caldas merece un capítulo aparte por diversas razones. En primer lugar, como se verá más adelante, es poco probable que el autor sea efectivamente Caldas; en segundo lugar el documento constituye el primer intento por crear durante la época colonial una institución oficial de enseñanza e investigación para los asuntos de geología y minería. La importancia de la idea propuesta en el plan se comprende mejor al constatar el gran aporte que constituyó para el desarrollo de Méjico la creación de la Escuela de Minas, en 1792.

El plan fue publicado por primera vez en 1909 por don Diego Mendoza, como obra de Caldas, sin ninguna referencia sobre la fuente del documento original (archivo, colección privada, etc.) El problema de la autoría, analizado por Espinosa (1983), reside en que el documento fue escrito entre 1796 y 1808 y que durante esta época Caldas no pudo consagrarse a esta clase de asuntos, y tampoco podía tener los conocimientos necesarios.

El plan razonado es un proyecto de creación de la primera Escuela de Minas del país. Consta de tres documentos: el Plan Razonado propiamente dicho, o parte justificativa del proyecto; el Reglamento; y el Estado de Gastos y Arbitrios, o presupuesto. Sorprenden los tres documentos por la amplitud de los temas y por la gran minuciosidad con que son tratados, principalmente el Reglamento. En el plan razonado propiamente dicho expone el autor la necesidad de crear el cuerpo, partiendo de consideraciones globales sobre la situación económica y social del virreinato. Insiste en la importancia de la minería, en la vocación minera de la Nueva Granada, y en las ventajas que traería la creación del cuerpo, no solo desde el punto de vista económico sino también intelectual y social. En el Reglamento se expone la organización del Cuerpo, así: un director, un vicedirector, inspectores de minas, inspectores en segundo, subinspectores, ayudantes, y alumnos cadetes. El plan de estudios es ambicioso, con duración de seis años: en el primer año se estudiaría Aritmética, Geometría, Dinámica e Hidrodinámica, en el segundo Física Experimental, en el tercero Histórica Natural y Botánica, en el cuarto Mineralogía, en el quinto Química, y en el sexto Docimética y Metalurgia. El presupuesto anual del Cuerpo es de 28.010 pesos, que el autor del plan propone recaudar en impues-

tos indirectos sobre diversas actividades mineras (Salinas, Casa de Moneda) y en contribuciones de los mineros particulares.

4. Alejandro Humboldt (1769-1859)

No cabe duda que para la ciencia colombiana la venida, en 1801, de Alejandro Humboldt y Amadeo Bonpland fue un acontecimiento de grandes proporciones, no tanto por sus aportes directos sino por el impulso que dieron a las investigaciones científicas que criollos y españoles venían adelantando desde hacía más de treinta años.

Alejandro Humboldt había nacido en Berlín y después de diversos estudios de humanidades en Francfurt y Gotinga había empezado a interesarse por las ciencias, inicialmente por la geología. En 1791 y 1792 había estudiado en la Academia de Minas de Freiberg tras lo cual había pasado a ser inspector de minas en el distrito de Bayreuth de 1792 a 1797, creando allí una escuela de minería en 1793. De entonces data su interés por la botánica, la astronomía y otras ciencias. Por aquella época la lectura de los libros de la *Comandante* y *Bougainville* fascina a Humboldt, y empieza a germinar en su mente la idea de visitar a Suramérica.

El itinerario de Humboldt en Colombia, entre el 4 de marzo y el 31 de diciembre de 1801 es Cartagena-Santa Fe, por el Magdalena, Honda y Guaduas, y Santa Fe-Pasto, por Ibagué, el camino del Quindío y Popayán. Las observaciones sobre este territorio son diversas en cuanto a los temas y están dispersas en varias de las obras de Humboldt y Bonpland. En cuanto a geología, solamente el primero se ocupó de ella y sus escritos son de dos órdenes: estudios específicos, los más importantes, y observaciones sueltas en escritos diversos.

Merece destacarse entre los estudios específicos la **Memoria raciocinada sobre las Salinas de Zipaquirá**, escrita en Santa Fe después de una visita a las minas, en agosto y septiembre de 1801. Como sabemos, Mutis siempre se interesó por la sal de Zipaquirá y por esta razón trató de interesar también a Humboldt en el asunto. Este era un buen conocedor de beneficio de minerales y la Memoria está precisamente en gran parte dirigida a proponer medidas para mejorar dicho beneficio. Sin embargo contiene un interesante capítulo de geología donde se sientan las primeras bases para estratigrafía de la región de Bogotá. Distingue Humboldt dos formaciones, la de Bogotá y la de Honda, de edad mesozoica, y un basamento, los esquistos de Villeta. Aunque la distinción es correcta, la edad no lo es completamente, pues la formación Honda es en realidad Terciaria, corrección que hará más tarde Hettner.

En las **Vistas de las Cordilleras**, y en la **Relación del viaje al interior del Nuevo Continente**, hay descripciones de los volcanes de lodo de Turbaco, con ensayos de explicación del fenómeno. También hay que señalar algunas observaciones sobre las cadenas volcánicas de la Nueva Granada, en el **Cosmos**, observaciones que son esencialmente de carácter geográfico.

Las observaciones geológicas sueltas en los escritos de Humboldt son numerosas. Quizás las más notables se encuentren en la obra **Essai géognostique sur les roches** (París, 1823), donde hay descripciones de formaciones rocosas y frecuentes alusiones a fenómenos geológicos en Suramérica.

5. La Misión de Boussingault-Rivero (1823-1833)

Corresponde a Simón Bolívar y Francisco de Paula Santander (respecti-

vamente presidente y vicepresidente de la Gran Colombia) en 1822, el mérito de haber tratado de dar impulso oficial a las Ciencias en general, y a la Geología en particular, con el ensayo de creación de una Escuela de Minas, en un momento de grandes dificultades para el país pues están en su plenitud las grandes guerras de Independencia en el Sur. El gobierno solicita los servicios de don Francisco Antonio Zea, a la sazón en Europa, para organizar una misión científica que venga a fundar el Museo y la Escuela de Minas. Zea se dirige a Cuvier, quien con la ayuda de Humboldt y de Aragón forma la misión solicitada, así: Juan Bautista Boussingault, químico, Mariano Rivero, químico-mineralogista, Justino Mario Goudot, botánico, Francisco Roulin, médico y James Bourdon entomólogo. Con excepción de Rivero, peruano, todos los científicos son franceses.

El 28 de julio de 1823 el congreso vota la ley que crea la Escuela de Minas, y que es anunciada en la gaceta de Colombia el 7 de diciembre en los términos siguientes: "Escuela de Minas. Habiéndose creado por la ley del 28 de julio último una escuela de minas en la capital de la República han sido nombrados por el gobierno los profesores siguientes Mariano Rivero natural del Perú, es el director, y catedrático de mineralogía, de geología y de explotación: Juan Bautista Boussingault de química general y analítica y de metalurgia: N. Roulin de matemáticas elementales, de geometría descriptiva, de mecánicas, y de dibujo. En el museo de ciencias naturales creado por la misma ley, sólo hay por ahora un catedrático de botánica y de agricultura, que lo es el doctor Juan María Céspedes: un colector de objetos de historia natural, N. Bourdon, y otro de botánica, N. Goudet. El curso de botánica general debe abrirse en la casa destinada para el museo,

el 2 de enero próximo. Las lecciones se darán de las diez a las once y media de la mañana, y se concluirá el 1 de julio. En el segundo año se darán principios de agricultura por igual tiempo. Podrán concurrir todas las personas que quieran destinarse a estos dos ramos importantes". Desafortunadamente, por diversas razones económicas y políticas, aún no totalmente establecidas, la Escuela abierta bajo la dirección de Rivero no pudo perdurar y el gobierno se vió obligado a utilizar a los sabios contratados en diferentes trabajos científicos. En la parte geológica los más notables son los de las minas de Marmato, donde fue descubierta una nueva especie mineral, la marmatita o blenda rica en hierro. También se hicieron estudios en las salinas de Zipaquirá, en las minas de Muzo, y en las de la Vega de Supia. Aunque en los diversos estudios sobre la Historia de la Ciencia en Colombia se cita a Boussingault como autor principal de estos estudios, nos parece muy probable que el mérito mayor corresponda, por lo menos en cuanto a la parte geológica, a Mariano Rivero. Deducimos lo anterior de las publicaciones de Alcalde (1957-1966) sobre Rivero, en espera de poder consultar los trabajos originales, publicados en el exterior (Anales de Química y Física, Ginebra).

No se puede afirmar que la Misión Boussingault-Rivero haya hecho un aporte de importancia al conocimiento de la geología y de los recursos mineros de Colombia, principalmente porque su labor no pudo ser sistemática, y porque tuvo que ver sobre todo con la minería. Sin embargo, desde el punto de vista del desarrollo social de la Ciencia, tiene gran importancia, pues es el primer verdadero ensayo de creación de una Institución de enseñanza de la geología y la química. Por otra parte, la Misión crea un ambiente favorable para el desarrollo de la Ciencia en Colombia, no

sólo en el interior del país, sino en el exterior, interesando a los sabios europeos, D'Orbigny y Broignart, por ejemplo, en los estudios paleontológicos sobre Colombia. Se pueden citar las publicaciones de D'Orbigny *Coquilles et échinodermes fossiles de Colombie recueillis de 1821 a 1833* por M. Boussingault, París, 1824; y de Zujovic, *Les roches des Cordilleres*, París, 1884. El Museo iniciado por Rivero, con sus propias colecciones, siguió funcionando hasta 1837 en la antigua casa de la Expedición Botánica, luego en locales de la Secretaría de lo Interior y de Guerra.

B. Primeros Geólogos y Primeras Exploraciones: 1850-1887

Hasta el nacimiento de una institución oficial de enseñanza de geología y minas, la Escuela de Minas de Medellín, los pocos trabajos que se conocen en este campo son realizados por exploradores extranjeros. Aunque existen ya algunos científicos nacionales, estos están llamados a otras tareas, probablemente más urgentes, dentro de la organización de la nueva República, pues son individuos de amplia formación, que cultivan generalmente la ciencia al mismo tiempo que las humanidades, la administración y la política. Además las necesidades del Estado son apremiantes en otras materias como infraestructura, salud etc. Hay que reconocer, sin embargo, que con la creación de la Comisión corográfica el Estado hace un esfuerzo notable, y bien logrado, en el reconocimiento del territorio nacional. Desafortunadamente este esfuerzo no llega, por razones económicas, a cristalizar en el campo de la geología y de los recursos mineros.

Desde un punto de vista académico la época de las exploraciones deja a pesar de todo un balance positivo en términos de conocimiento del subsuelo nacional,

gracias a las contribuciones de Karsten y de Hettner principalmente.

1. Los primeros Geólogos Colombianos

Aunque de nuestros primeros geólogos, J. Acosta, E. Uricoechea y V. Restrepo, ninguno dejó obra escrita sobre el subsuelo colombiano y sus recursos, su influencia fue importante, principalmente por la inquietud que sembraron, y por esa razón deben ser tenidos en cuenta desde un punto de vista histórico. Ellos fueron científicos polifacéticos, naturalistas, matemáticos, o químicos formados en Europa. Acosta y Restrepo supieron cultivar la ciencia al tiempo con actividades tan diversas como la política, la filantropía, o la carrera militar. Uricoechea fue en cambio un científico puro.

Joaquín Acosta (1800-1852). — Pocas vidas han sido ricas en acontecimientos y en diversas actividades como la de don Joaquín Acosta. Nacido con su siglo, en Guaduas (Cundinamarca), fue alumno del colegio del Rosario y al final de las guerras de Independencia se alistó en los ejércitos patriotas. Sus afanes científicos lo perseguían ya desde años antes, y gracias a la ayuda de Santander consiguió viajar a París en 1825, a completar su formación, permaneciendo allí hasta 1830. Relacionado con los mejores sabios, Humboldt, Arago, Gay Lussac etc., Acosta se dedicó al estudio de las matemáticas, la física y la química, sin descuidar las humanidades. De regreso a Colombia, entre diversos cargos políticos y militares fue profesor de química en la Universidad y se interesó en la mineralogía y la geología. Sin embargo, parece que estos últimos temas solo llegó a profundizarlos en su segundo viaje a París, entre 1845 y 1849, cuando siguió varios cursos en esas ramas. De regreso a Colombia aplicó sus conocimientos en varios tra-

bajos: en un estudio sobre las minas de Vélez, y como profesor de geología en Bogotá. Empezó a escribir unas lecciones de geología, Bateman (1953) anota que fueron publicadas, sin indicar la fecha de publicación. El original se encuentra en la biblioteca Luis A. Arango de Bogotá. Pero el verdadero valor de Acosta como geólogo nos lo prueba el hecho de que la Sociedad Geológica de Francia haya publicado, en 1852, uno de sus trabajos sobre la Sierra Nevada de Santa Marta.

Ezequiel Uricoechea (1834-1880). Figura descollante de la Ciencia Colombiana del siglo XIX, desafortunadamente relativamente desconocido, Ezequiel Uricoechea fue ante todo químico y mineralogista, aunque sus trabajos cubrieron vastísimas áreas incluyendo botánica, antropología, numismática, y especialmente en sus últimos años, filología y lingüística. Uricoechea fue científico de gran proyección internacional: doctor en Medicina de Yale, de Filosofía y Artes Liberales de Gotinga, publicó sus trabajos en las mejores revistas especializadas de Europa. Su obra en Colombia fue también de gran importancia. Fundó la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos, cuyo órgano de difusión fue la revista **Contribución de Colombia a la Ciencia y a las Artes (1859-1861)**. Editó la importante obra **Mapoteca Colombiana**, en 1857. En cuanto a geología, su principal trabajo es el inédito **Elementos de Mineralogía**.

Vicente Restrepo (1837-1889). Muy conocido como metalurgista, ensayador de oro, e historiador de la minería, don Vicente Restrepo tuvo una verdadera formación de geólogo, aunque por lo que se sabe no escribió prácticamente nada sobre geología. Su obra **Estudio sobre las minas de oro y plata de Colombia**, publicada en 1888 en Bogotá, es un auténtico clásico sobre estudios

mineros en Colombia, sorprendente por su calidad, su extensión, y por lo adelantada para su época.

Don Vicente Restrepo nació en Medellín. Entre 1851 y 1857 estudió en Europa, y tuvo la ocasión de seguir en París lecciones de geología con D'Orbigny. Trabajó en el laboratorio de Pelouze y Tremy, principalmente en mineralogía y análisis de metales. Posteriormente viajó a Freiberg, gran centro de investigaciones y de explotaciones mineras de la época, donde se familiarizó con los métodos mineros y metalúrgicos más avanzados. De regreso a Medellín fundó un laboratorio químico, principalmente para análisis del oro, que llegó a tener gran reputación, incluso en Europa. En los últimos años de su vida don Vicente Restrepo se dedicó a actividades políticas, llegando a ser Ministro en varias ocasiones, a tareas literarias e históricas, a investigaciones arqueológicas, y a labores de beneficencia, a las cuales consagró completamente sus últimos días

4. Las Primeras Exploraciones Geológicas.

Aunque las primeras expediciones, principalmente la Expedición Botánica y la Expedición de Boussingault, plantearon la necesidad de un estudio sistemático de los recursos mineros del país, esta empresa no pudo ser iniciada por el Estado antes de mediados del siglo XIX. Probablemente se puede atribuir el atraso a la coyuntura político-militar de la época: guerras de Independencia hasta 1819, creación de la nación hasta 1830, organización del estado hasta 1850.

El ya citado texto de F.J. de Caldas sobre el proyecto de J.M. Cabal puede ser considerado como la primera semilla de la idea de un inventario minero

del país, pues hasta ese momento quienes habían trabajado en exploraciones mineras, incluyendo a Mutis y D'Elhuyar, solo lo habían hecho o localmente, o regionalmente pero en busca de un solo producto, por ejemplo Mutis y el azogue, o la brea mineral. Quizás en el aspecto más interesante del texto no sea la idea misma, que por demás era probablemente de Cabal, sino la manera magistral como Caldas la justifica.

En cuanto a la Expedición de Boussingault, uno de sus principales objetivos era la exploración de recursos mineros del país. A ese propósito leamos este aparte de la carta de Humboldt, uno de los promotores de la Expedición, a Bolívar: "Me halaga que el carácter amable que distingue a los señores Rivero y Boussingault les haga dignos de la bondad hospitalaria de que recibí muestras tan afectuosas durante mi permanencia en Caracas, Santa Fe y Quito. La explotación de los yacimientos metálicos y de los lavaderos de Pamplona, de los alrededores de Santa Fe y de la Vega Supía, de Antioquia, del Chocó, y de la región al sur de Quito; investigaciones particulares sobre la platina; la nivelación del istmo de Panamá y de Cupica: he aquí asuntos que se conexas con los intereses de la industria y el comercio, y del país, dignos de ocupar a estos sabios". Desafortunadamente, como es bien sabido, este loable empeño no pudo llevarse a cabo. Así pues, el primer esfuerzo institucional de la joven República en cuanto a conocimiento y exploración del subsuelo es la comisión corográfica.

La Comisión Corográfica (1850-1859). Aunque la ley del 15 de mayo de 1839 ordenó que se iniciara un levantamiento geográfico del país contratando a dos ingenieros geógrafos, el proyecto sólo vino a iniciarse cuando en 1849 se llamó al coronel Agustín Codazzi, entonces en

Venezuela, para que organizara la Comisión Corográfica. Según un contrato firmado con el gobierno, la comisión levantaría el mapa del país en seis años, a partir del 1 de enero de 1850. En uno de los artículos del contrato se estipula que cada mapa vendrá acompañado por una descripción geográfica completa que comprenderá, entre otros, caminos, límites, ciudades, producciones agrícolas, población, flora, fauna, y minería. Se sabe que el propósito inicial de Codazzi fue contratar un geólogo, propósito que no pudo cumplir, según parece por falta de fondos. Aunque el botánico y geólogo alemán Hermann Karsten acompañó a José Gerónimo Triana, botánico de la Comisión, en varias correrías, no figura en los documentos que haya estado vinculado oficialmente a la Comisión. El 2 de marzo de 1850, apenas dos meses después de firmado el contrato entre Victorino Paredes, Ministro de Relaciones Exteriores, y Agustín Codazzi, escribe este al Ministro Paredes un informe sobre la Comisión, en el cual podemos leer lo siguiente....” pero sobre todo convendría destinar a la expedición un geólogo. El señor Coronel Acosta, a quien ya he tenido ocasión de aludir, ha ofrecido que prestará desinteresadamente este servicio, siempre que la Comisión recorra las provincias inmediatas a su residencia; pues piensa ocuparse, como ya lo está verificando, en hacer algunas observaciones geológicas; pero esta oferta, aunque sumamente patriótica y bajo todos los aspectos digna del aprecio del Gobierno y de la Nación, no llena las miras del Poder Ejecutivo, que desea aumentar la Comisión, no con un colaborador accidental, sino con un miembro nato que la acompañe en todas sus marchas y expediciones, para estudiar atentamente, ya que no superposición de todas las capas, siquiera la naturaleza general del terreno en cada una de las principales regiones geológi-

cas en que puede dividirse nuestro territorio, levantando mapas de ellas, y formando colecciones de rocas y tierras que suministren alguna idea de la composición mineral de nuestro suelo en toda la extensión de la República, y de la aplicación que pueda darse en las fábricas y en las artes a las muchas variedades de gredas, etc. que poseemos.

En cuanto a la mineralogía, propiamente dicha, convendría practicar investigaciones más detenidas y prolifas; y al efecto, el geólogo que se destine a la Comisión Corográfica, debería a veces separarse de ella para visitar las minas que actualmente se explotan y a las que a su juicio puedan beneficiarse en lo futuro; pues hay en la República muchos metales, que aunque hoy sean de poco aprecio, serán más tarde de mucho valor y podrán beneficiarse con ventajas; por lo cual deben colectarse y estudiarse algunas muestras de ellos, dando a conocer las localidades en que existan, para que oportunamente se exploten con facilidad y buen suceso”.

Así pues, no habiendo podido la Comisión contar con el deseado geólogo, sus labores se vieron reducidas a establecer una lista de los minerales existentes en cada provincia, lo que llamaríamos actualmente una lista de ocurrencias minerales, y a dar algunas indicaciones aisladas sobre asuntos de minas.

Hermann Karsten (1817-1908) En la obra de Karsten *Géologie de L'ancienne Colombie Bolivarienne, Venezuela, Nouvelle Grenade et Equateur*, publicada en Berlín en 1886, debemos ver el primer trabajo de investigación geológica sobre el territorio colombiano. Obra de síntesis, de observaciones sistemáticas y detalladas, el trabajo de Karsten da la primera interpretación geológica de nuestros Andes y es estu-

dio de tan alto nivel que permanece aún válido actualmente en muchos aspectos.

Como se sabe, Karsten trabajó en la Comisión Corográfica, acompañando a Triana en varios recorridos, pero sin formar oficialmente parte de ella. Había nacido en 1817 en Stralsund, Alemania, y había adelantado estudios de botánica y de geología. En este último campo publicó en Viena al regresar de su viaje, en 1856, un primer estudio, en alemán, sobre Colombia y Ecuador en el cual presentó el primer mapa geológico de Colombia. En él distingue los principales tipos de rocas: sedimentos, rocas volcánicas, metamórficas y plutónicas. En los años siguientes publicó diversos trabajos sobre diferentes aspectos geológicos particulares de Colombia, Venezuela y Ecuador, en varias revistas de Alemania y Austria, en lengua alemana. La publicación de 1886 cubre en parte la de 1856 pero es más extensa. Karsten describe sus observaciones en orden cronológico, o sea siguiendo el itinerario de su viaje, hecho de 1844 a 1847 y de 1848 a 1856. Sus principales contribuciones están relacionadas con la estratigrafía: el trabajo define los principales terrenos geológicos de Colombia. Sobre este punto Karsten pudo utilizar las publicaciones paleontológicas de D'Orbigny y Von Buch, quienes habían estudiado fósiles enviados principalmente por Boussingault y Degenhart, y definió terrenos cuaternarios, terciarios, y, en el mesozoico, terrenos cretáceos y jurásicos. También distinguió las principales zonas de rocas volcánicas y plutónicas de los Andes Colombianos. Así pues, desde un punto de vista académico, la obra de Karsten es el verdadero punto de partida en un estudio geológico sistemático del país.

Hemos visto que Karsten no tuvo ningún vínculo oficial con el Estado

Colombiano; sus investigaciones fueron financiadas con sus propios fondos. Al término de su estadía en Colombia, en 1856, el ministro Pastor Ospina le propuso hiciera un informe, en español, de sus investigaciones, por el que el gobierno pagaría la suma de mil pesos. Hecho el informe, fue enviado por Karsten, en 1861, al general Tomás Cipriano de Mosquera, entonces encargado de negocios de Colombia en París. No se sabe por qué razones tal informe, de gran valor, no llegó nunca a sus destinatarios en Bogotá, sin que el autor pudiera tampoco recuperarlo.

Aparentemente Karsten es un investigador aislado pero su viaje a Colombia está indirectamente relacionado con expediciones anteriores, pues fue en buena parte impulsado por Humboldt.

Alfred Hettner (1859-1941). La geología Colombiana debe a Alfred Hettner aportes importantes que conservan su validez aún en la actualidad. Poco es lo que se sabe de su vida, aspecto que amerita una investigación más detallada. Fue naturalista polifacético, botánico, geólogo y principalmente geógrafo, cualidades que su obra refleja claramente.

Las exploraciones de Hettner tuvieron lugar entre 1882 y 1884. A su regreso a Alemania publicó su gran obra, **La Cordillera de Bogotá**, en alemán, en 1892, obra que fue traducida por Ernesto Guhl y publicada, en 1966, por el Banco de la República.

Quizás el hecho de que La Cordillera de Bogotá haya sido considerada básicamente como una obra geográfica haya disminuido el crédito que se debe a Hettner por su contribución geológica. Esta contribución es notable pues se trata de la estratigrafía de la Cordillera Oriental y del Valle del Magdalena.

Hettner definió las formaciones Terciarias (Honda y Guaduas) y Cretáceas (Guadalupe y Villeta) y su posición estratigráfica, así como otras formaciones más antiguas. Las definiciones y las estratigrafía de Hettner son utilizadas actualmente por los geólogos colombianos.

Hettner no parece haber tenido lazos institucionales u oficiales en Colombia, y sus investigaciones y publicaciones parecen haber sido financiadas con sus propios fondos.

Otros exploradores alemanes. De 1867 a 1868 visitaron el país los geólogos **Alphons Stuebel** (1835-1904) y **Wilhelm Reiss** (1838-1908), siguiendo el ya clásico itinerario Cartagena-Santa Fe-Popayán-Quito. En 1892 y 1889 publicaron en Berlín la obra **Viaje a Suramérica; Estudios geológicos en la República de Colombia, I-II petrografía**. Es este el primer estudio sobre la parte volcánica de Colombia, completado en 1906 por la obra póstuma de Stuebel **Die Vulkanberge Von Kolumbien**, publicada por Th. Wolf. Por su parte Wilhelm Sievers (1860-1921), comisionado por la Sociedad Geológica Alemana, estudió las Sierras de Santa Marta y de Perijá y publicó, en 1888, sus resultados en la revista *Zeitschrift für Erdkunde*. Finalmente, en 1906 estudió el valle del Magdalena el geólogo **Hans Stille** (1876-1966). Su trabajo, publicado en 1907 en Stuttgart, fue traducido y publicado en Colombia en 1928. En 1938 la segunda publicación se hizo en la *Compilación de Estudios Geológicos Oficiales*, tomo IV.

C. La Escuela de Minas de medellín. Los pioneros: 1887-1917

A finales del siglo XIX termina un período de exploraciones extranjeras y se inicia un proceso de desarrollo nacio-

nal de las ciencias geológicas con la creación de un instituto de enseñanza y de investigaciones geológico-mineras, la Escuela de Minas de Medellín. Los principios son difíciles y los resultados en términos de cantidad son poco significativos aunque, sí lo son en calidad. El personal también es escaso. En resumen, es la época de los pioneros colombianos, que va a desembocar en un verdadero desarrollo autóctono desde el punto de vista institucional a partir de 1917.

1. La Escuela Nacional de Minas.

Si alguna institución ha sido fundamental para el desarrollo de la Ciencia en Colombia, esa es la Escuela Nacional de Minas de Medellín, hasta tal punto que puede decirse que fue durante por lo menos medio siglo el principal y casi único motor institucional de la Ciencia Colombiana, en casi todas sus disciplinas.

La necesidad de crear un Instituto de enseñanza de minería, química, y ramas afines, en una zona esencialmente minera como lo era Antioquia, se planteó desde principios de la República. Se podría decir incluso que esa necesidad se manifestó durante la Expedición Botánica, pues la Provincia de Antioquia ya en esa época solicitó a la Expedición el envío de un Director de Minas, cargo para el cual se propuso al francés Louis Lanneret, relojero de profesión pero formado por Mutis como minero.

En 1833 el Gobierno Provincial votó un impuesto sobre el oro fundido, para el sostenimiento de la enseñanza de la química y la mineralogía en el Colegio Académico de Medellín. El Gobernador Aranzazu ese mismo año envió un mensaje a la Cámara Provincial insistiendo en la necesidad de traer un profesor de química y mineralogía para crear una

cátedra de estas disciplinas, necesidad tanto más apremiante por cuanto ya existía en Antioquia una Sociedad de Minas desde 1826. En 1835 el Gobernador Aranzazu anunciaba a la Cámara que ya se había solicitado a París el envío del catedrático, el cual llegó en 1837. Se trataba del profesor Luciano Brugnely, quien dio hasta 1840 clases de química y mineralogía con muy buen éxito en Medellín. En los años siguientes se dictaron esporádicamente cursos en esas materias: Francisco Flórez Domonde, en el Colegio Provincial; Pedro Herrán y Carlos Fisanne, en la Universidad de Antioquia.

El 20 de noviembre de 1886 el Congreso vota la ley 60 que autoriza al Gobierno para fundar dos Escuelas de Minas, una en el Departamento de Antioquia y la otra en Ibagué. Poco o nada se sabe sobre el proyecto de Ibagué; muy probablemente esta escuela ni siquiera llegó a fundarse. En cuanto a la de Antioquia, una vez escogido Medellín como sede se procedió a la organización y se iniciaron actividades el 11 de abril

de 1877 con 22 alumnos. Los primeros pasos fueron bastante difíciles por muchas razones; las actividades debieron suspenderse en varias ocasiones. Sin embargo, la Escuela parece tomar un impulso decisivo desde los primeros años del siglo bajo la influencia de don Tulio Ospina, quien será su principal guía durante muchos años. En 1906 la Escuela entra a formar parte de la Universidad de Antioquia, recobrando su independencia en 1911, hasta 1940 cuando con el nombre de Facultad Nacional de Minas fue adscrita a la Universidad Nacional. De 1939 data la construcción de la sede del barrio Robledo.

Desde su fundación la Escuela de Minas funciona como una Escuela de Ingeniería, sin que su inclinación por los asuntos de geología y minas deje de ser acentuada, en lo cual hay que ver la decisiva influencia de don Tulio Ospina. De las 159 tesis de grado presentadas entre 1893 y 1937, cuya lista fue publicada por García J.C. (1937), 25 tratan problemas geológicos:

Carlos Cock	Geología del Zancudo	1893
Alonso Robledo	Sobre Código de Minas	1893
Alejandro López	El Túnel de la Quebra	1908
Luis F. Osorio	Texto de Mineralogía y Geología	1908
Alejandro Londoño	Minas de Carbón	1910
Mariano Ospina P.	Aluviones del río Porce	1912
Roberto L. Restrepo	Explotaciones mineras	1912
Alfonso Sarria	Taludes y movimiento de tierras	1924
Francisco A. Vargas	Concentración mecánica de minerales	1925
Carlos Drews	Génesis de los depósitos minerales	1925
Ricardo Wills Martínez	Aluviones en general	1925
Jorge Ospina	Montaje y Explotación de una mina de aluvi6n	1928
José M. Castro	Geología de la Guajira	1929
	Agrimensura legal en Colombia	

Alberto Villegas	Exploración, explotación y usos del platino	1929
José María Rendón	Industria de sales y salinas de Guaca	1930
José Llorente Cortés	Principales explosivos y su aplicación en el movimiento de tierras	1931
Jorge Mondragón C.	Apuntes sobre carbón	1932
Antonio Durán	Análisis petrográfico y químico de las rocas de Antioquia	1933
Julián Posada	Tratado de microscopía y rocas de Colombia analizadas al microscopio	1933
Julio Bastidas	Riqueza mineral de Nariño	1934
Rafael Lince	Análisis y purificación de aguas	1935
Gerardo Botero	Bosquejo de paleontología Colombiana	1936
Luis Bernal	Estudio sobre carbones de Antioquia	1936
Juan Berdugo	Aguas Subterráneas	1936
Gilberto Botero	Molinos para trituración de minerales	1937

Como profesores de geología y ramas afines en los primeros cincuenta años, fuera de don Tulio Ospina, merecen señalarse Juan de la Cruz Posada y el geólogo alemán Roberto Wokittel, de quien se hablará más adelante, profesor de la Escuela entre 1926 y 1937.

A partir de los años cuarenta la Escuela continuó la tradición de sus primeros años en estudios de geología, con un selecto grupo de investigadores encabezados por el profesor Gerardo Botero Arango.

2. Los Pioneros.

Tulio Ospina (1857-1921). En el panorama de finales del siglo XIX y principios del siglo XX se destaca como primerísima figura don Tulio Ospina, con una contribución tan importante que hay

quienes no vacilan en afirmar que dió con la clave de la geología de los Andes Colombianos (Radelli, 1967, Hubach, 1957).

Don Tulio Ospina estudió Ingeniería de Minas en la Universidad de California, en compañía de su hermano Pedro Nel. De regreso a Colombia los dos hermanos abrieron en 1881 un laboratorio químico. Fundada la Escuela de Minas, fueron sucesivamente primero y segundo rector. En el mismo establecimiento don Tulio fue también durante muchos años profesor de geología. Fue rector de la Universidad de Antioquia, cargo que dejó en 1911 para tomar nuevamente la rectoría de la Escuela de Minas, hasta su muerte, sucedida en Panamá en 1921. Este período fue el del verdadero y definitivo desarrollo de la Escuela.

La obra geológica de don Tulio Ospina fue de poca extensión pero de alto contenido. En el Congreso Científico Panamericano, en Washington, presentó una memoria sobre la geología de Colombia, documento que fue la base para su obra magistral, la **Reseña de la geología de Colombia, especialmente de Antioquia**, publicada en Medellín en 1911. En este trabajo se definen las grandes provincias de Colombia, así como los principales rasgos estructurales, y se da una acertada interpretación de los Andes, base para las investigaciones posteriores, particularmente las de Scheibe.

Juan de la Cruz Posada (1869-1964) Egresado de la Escuela Nacional de Minas, primera promoción, se especializó en la Universidad de Berkeley, California, en la rama de mineralogía. De regreso a Colombia dirigió varias explotaciones mineras, principalmente la de El Zancudo. Ocupó cargos en diferentes empresas oficiales, Ferrocarriles Nacionales, Empresas de Energía Eléctrica y otras, fue catedrático en varias universidades, y Decano de la Facultad de Minas. Como ingeniero fue autor de importantes obras en Medellín: acueducto, plaza de ferias, planta eléctrica y telefónica, ferrocarril Medellín-Puerto Berrio. En geología fue autor de obras diversas, principalmente de un tratado de petrografía y de un importante estudio titulado **Bosquejo Geológico de Antioquia**, publicado en 1936 en los Anales de la Escuela Nacional de Minas.

Los Pioneros de la Escuela Bogotana. La actividad geológica en Bogotá fue reducida entre 1887 y 1917, si se compara con la de Antioquia. Puede señalarse sin embargo a **Fortunato Pereira Gamba (1886-1936)**, ingeniero de minas, quien trabajó esencialmente en el campo de los recursos mineros. Su principal estudio es **Riqueza mineral de la**

República de Colombia, publicado en Bogotá en 1901, al cual hay que añadir diversos artículos aparecidos en los Anales de Ingeniería. También hay que mencionar al español Miguel Gutiérrez (1883-1925), profesor del Colegio de San Bartolomé, que hizo diversas investigaciones sobre las rocas sedimentarias de la Cordillera Oriental y los yacimientos de esmeraldas.

D. Primer desarrollo institucional de las ciencias geológicas, la Comisión Científica Nacional: 1917-1940

El período 1917-1940, enmarcado por dos grandes acontecimientos: el nacimiento de la Comisión Científica Nacional y la creación del Ministerio de Minas, ve florecer el primer desarrollo institucional de la geología en Colombia. Los resultados obtenidos hasta ese momento habían sido obra de individuos o de pequeños grupos aislados, en otros términos, de pioneros. El nacimiento de un Servicio Geológico Nacional, la Comisión Científica en este caso, es en cambio un acontecimiento de gran importancia para las Ciencias de la Tierra en cualquier país: el Estado toma en manos el conocimiento del subsuelo y la explotación de sus recursos mineros. En el caso de Colombia hay que agregar el hecho de que la Comisión se crea con hombres que, como se verá más adelante, poseen gran valor científico y constituyen una garantía para la permanencia y el desarrollo de la institución.

La Comisión Científica Nacional tendrá una importancia considerable en el desarrollo industrial del país: ella hará los estudios fundamentales para el progreso de la industria del carbón, el nacimiento y desarrollo de la industria hidroeléctrica, la exploración del petróleo, la extensión de la red de comunicaciones: ferrovías y carreteras, y muchos otros.

No menos importante será la obra de la Comisión desde un punto de vista puramente académico, hasta tal punto que las investigaciones de geólogos como Emil Grosse y Enrique Hubach conservan aún en la actualidad toda su vigencia científica.

1. La Comisión Científica Nacional

Curiosamente esta importante institución parece haber tenido pocos, antecedentes. Se podría pensar que su necesidad se planteó realmente con el nacimiento de la industria del petróleo, pero, aunque no se puede descartar completamente esta hipótesis, el análisis de sus trabajos revela que la preocupación mayor de la época, en cuanto a minería, era la del carbón y el oro, es decir una pequeña minería artesanal. También hay que anotar que ya las vías de comunicación, ferrovías y carreteras, plantean a los ingenieros serios problemas geológicos. Por otra parte resulta sorprendente constatar en los primeros trabajos de la comisión una verdadera inquietud investigativa, uno de cuyos mejores ejemplos es el estudio de Scheibe titulado **Geología del Sur de Antioquia**, trabajo de alto nivel científico y sin ninguna aplicación directa a la minería.

La Comisión es creada por la ley 83 de 1916 e inicia sus actividades en abril de 1917. Como es de suponerse los primeros años son relativamente difíciles, principalmente por falta de personal. El primer director es el geólogo alemán Robert Scheibe, quien ocupa este cargo, con una interrupción de un año, hasta su muerte en 1923. Viene un receso en los trabajos hasta 1924 cuando se contrata a los geólogos Otto Stutzer y Ernest Scheibe quienes permanecen hasta 1926. Nueva interrupción hasta 1927 y las labores se reanudan bajo la dirección de Emil Grosse hasta 1931. La

época de Emil Grosse es de intensa actividad. La Comisión cuenta con tres divisiones: geología general, zonas carboníferas, y evolución de cuencas petrolíferas. A partir de 1931 y hasta 1934, se encarga de la Comisión Enrique Hubach, geólogo chileno-alemán llegado a Colombia en 1924 al servicio del Ministerio de Industrias, División de Minas y Petróleos. Al retirarse Enrique Hubach la comisión sigue funcionando pero con reducido personal, hasta 1940, cuando se crea el Servicio Geológico Nacional.

2. Robert Scheibe (1859-1923).

Personalidad importante en la historia de las investigaciones geológicas en Colombia, el geólogo alemán Robert Scheibe llegó al país en 1914, contratado por una empresa minera particular para el estudio de las minas de esmeraldas. Había nacido en Gera el 29 de septiembre de 1859, y había adelantado estudios de geología en Halle, Fena y Gotinga, culminados en 1882 con una tesis en cristalografía. Fue profesor, geólogo del Servicio Geológico Alemán, y miembro de la Academia de Minas de Berlín; antes de venir a Colombia hizo diversos viajes a Rusia, Turquía y Africa. A partir de 1914 hizo diversos estudios sobre las minas de esmeraldas de Chivor y de Muzo. Sobre estas últimas publicó en la *Compilación de Estudios Geológicos Oficiales* el resultado de sus estudios de 1914 a 1916, bajo el título de **Informe Geológico sobre la mina de esmeraldas de Muzo**. Es esta la primera gran investigación científica sobre las esmeraldas colombianas, precedida solamente por los estudios de D'Elhuyar (1786) y por el sorprendente trabajo de Miguel Gutiérrez (1913), sorprendente pues casi completamente desconocido y de buena calidad, aunque no del alcance del trabajo de Scheibe.

A partir de 1917 Scheibe pasa a dirigir la recién fundada Comisión Científica Nacional, al mismo tiempo que es profesor honorario de la Universidad Nacional. Regresa a Alemania en 1921 para ser profesor de la Universidad Técnica de Berlín y en 1922 está de nuevo en Colombia donde sigue adelantando sus investigaciones, a la cabeza de la Comisión, hasta el 3 de marzo de 1923, fecha en que muere a causa de una enfermedad contraída en una de sus comisiones en la zona del Magdalena. Es enterrado con honores oficiales en el Cementerio Alemán de Bogotá.

La obra de Robert Scheibe fue fundamental para el progreso de la geología de Colombia. Sus conceptos siguen la línea de Don Tulio Ospina, y son expresados principalmente en su más importante trabajo, **Geología del Sur de Antioquia**, publicado en el tomo I de la *Compilación de Estudios Geológicos* (1933). Es este el primer estudio detallado, con un mapa, de una provincia geológica colombiana, de gran valor por su contribución estratigráfica. Fuera de los estudios citados Scheibe realizó un gran número de trabajos de menor extensión, unos de carácter económico, relacionados con depósitos de carbón, sal, oro, etc., otros de investigación básica, principalmente sobre la Cordillera Oriental. Desafortunadamente, la muerte le sorprende sin haber publicado parte de sus resultados, los cuales serán dados a la luz por su hijo y sucesor en el cargo de director de la Comisión, Ernesto Scheibe.

3. Emil Grosse

Especial mención entre las investigaciones geológicas Colombianas merece la obra de Emil Grosse, de relativa poca extensión pero de altísima calidad.

Emil Grosse fue traído a Colombia por Robert Scheibe que había sido su

maestro en Alemania, en la Escuela Técnica de Charlottenburgo. Grosse había continuado sus estudios en la Universidad de Berlín, en Ingeniería de Minas. Llegado a Colombia en 1920, fue contratado por el Ferrocarril de Antioquia para realizar estudios sobre el carbón de ese Departamento. Resultado de sus investigaciones, de 1920 a 1923, es la monumental obra **El Terciario Carbonífero de Antioquia**, publicada en 1926 en Berlín, en castellano y alemán, obra modelo de investigación geológica, no superada hasta ahora.

De 1927 a 1931 Grosse fue director de la Comisión Científica Nacional. Durante este período realizó importantes trabajos, entre los cuales sobresale el informe titulado **Acerca de la Geología del Sur de Colombia, Patía y Nariño**. En 1937 fue llamado a Alemania a ocupar un alto cargo en el Servicio Geológico. A partir de entonces se pierde su huella, aunque existen indicaciones según las cuales después de la Guerra trabajó en el Brasil.

La obra de Grosse es un aporte fundamental al conocimiento geológico de los Andes Colombianos. Entre sus publicaciones hay algunas consagradas a aspectos económicos, relacionadas principalmente con carbón, y otras; las más importantes son estudios básico de geología con algunos aspectos económicos, una de ellas (**El Terciario Carbonífero de Antioquia**) enfocada también hacia las reservas carboníferas.

Sin duda alguna **El Terciario Carbonífero de Antioquia** es el más valioso trabajo de Grosse sobre Colombia. Verdadera joya bibliográfica desde todo punto de vista: contenido científico, calidad de la edición (mapas, fotografías, impresión), originalidad, rareza etc., esta obra presenta por primera vez un mapa geológico detallado, escala

1:50.000, cubriendo una vasta zona, 2.500 Km². En ella se definen criterios fundamentales en la estratigrafía del Terciario, así como rasgos tectónicos (falla de Romeral, por ejemplo) con tan buen acierto que son actualmente aún utilizados por los geólogos colombianos.

Otras dos publicaciones de Grosse merecen ser destacadas, y son las tituladas **Acerca de la Geología del Sur de Colombia, I Huila y Alto Caquetá, II Patía y Nariño**. Aparecieron en el tomo III de la compilación de Estudios Geológicos Oficiales. Ambas son notables por sus observaciones estratigráficas, petrográficas, tectónicas y otras, pero la segunda lo es también por su bien logrado mapa geológico escala 1:250.000, que cubre una vasta e importante región del Suroccidente colombiano.

4. Ricardo Lleras Codazzi (1869-1904)

Único geólogo colombiano de la Comisión Científica Nacional, Ricardo Lleras Codazzi había estudiado en la Escuela de Minas de Medellín. Ocupó cargos diversos en la industria química y en la minería, hasta principios del siglo, época en que fue miembro de la Comisión de límites con Venezuela. Fue director del Laboratorio de Toxicología, fundador del de Merciológica, y luego miembro de la Comisión Científica Nacional de la cual llegó a ser subdirector. Posteriormente pasó a la sección Minas del Ministerio de Industrias. Se destacó en el campo de la enseñanza en varias instituciones, principalmente en la Universidad Nacional en la cual trabajó durante largos años, dictando clases de geología, mineralogía y química.

Lleras Codazzi fue ante todo mineralogista y petrógrafo. Escribió numerosos tratados y describió diversas especies minerales, una de las cuales, la vi-

terbita, resultó ser completamente nueva. Se interesó en la teoría de Wegener (Deriva continental), muy nueva y debatida en su época, hoy totalmente aceptada. En el tomo I de la compilación aparecieron sus trabajos de la época de la Comisión Científica Nacional, de los cuales el más notable es el llamado **Informe relativo a las regiones de Borzalosa y Guavinal, Cundinamarca** donde define algunos pisos estratigráficos. Muy reveladora del alto nivel científico de Lleras Codazzi, es su obra **Introducción al estudio de los minerales de Colombia**, publicada en 1903.

5. Otto Stutzer (1881-1936)

Como hemos visto, Stutzer reemplazó a Scheibe en la dirección de la Comisión Científica Nacional, y ocupó este cargo desde 1923 hasta 1926. Cumplido su contrato regresó a Alemania donde publicó sus trabajos en la revista *Neues Jahr für Mineralogie und Geologie*, de 1923 a 1928. En el tomo II de la compilación se recogieron los principales, traducidos al castellano. Merecen señalarse la **Contribución a la Geología del Foso Cauca —Patía** y la **Contribución a la Geología de la península de la Guajira**.

6. Ernest Scheibe

Sucesor de su padre, Robert Scheibe, en la Comisión Científica Nacional. Ernest Scheibe trabajó en Colombia entre 1924 y 1926. Además de diversos trabajos de geología económica se le debe una importante investigación que terminó en Alemania con la colaboración de varios especialistas, y que publicó en Berlín en 1937 y 1938 con el título de **Estudios Geológicos sobre la Cordillera Oriental**. En el tomo II de la *Compilación de Estudios Geológicos* aparecieron sus trabajos de geología económica arriba mencionados.

7. Los estudios Geológicos Oficiales (1933-1960).

En 1933, por disposición del Ministerio de Industrias, y bajo la dirección del Ingeniero J. A. Perry, jefe de la Sección Técnica del Departamento de Minas y Petróleos, y del geólogo Enrique Hubach, director de la Comisión Científica, nace la primera publicación regular sobre investigaciones geológicas con el título de **Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia**. Hasta ese momento la mayoría de los trabajos se habían publicado en el exterior, en diferentes lenguas y con poca difusión en Colombia, y muchos habían quedado inéditos.

La compilación funciona como una publicación más o menos regular, y llega a completar diez volúmenes hasta 1960, año en que desaparece. A partir de entonces su función es llenada por el Boletín Geológico, del Servicio Geológico Nacional, publicación que existe ya desde 1953.

Es indudable que la Compilación es una de las obras más valiosas de la geología colombiana, no sólo desde el punto de vista puramente académico (muchos de sus artículos conservan aún plena validez) sino como instrumento de recolección y de difusión de información. También tiene desde ahora un gran valor histórico puesto que recoge toda una época, de alta calidad, de investigaciones geológicas. A los méritos anteriores hay que añadir la excelente calidad de la edición.

Los cuatro primeros volúmenes de la compilación, publicados entre 1933 y 1938, presentan los trabajos de la Comisión Científica desde su fundación hasta 1933, así: Tomo I informes de R. Scheibe, Tomo II de Otto Stutzer y Ernesto Scheibe, Tomo III de Emil

Grosse, y Tomo IV de Emil Grosse, F. Weiske y H. Stille. El Tomo V (1942) contiene principalmente trabajos de Royo y Gómez, con algunos de E. Reymond, R. Sarmiento V. Oppenheim, y F. Wallace. En el Tomo VI (1945) hay informes de E. Hubach, B. Alvarado, V. Suárez, J. Royo y Gómez, A. del Río, G. Botero, E. Reymond, V. Mutis, F. Wallace y A. Clark, geólogos del Servicio Geológico Nacional con excepción del último de todos. Cabe destacarse en este volumen un corto trabajo de Hubach y Alvarado que hará historia en la geología colombiana, el titulado **La Altiplanicie de Paletará (Departamento del Cauca)**. El Tomo VII (1947) contiene informes de geología económica esencialmente, de diversos geólogos del servicio, lo mismo que el Tomo VIII (1950). El Tomo IX (1960) consta de una bibliografía de los informes del Instituto Geológico Nacional, y el Tomo X (1960) contiene los trabajos de R. Wokittel.

E. El desarrollo definitivo de las ciencias geológicas. El Servicio Geológico Nacional: 1940-1969

En la década de los años cuarenta aparecen nuevas e importantes perspectivas para el desarrollo de la geología en Colombia, al extremo de poderse afirmar que el lapso constituye un punto crucial en el desarrollo de esta ciencia. Nos parece que tal situación obedece simultáneamente a factores externos y a factores internos. Entre los primeros está ante todo, obviamente, la situación mundial. La Segunda Guerra Mundial ha interrumpido numerosas actividades y ha incrementado la demanda de materias primas minerales. Se ha perturbado igualmente el abastecimiento de ciertas materias primas que el país importa. Ante tales circunstancias se hace imperiosa la necesidad de emprender una intensa campaña de exploración minera en busca de las

materias primas que escasean. Otro de los factores externos es el gran desarrollo mundial de la industria petrolera, la cual, para efectos de exploración, requiere buenos estudios geológicos básicos.

Los factores internos son diversos. La industrialización del país ha llegado al punto de necesitar nuevas materias primas minerales (azufre, asbesto) o un incremento de las ya explotadas (carbón hierro). La misma industrialización exige grandes cantidades de energía eléctrica, con los necesarios estudios básicos que tal necesidad implica. También exigen estudios básicos las vías de comunicación. Finalmente, la llegada a Colombia de científicos extranjeros de gran valor como Enrique Hubach y Hans Burgl, y el regreso de colombianos especializados en el exterior como Benjamín Alvarado, no es un hecho extraño al desarrollo de la geología en el país.

Hechos sobresalientes de este período son: la creación del Ministerio de Minas y del Servicio Geológico Nacional, el nacimiento de la carrera geológica en la Universidad Nacional de Bogotá y en la Universidad Industrial de Santander, y la fundación de Ecopetrol y del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos.

1. El Ministerio de Minas y Petróleos

En 1905 el presidente Rafael Reyes dicta el decreto legislativo 34 por el cual otorga las primeras concesiones para la explotación del petróleo en Colombia, la Concesión Mares (Barrancabermeja) y la Concesión Barco (Catatumbo). Así se da el primer paso para el desarrollo de una industria de gran importancia para el país, que va a contribuir a dar a las ciencias geológicas un papel de primer plano en el desarrollo nacional. Re-

cordemos, como nota anecdótica, que al nacer la industria petrolera en los Estados Unidos se menospreció el papel de la geología en la búsqueda y explotación del petróleo, llegando algunos a afirmar que la mejor manera de no encontrar petróleo era contratar a un geólogo! Bien diferentes son las cosas al iniciarse el siglo XX.

Ya en los años treinta, con el continuo crecimiento de la industria del petróleo se empieza a sentir la necesidad de crear un ministerio que se encargue de ese ramo, hasta ese momento a cargo del Ministerio de Industrias. Para ese entonces ya varias grandes compañías petroleras venían explotando el petróleo y explorando en busca de nuevos yacimientos, principalmente la Tropical Oil, dueña de la concesión Mares, cuya explotación había iniciado en 1916.

El Ministerio de Minas y Petróleos fue creado en 1940 por el Gobierno Nacional, para trazar políticas en la explotación de recursos mineros y petroleros, y para explorar en busca de nuevos recursos. En el primer aspecto empezó por actualizar la antigua legislación de minas (Ley 37 de 1887) y el código de petróleos (Ley 37 de 1931). El código de Minas fue modificado sucesivamente en 1947 (Decreto 805), 1952 (Decreto 2514), 1967 (Ley 60), y 1969 (Ley 20). El de petróleos en 1961 (Ley 10). En cuanto a la exploración de recursos, se confió esta tarea al Servicio Geológico Nacional, institución adscrita al Ministerio y creada al mismo tiempo que este.

2. El Servicio Geológico Nacional (1940-1953, 1957-1968) y el Instituto Geológico Nacional (1953-1957).

Al crearse en 1940 el Ministerio de Minas y Petróleos se reemplaza la Comisión Científica Nacional por una nue-

va institución, el Servicio Geológico Nacional. Si los últimos años de la Comisión fueron difíciles por falta de personal, los años cuarenta coinciden con el regreso al país de varios geólogos que cursaban especializaciones en el exterior. De otro lado las necesidades mundiales y nacionales, motivadas en buena parte por la Segunda Guerra Mundial, impulsan una importante fase de exploración cuyos resultados no se hacen esperar: hierro (Paz de Río) carbón, calizas etc.

Las tareas encomendadas al Servicio fueron principalmente levantar el mapa geológico del país, evaluar el potencial minero conocido, y explorar en busca de nuevos depósitos. Primer director e impulsor del Servicio fue el geólogo Benjamín Alvarado.

El servicio empezó a funcionar con diferentes secciones: Cartografía, Geología Económica, Aguas Subterráneas, Ingeniería Geológica, Paleontología, Estratigrafía, Petrografía, Biblioteca y Museo. La década 1940-1950 corresponde a un necesario e importante período de desarrollo incipiente bajo la dirección de Benjamín Alvarado, Alejandro del Río, Roberto Sarmiento Soto y Vicente Suarez Hoyos, el cual desemboca en los años cincuenta, con la llegada a la dirección del Dr. Enrique Hubach, en el período que se podría llamar la Edad de Oro del Servicio Geológico, hasta principios de los años sesenta aproximadamente. Enrique Hubach, director de 1950 a 1957 hace del Servicio una institución moderna de investigaciones geológico-mineras la cual, sin descuidar la exploración de recursos minerales, sienta las bases científicas modernas para el estudio del subsuelo colombiano y adelanta gran número de investigaciones fundamentales sobre la cadena andina de Colombia. Uno de los grandes méritos de Hubach es el de

haber traído a Colombia toda una serie de investigadores europeos de alto nivel científico, quienes no solamente hicieron aportes valiosos al conocimiento de nuestra geología, sino que hicieron verdaderamente escuela entre los geólogos colombianos. Se destacan entre ellos H. Burgl, estratígrafo y paleontólogo, Th Van der Hammen, palinólogo, W. Nelson, petrógrafo, y H.C. Raasveldt, fotogeólogo.

Entre 1953 y 1957 el Servicio tomó el nombre de Instituto Geológico, por decreto 0738. Se le unieron la Planta Metalúrgica de Medellín y los Laboratorios de Fomento Minero de Pasto e Ibagué, pero sus labores investigativas siguieron siendo las mismas. En esta época se inició la publicación del **Boletín Geológico**, importante revista científica que sigue apareciendo en la actualidad.

Reorganizado el Instituto en 1957 nuevamente con el nombre de Servicio Geológico Nacional, bajo la dirección de Benjamín Alvarado, continuó sus labores, ya con el apoyo valioso del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional, creado en 1956. De esta época data la construcción de la sede, actual edificio de Ingeominas.

A partir de 1963 el Servicio trabaja paralelamente con el Inventario Minero hasta 1969, cuando los dos institutos se unen para formar, con el laboratorio Químico Nacional, el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, Ingeominas.

Enrique Hubach (1894-1968). En la Historia de las investigaciones geológicas en Colombia el nombre de Enrique Hubach debe colocarse en un sitio de honor. Fue científico de vastísimos conocimientos, investigador, explorador, maestro, administrador y hasta filósofo de la ciencia. Trabajador incansable,

sus informes son tantos que se desconoce su número exacto, en parte porque la mayoría quedarán inéditos. En su obra cubrió gran parte del territorio nacional, enfocando diversos aspectos de la geología, principalmente los relacionados con la estratigrafía, la geología económica y la ingeniería geológica.

Enrique Hubach nació el 25 de enero de 1894 en Osorno, Chile. Fueron sus padres don Conrad Hubach y doña Marta Eggers, ciudadanos alemanes. Después de estudios primarios en Osorno, adelantó los secundarios en Kassel (Prusia Oriental) y los de geología en la Universidad de Berlín.

En 1922 el gobierno colombiano solicitó al gobierno Alemán un geólogo para su Ministerio de Industrias, y escogido Enrique Hubach, empezó a trabajar en la División de Minas y petróleos del Ministerio. Sus primeros años fueron dedicados a exploraciones petroleras en las regiones del Catatumbo, Urabá, Chocó, Cauca y Valle principalmente, y a diversos estudios sobre la Cordillera Oriental (carbón, deslizamientos ect). De 1931 a 1934 fue director de la Comisión Científica Nacional. En 1936 una mordedura de serpiente lo obligó a disminuir sus actividades de campo y entonces se dedicó a la docencia en la Universidad Nacional hasta 1938, cuando pasa a trabajar en la Shell Oil, como geólogo Jefe.

En 1943 Enrique Hubach contrae matrimonio con la señorita Josefina Valencia, hija del maestro Guillermo Valencia. Esta unión lo vincula definitivamente al Suroccidente Colombiano, región en que vivirá prácticamente hasta el final de su vida. En 1946 y 1947 es profesor de la Universidad del Cauca y hasta 1950 vive en Popayán dedicado a actividades privadas. De 1950 a 1957 ocupa la Dirección del Servicio Geológico Nacional,

después de lo cual regresa a vivir en Popayán, donde muere el 13 de septiembre de 1968.

La obra de Hubach se caracteriza por su prodigiosa extensión, la variedad de los temas y el alto nivel de rigor científico. En la bibliografía de los informes del Servicio Geológico Nacional, hasta 1960, aparecen 170 informes de Enrique Hubach como autor único, y 39 como primer autor. Los más importantes de estos fueron publicados en la compilación de Estudios Geológicos Oficiales. Hay que añadir a lo anterior los trabajos publicados en el Boletín de Minas y Petróleos, los trabajos hechos para la Shell y una serie de notas no publicadas, dejadas en manos de sus familiares.

La obra científica de Hubach amerita una investigación detallada. Es necesario recopilar los informes dispersos, publicados y no publicados, evaluar las notas y seleccionar las que hagan nuevos aportes, y finalmente hacer una publicación de toda obra. Entre tanto sólo es posible hacer un somero análisis de los trabajos publicados por el servicio geológico, o archivados en su biblioteca, la actual biblioteca de Ingeominas, y los publicados en las revistas más importantes.

En el fichero de la biblioteca de Ingeominas aparecen los trabajos publicados en revistas que la biblioteca posee; su número es de cuarenta y uno. Dada la importancia de la biblioteca deducimos que se trata de la mayoría de los trabajos publicados de Hubach. En la Compilación de Estudios Geológicos oficiales aparecen trabajos de investigación geológica básica, con algunos de geología económica. De igual género son los trabajos publicados en el Boletín Geológico. El Boletín de Minas y Petróleos contiene por su parte trabajos de

exploración minera y relacionados con los problemas de ingeniería, y finalmente algunos aparecen en revistas especializadas, por ejemplo estudios sobre suelos en la Revista de Ciencias del Suelo, o estudios de carácter histórico en el Boletín de Historia y Antigüedades. Vale la pena resaltar entre los trabajos publicados los principales en las áreas de investigación básica del subsuelo colombiano, de exploración de depósitos minerales, de problemas de minería e ingeniería de importancia para el desarrollo del país, y los de carácter filosófico e histórico.

Los estudios de investigación básica de Hubach son numerosos y todos de gran valor. Entre ellos hay sin embargo algunos de gran alcance principalmente por ser obras de síntesis de grandes regiones geológicas de Colombia. Nos referimos principalmente al ya mencionado, titulado **La Antiplanicie de Paletará, Departamento de Cauca**, escrito con Benjamín Alvarado, publicado en la Compilación de Estudios Geológicos Oficiales, tomo VI. En este corto trabajo se definen las grandes unidades geológicas del Occidente Colombiano, unidades que son las actualmente utilizadas. Se mencionan allí por primera vez formaciones como la del Dagua, formación Diabasa y la Formación del Cauca, y se correlacionan con las estudiadas en otras regiones como Antioquia, o por otros autores como Grosse, Ospina y Scheibe. Otro trabajo de gran importancia académica es el de la **Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y sus alrededores**, donde se actualizan y se normalizan los conceptos conocidos hasta entonces y se da una columna estratigráfica más o menos definitiva para la Sabana de Bogotá. Este trabajo, publicado en el Boletín Geológico en 1957, es apenas una parte de un importante informe, probablemente el más valioso trabajo de Hubach, desafortunadamente

inédito. Se trata del **Informe 1212 del Servicio Geológico**, cuyo título es **Contribución a las Unidades Estratigráficas de Colombia**. Finalmente, entre las investigaciones de Hubach vale la pena mencionar un trabajo, pequeño en volumen pero de gran valor geológico, publicado en la Compilación de Estudios Geológicos Oficiales, tomo VI, llamado **La Formación Cáqueza**. En dos páginas Hubach describe la geología de la región de Cáqueza, y añade un valioso perfil geológico que constituye una interpretación muy acertada de la Cordillera Oriental.

Los trabajos de Hubach en el campo de la exploración de recursos mineros son los más numerosos en toda su obra. Generalmente se trata de pequeños informes sobre problemas específicos, aun cuando hay algunas de síntesis, especialmente en cuanto a exploración del petróleo, por ejemplo las **Manifestaciones petrolíferas del Chocó** (Boletín de Minas y Petróleos tomo IV, 1930) o **Determinación y apreciación general de las áreas petrolíferas de Colombia** (Boletín de Minas y Petróleos, tomo I, 1929). En otros campos se destacan: el **Estado actual de la exploración de fosfatos en Colombia** (Boletín Geológico, Vol. I, 1953) y la **Contribución al conocimiento de los carbones de la Cordillera Oriental** (Compilación de Estudios Geológicos Oficiales, tomo II, 1933) y **Anotaciones sobre la estructura de la Cordillera Occidental y sobre el estudio del platino** (Boletín de Minas y Petróleos, tomo IV, 1930). Sin embargo la lista de ejemplos se haría interminable si quisiéramos citar uno de cada rama de la exploración. Bástenos decir que Hubach trabajó prácticamente en todos los campos de la exploración de minerales, incluyendo búsqueda de aguas, y otros, y que en todos los campos hizo aportes de gran utilidad.

Uno de los mayores méritos de Enrique Hubach es haberse preocupado constantemente por el futuro desarrollo del país en aspectos como la industria petrolera, la energía hidroeléctrica, todos los aspectos mineros, y la construcción de vías de comunicación. Los ejemplos podrían también ser numerosísimos, pero basta citar algunos entre los más importantes: **Yacimientos de mineral de hierro de carbón y de caliza como base de la industria siderúrgica** (Boletín Geológico, tomo I, 1953). **Apreciación de los proyectos de canal interoceánico por el Napipí y el Truandó, según puntos de vistas geológicos** (Boletín de Minas y Petróleos, tomo III, 1930), **Proyecto del río Teusacá destinado a abastecimiento de agua pura para Bogotá** (Compilación de Estudios Geológicos Oficiales, tomo VII, 1946), y uno de gran valor cuyo mérito no ha sido aún reconocido, el llamado **Aspecto Geológico y Económico del yacimiento de carbón del Cerrejón, Departamento del Magdalena**. Este informe, hecho para el Instituto de Fomento Industrial en mayo de 1947, es el primer estudio técnico sobre una zona minera de importancia vital para el país en la actualidad.

Vale la pena igualmente poner en evidencia dos trabajos de carácter histórico filosófico: **El influjo del ambiente científico en don Francisco José de Caldas y su trascendencia** (Boletín de Historia y Antigüedades, Vol XLI, 1954; y **La obra geológica de don Tulio Ospina** (Boletín de Historia y Antigüedades, vol. XLIV, 1957).

Hans Burgl (1907-1966). En 1951, sintiendo Enrique Hubach, entonces Director del Servicio Geológico, la necesidad de organizar y desarrollar el Departamento de Paleontología y Estratigrafía, se decidió a hacer venir a Colombia un científico de gran valor y lar-

ga experiencia, el austriaco Hans Burgl.

Hans Burgl nació en Viena, ciudad donde adelantó estudios de geología bajo la dirección de un gran maestro de la época, el profesor Eduard Suess. Laureado doctor en geología y paleontología en 1933, empezó una carrera de casi veinte años en la industria petrolera, inicialmente con la Standard Oil (Egipto), y luego sucesivamente con la Kontinentale Erdolgesellschaft (Rumania), la Kohle Oil Union (Checoslovaquia), y de nuevo con la Standard Oil (Austria).

En el Servicio Geológico, Burgl empezó por organizar el Departamento de Estratigrafía dividiéndolo en varias secciones, Paleontología, Petrología y Paleobotánica. También se desempeñó como profesor de geología en la Universidad Nacional, primero en el Instituto de Ciencias y posteriormente en el Departamento de Geociencias, creado en 1956. Entre estas dos actividades, la investigación y la docencia, dividió su tiempo hasta su muerte, sucedida en Bogotá en 1966.

Las investigaciones de Hans Burgl en Colombia cubrieron principalmente las áreas de la paleontología y la estratigrafía, aunque también se conocen algunas sobre yacimientos minerales, exploración minera, y otras. La gran mayoría de las publicadas lo fueron en el Boletín Geológico, aproximadamente en número de quince entre 1954 y 1967. Fue sin embargo en otra publicación, la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, donde apareció su obra maestra, en 1961, la **Historia Geológica de Colombia**, síntesis magistral y aún no igualada en muchos aspectos, de la geología de todo el territorio colombiano.

Entre las investigaciones básicas publicadas de Burgl se destacan, fuera de la ya mencionada: **Catálogo de las amonitas de Colombia, Parte I, Pulchellidae** (1956), **Biostratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores** (1957) y **Sedimentación cíclica en Geosinclinal Cretáceo de la Cordillera Oriental de Colombia** (1959), todas publicadas en el Boletín Geológico.

En cuanto a las de Geología Económica, de las cuales casi ninguna ha sido publicada, mencionaremos: **El descubrimiento del petróleo en Tolú, Dpto de Bolívar** (1954), **Condiciones Geológicas de las minas de esmeraldas de Muzo** (1955), publicado por Domínguez (1965), y **Recomendaciones respecto a la explotación de esmeraldas en Muzo y Coscuez** (1959).

Una parte de la obra de Burgl está aún inédita. Entre los informes del Servicio Geológico Nacional no publicados figuran unos veinticinco de Hans Burgl como autor único y siete como primer autor. Como en el caso de la de Enrique Hubach, esta obra merece ser recopilada, evaluada y publicada.

Roberto Wokittel (1893-1970). El geólogo alemán Roberto Wokittel jugó un papel importante en la geología en Colombia, primero como profesor de la Escuela de Minas, luego como geólogo del Servicio Geológico durante el periodo de Enrique Hubach.

Roberto Wokittel fue alumno de la Universidad Técnica de Berlín en la cual se especializó en ingeniería de minas y beneficio de minerales (1923) para luego pasar a ser profesor de la misma universidad durante dos años, actividad que interrumpió para venir a Colombia como profesor de la Escuela de Minas. En esta institución se desempeñó hasta 1937, alternando sus labores

con las de consultor de Ferrocarril de Antioquia. Regresó a Alemania donde permaneció hasta 1949 y volvió a Colombia al servicio del Instituto de Fomento Industrial. A partir de 1952 pasó al Servicio Geológico como jefe de la sección de Geología Económica.

El campo de investigación de Roberto Wokittel fue casi exclusivamente el de la exploración y explotación de minerales, campo en el cual fue maestro de gran valor. Lo más importante de su obra es el tomo X de la Compilación de Estudios Geológicos Oficiales, publicado en 1960 bajo el título de **Recursos minerales de Colombia**. El estudio contiene una parte general, en la cual se plantean conceptos básicos sobre la estratigrafía de Colombia, y una parte especial, en la cual se tratan los minerales agrupados en minerales orgánicos, metálicos, metaloides, no metales, fertilizantes, piedras preciosas, piedras diversas, y aguas y energía eléctrica. Para cada mineral se dan datos sobre la situación nacional, yacimientos en Colombia, importaciones o exportaciones, mapa de localización etc. La obra es el primer ensayo de inventario de recursos mineros, antecesora de **Recursos minerales de Colombia** que publicará el Ingeominas en 1978.

José Royo y Gómez (1895-1961). Otro investigador que se destacó durante este periodo fue el geólogo español José Royo y Gómez, quien llegó a Colombia en 1939. Nació en Castellón de la Plana, y estudió en la Universidad de Madrid, coronando su doctorado en Ciencias Naturales en 1921. Fue profesor de Mineralogía y Geología en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid, jefe de las Secciones de Geología y Paleontología del mismo, y de 1937 a 1939 director del Museo de Antropología, Etnografía y Prehistoria de Madrid. También fue vicepresidente de la Sociedad Geológica

de Francia en 1927, y Director General de Minas de España en 1936 y 1937. Emigró a Colombia al terminar la guerra civil española, precisamente en el momento de la creación del Servicio Geológico Nacional, al cual se vinculó como jefe de la Sección de Paleontología y Estratigrafía. Su gran obra en Colombia será justamente la organización de la sección y la creación del Museo Geológico, motivo de orgullo de la geología colombiana aun en la actualidad. Royo y Gómez permaneció en Colombia hasta 1951, año en que fue llamado por la Universidad Central de Caracas para ocupar la cátedra de Geología, cargo que desempeñó hasta la muerte, ocurrida en 1961.

La obra de Royo y Gómez en Colombia cubre principalmente el área de la paleontología y la estratigrafía. En este último campo se sitúan sus más valiosos aportes, entre los cuales mencionaremos los más importantes, tres a nuestro juicio. Royo y Gómez fue el primero en hacer precisiones biostratigráficas en los terrenos cretáceos de la Cordillera Oriental. Sobre este tema su mejor trabajo es **Columnas estratigráficas de la Cordillera Oriental de Cundinamarca**, publicado en el Informe del Ministerio de Minas al Congreso Nacional en 1942. En la Revista de la Academia de Ciencias apareció en 1946 un importante trabajo titulado **Los vertebrados del Terciario continental colombiano**, de gran valor en el aspecto estratigráfico. Finalmente, una de las mayores contribuciones de Royo y Gómez le ha sido paradójicamente desconocida oficialmente. Se trata del **Mapa Geológico de Colombia** escala 1:1.500.000, publicado con autoría del Servicio Geológico Nacional pero en realidad obra casi completamente suya. Hay que anotar que con este trabajo el Servicio Geológico obtuvo el premio Ricardo Lleras Codazzi.

En el campo de la paleontología vale la pena señalar algunos aportes de Royo y Gómez. En el volumen VI de la Compilación de Estudios Geológicos Oficiales fue publicado el trabajo **Fósiles carboníferos e infracretáceos del oriente de Cundinamarca**, y en las Actas Científicas de Venezuela apareció en 1953 **Fósiles del cretáceo inferior de Venezuela**. En este último trabajo hay numerosos datos importantes sobre Colombia, aunque el tema principal sea Venezuela.

Finalmente, Royo y Gómez hizo un valioso aporte en materia bibliográfica. Publicó en el Tomo VI de la Compilación de Estudios Geológicos Oficiales en 1945, la primera **Bibliografía Geológica Geográfica y minera de Colombia**, bibliografía que fue completada en el tomo VIII en 1950.

Otros investigadores del Servicio Geológico Nacional. La lista de los investigadores del Servicio Geológico Nacional se haría demasiado larga si quisiéramos citarlos a todos. Vale la pena, sin embargo, señalar a los más importantes y sus principales aportes.

Th. Van der Hammen, especialista de la palinología, empezó a trabajar en Colombia en la época de Enrique Hubach y lo sigue haciendo en la actualidad desde la Universidad de Utrecht. La contribución de Van der Hammen ha sido decisiva para resolver grandes problemas estratigráficos del Cretáceo y el Terciario colombianos. Sus publicaciones son numerosísimas; una parte de ellas ha aparecido en el Boletín Geológico, revista que, dicho sea de paso, fue una de las primeras en el mundo en publicar sobre palinología. El aporte de Van der Hammen ha sido también fundamental para la arqueología colombiana.

H. W. Nelson, petrógrafo, hizo aportes de valor en el estudio de las rocas ígneas y metamórficas. Sus más conocidos trabajos son los cortes de la Cordillera Central (Ibagué-Armenia) y de la Cordillera Occidental (Cali-Buenaventura), publicados en el Boletín Geológico.

H. C. Raasveldt, tuvo el mérito de introducir en el país las nuevas técnicas de la fotointerpretación geológica.

B. Alvarado, es ciertamente la figura colombiana más notable en la geología durante este periodo. Colaboró con Hubach, y con él publicó importantes investigaciones (**La altiplanicie de Palestina**, *Compilación de Estudios Geológicos Oficiales*, tomo VI, por ejemplo). Fue en varias ocasiones director del Servicio Geológico.

3. El Inventario Minero (1963-1969).

En 1963 el Gobierno da inicio, con la financiación de la Agencia Internacional para el Desarrollo y la asesoría técnica del Servicio Geológico de los Estados Unidos, a un importante proyecto, el Inventario Minero, que funciona como una Institución paralela al Servicio Geológico. En él trabajan unos cuarenta geólogos colombianos con unos diez norteamericanos en varias Oficinas Regionales (Bogotá, Barranquilla, Medellín y posteriormente Bucaramanga). Se supone que el proyecto debía hacer un verdadero inventario de recursos mineros pero la verdad es que este propósito era imposible sin tener de antemano sólidos estudios geológicos básicos. Por esta razón el proyecto se encaminó hacia un programa más de cartografía geológica que de exploración minera. A pesar de lo anterior los beneficios fueron importantes por varias razones. Se inició la cartografía sistemática del país. Hasta ese momento solo se habían

trabajado zonas aisladas según las necesidades más urgentes. Por otra parte, los estudios realizados fueron de buena calidad y constituyen una base para el conocimiento geológico del subsuelo nacional. Finalmente, los resultados fueron publicados y tuvieron buena difusión.

En materia de conocimiento de los recursos minerales, merece la pena destacar los importantes avances logrados en las exploraciones sobre rocas fosfóricas, estudios iniciados por el Servicio Geológico Nacional y continuados por el Inventario Minero Nacional, los cuales permitieron el descubrimiento de los depósitos conocidos en el país, hoy en día objeto de evaluación para su utilización en la elaboración de fertilizantes.

En el Boletín Geológico aparecieron, en el año de 1967, en el Vol. XV Nos. 1-3 los estudios sobre rocas fosfóricas realizados hasta esa fecha. Entre 1970 y 1972, seis números con los estudios realizados por el Inventario Minero, con los títulos siguientes: **Recursos minerales de la Sierra Nevada de Santa Marta** (Vol. XVIII, No. 1, 1970), **Recursos minerales de parte de los Departamentos de Norte de Santander y Santander** (Vol. XVIII, No. 3, 1970), **Recursos minerales de parte de los Departamentos de Cundinamarca, Boyacá, y Meta** (Vol. XIX, No. 1, 1971), **La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia** (Vol. XIX, No. 2, 1971), **Geología de parte de los Departamentos de Antioquia y Caldas, sub-zona II-A** (Vol. XX, No. 1, 1972), y **Geología de parte de los Departamentos de Antioquia y Caldas, sub-zona II-B** (Vol. XX, No. 2, 1972).

4. Las Universidades.

Durante el período 1940-1969 nacen las principales facultades de Geología

que, junto con la Escuela de Minas, funcionan actualmente en el país.

La Universidad Nacional de Bogotá había ofrecido durante muchos años cátedras de geología en su Instituto de Ciencias Naturales, dictadas por Ricardo Lleras Codazzi, Enrique Hubach, José Royo y Gómez y otros notables investigadores. También en la facultad de Ingeniería se habían dictado cursos de geología para ingenieros, a cargo de Jorge A. Perry, Julio de Mier, Felix Mendoza, Benjamín Alvarado y José Sandoval. A partir de los años cuarenta, con la creación del Servicio Geológico Nacional, el desarrollo de la industria del petróleo, la construcción de la red vial, entre otros, se empieza a sentir la necesidad de una facultad de Geología en Bogotá. En 1956, impulsado principalmente por los geólogos de la industria petrolera, entre ellos Luis G. Durán, nace el Departamento de Geología de la Universidad Nacional. La primera promoción de geólogos egresa en 1959. El Departamento se constituye rápidamente en un polo de desarrollo de las Ciencias de la Tierra. Su órgano de difusión científica es la revista **Geología Colombiana**, en la cual aparecen importantes contribuciones a la geología del país. Por otra parte el Departamento es fundador, en 1960, de la Sociedad Colombiana de Geología, principal asociación de geólogos colombianos hasta nuestros días, y organiza el Primer Congreso Colombiano de Geología en Bogotá, en 1969, al cual asisten numerosas personalidades de la geología mundial.

En 1968 es fundada en Bucaramanga la Universidad Industrial de Santander, y unos años más tarde empieza a funcionar dentro de ella la Facultad de Ingeniería de Petróleo. La facultad se convierte muy pronto en centro de investigaciones geológicas, con figuras

notables como los españoles Manuel Julivert y Jaime de Porta, quienes hacen importantes publicaciones en el **Boletín de Geología**, importante revista científica, órgano de la facultad. Hay que señalar, como obras importantes de Julivert y de Porta, el **Léxico Estratigráfico Internacional**, Colombia, dos volúmenes de una valiosa obra universal publicada por Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Francia, consideradas ya como clásicos de la literatura geológica colombiana.

La Universidad Javeriana se une al desarrollo de la geología en Colombia con la fundación en 1941 del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos. El instituto fue creado por Simón Sarrazola S. J., pero su verdadero impulsor fue Jesús Emilio Ramírez S. J., figura destacante en la ciencia colombiana, quien lo dirigió prácticamente desde su fundación hasta 1980. La obra del Instituto ha consistido esencialmente en llevar el registro sísmológico del país, desarrollando una red básica de observatorios (Chinchiná, Galerazamba, Fúquene y Pasto). También ha adelantado estudios de magnetismo y gravimetría. En tre las publicaciones del Instituto se destacan el **Mapa sísmico y tectónico de Colombia** (1973) y una valiosa **Bibliografía sobre Geología y Geofísica de Colombia**, (1973) ambas firmadas por J. E. Ramírez.

5. El aporte de la industria petrolera

Hasta los años sesenta aproximadamente, dado el conocimiento aún incipiente que se tenía de la geología del país, las empresas petroleras se vieron obligadas a realizar sus propios estudios geológicos básicos. Obviamente, estos cubren las áreas promisorias para el petróleo, es decir las regiones sedimentarias de los valles interandinos y una parte de los Llanos Orientales prin-

cialmente. Aunque desafortunadamente buena parte de los estudios no han sido publicados por evidentes razones, los que lo han sido han contribuido notablemente al avance del conocimiento del subsuelo colombiano.

En 1921 aparece un trabajo de Beck, en 1927 uno de Garner, y en 1945 uno de Anderson, todos de carácter general sobre los recursos petroleros de Colombia. Pero probablemente la zona más estudiada por los petroleros haya sido el Valle del Magdalena, inicialmente, el Valle Medio y Bajo, con los trabajos de Hermisch en 1934 y de Wheeler en 1935, luego el Valle Medio y Alto gracias a Butler en 1942 y a de Porta en 1966. La cuenca del Catatumbo también llamó muy pronto la atención, por ser una de las primeras en ser explotadas; el estudio más importante es el de Notestein (1944), completado en 1968 por el de Glenn.

Los Llanos Orientales han sido objeto de numerosos estudios para el petróleo; el más conocido de los publicados es de Oppenheim (1942). En cuanto a la parte occidental de Colombia ha sido menos estudiada por ser menos favorable. Existen, sin embargo estudios de Oppenheim (1949) sobre la Costa Sur del Pacífico colombiano y de Nygren (1950) sobre toda la Costa Pacífica.

Aunque las rocas precretáceas de Colombia han sido consideradas poco promisorias para el petróleo, curiosamente las compañías petroleras han hecho valiosos estudios sobre ellas. La razón probablemente es que su poco valor ha permitido publicar estudios científicos, lo que no ha sucedido con formaciones más interesantes. Caster, en un ya clásico trabajo (**A. Devonian fauna from Colombia**, Bull Amer Paleontology, 1939), describió por vez primera la fauna paleozóica de Colombia. Por su parte

Dickey, en 1941, publica un importante estudio sobre los sedimentos precretáceos de Colombia. Pero las contribuciones más numerosas sobre este problema son las del grupo de la Shell, dirigido por D. Trumpy, donde trabajaron O. Renz y A. Gansser todos de nacionalidad Suiza, y Enrique Hubach. El trabajo más notable es el de Trumpy titulado **Pre-Cretaceous of Colombia**, Bull G.S.A., 1943.

La geología del petróleo se institucionaliza en Colombia con la fundación de la Empresa Colombiana de Petróleos, Ecopetrol, en 1940. Su origen está en el término de las primeras concesiones petroleras a compañías americanas. Al tener que tomar el país el control de la exploración, y no existiendo empresas privadas en el ramo, el Estado debió asumir tal control a través de una empresa oficial creada para tales fines. Con el tiempo Ecopetrol se encargará no solo de la explotación sino de la exploración de los yacimientos de petróleo de Colombia.

6. La integración de las investigaciones geológicas al desarrollo técnico-industrial.

Directa o indirectamente las investigaciones geológicas en Colombia siempre han estado vinculadas al proceso de desarrollo técnico-industrial. Recordemos a don José Celestino Mutis impulsando nuevas técnicas metalúrgicas en sus minas de plata de El Sapo, a Francisco José de Caldas buscando nitratos para las fábricas de pólvora, o a los miembros de la Comisión Corográfica haciendo un inventario de depósitos minerales, etc... Aun los exploradores como Karsten o Hettner, aunque no se ocuparon directamente de recursos minerales, hicieron aportes básicos para futuros desarrollos de la minería. Sin embargo, nos parece que a partir de

cierto momento en la historia del desarrollo técnico-industrial la geología viene a integrarse institucionalmente y en forma tangible al proceso, y creemos que ese momento corresponde al de la creación del Ministerio de Minas del Servicio Geológico Nacional y del Instituto de Fomento Industrial, ocurrida simultáneamente en 1940.

Ya vimo cómo la Segunda Guerra Mundial fue la ocasión, por las necesidades que creó, de impulsar industrias, entre ellas muchas relacionadas con la minería, como es el caso de la siderúrgica, la de cementos, la de soda, y otras. El instituto de Fomento Industrial tuvo como uno de sus principales objetivos desarrollar la industria minera, de tal suerte que pudiera abastecer en materias primas minerales a todo el sector industrial. Esta política fue seguida tan estrictamente que entre los 65 proyectos financiados por el IFI entre 1941 y 1973, 18 pertenecen directamente al sector minero, o sea el 27.7%. Entre estos los más notables son tal vez la Siderúrgica de Paz de Río, la Planta de Soda de Zipaquirá, y Cementos Boyacá. En estos casos y otros más se contrató el Servicio Geológico para la ejecución de los estudios de geología y cálculos de reservas. Dicho sea de paso, la gran mayoría de los depósitos minerales explotados en esa época y aun en la actualidad son hallazgo del Servicio Geológico.

El desarrollo industrial de los años cuarenta se acompaña lógicamente con un gran incremento en la demanda de energía eléctrica, la cual pasa de 74 millones de KWh en 1939 a 121.4 millones en 1945. La construcción de centrales hidroeléctricas se intensifica, con la necesaria participación de los estudios geológicos. Lo mismo sucede con la red de carreteras y otras grandes obras de ingeniería civil.

En la misma época y ante las necesidades ya mencionadas, empiezan a instalarse oficinas de consultoría geológica a la vez que las grandes compañías de ingeniería civil abren departamentos de geología. Estas actividades ocupan en la actualidad una tercera parte de los geólogos activos en Colombia.

F. La diversificación de las investigaciones geológicas: 1969-1983

En el año de 1969 se inicia una nueva etapa en la Historia de las investigaciones geológicas en Colombia. Con la creación del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras Ingeominas, podemos decir que se institucionalizan y se diversifican las investigaciones. Se institucionalizan porque se crea un centro de investigaciones con vida propia. Ya no se trata de un servicio destinado a suplir las necesidades urgentes e inmediatas del Estado en materia de recursos mineros y de problemas geológicos, sino de un instituto que toma en sus manos el estudio sistemático del subsuelo nacional. Se diversifican porque la nueva institución está dotada de una estructura y una planta de personal que le permiten abordar una vasta gama de áreas de investigación. No significa lo anterior que no se hubieran hecho investigaciones antes de la creación del Ingeominas, sino que estas habían sido más bien un subproducto de las actividades de minería, la exploración, docencia y otras.

En 1969 ocurre otro importante acontecimiento que viene a reforzar lo anterior. Se realiza el Primer Congreso Colombiano de Geología, con lo cual se abre una serie de intercambios entre los investigadores de la geología de Colombia.

Durante el periodo 1969-1983 se continúan y se diversifican en las Universi-

dades las actividades de investigación iniciadas anteriormente. El Departamento de Geología de la Universidad Nacional, por ejemplo, se amplía y se convierte en Departamento de Ciencias de la Tierra. Al mismo tiempo se crean otras escuelas, como la de Minas de Sogamoso, y más recientemente la Facultad de Geología de la Universidad de Caldas.

La falta de una perspectiva histórica, dada la cercanía del periodo considerado, nos impide destacar hombres y obras, razón por la cual nos vemos limitados a trazar las grandes líneas institucionales de las investigaciones geológicas.

1. Ingeominas

Por decreto extraordinario 3161 de 1968 el Gobierno crea el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras, Ingeominas, uniendo tres instituciones: el Servicio Geológico Nacional, el Inventario Minero y el Laboratorio Químico Nacional. El nuevo Instituto empieza a funcionar en marzo de 1969 con estatutos aprobados por el decreto 441 de 1969, los cuales le asignan las funciones de investigar y evaluar los recursos naturales no renovables, y levantar el mapa geológico del país, principalmente. Los mismos estatutos establecen la organización interna: Dirección General, Subdirecciones, Divisiones, Secciones y Grupos. Igualmente crean Oficinas Regionales, que empiezan a funcionar en Bucaramanga, Ibagué, Medellín, Sogamoso y Popayán.

El Instituto comienza sus labores con una planta de unos ochenta geólogos hasta 1974, cuando el acuerdo 011 de la Junta Directiva amplía la planta a unos ciento veinte geólogos y cuarenta químicos, números que se mantienen en la actualidad a pesar de reorganizaciones

internas en 1977 y 1979. Esta última crea una nueva Oficina Regional en Cali, en el momento en que se aprueba el decreto 1321, que da a Ingeominas un régimen especial entre las instituciones oficiales en materia de salarios. Con este régimen se aspira a impulsar las investigaciones científicas, por cuanto los salarios son determinados por la producción científica de los investigadores.

De una manera general, el Instituto ha venido operando en la forma siguiente: las Oficinas Regionales adelantaban proyectos de Cartografía Geológica, Exploración Geoquímica e Investigación Básica, proyectos que son apoyados desde la Regional de Bogotá (Regional de Sogamoso hasta 1979) por una serie de Divisiones Técnicas: Carbones, Geofísica, Hidrogeología, Sensores Remotos, Petrografía, Estratigrafía, y por la Subdirección Química. A partir de 1979 algunas oficinas regionales cuentan con sus propias Divisiones Técnicas: Petrografía en Medellín, Geoquímica en Cali. Por otra parte, tanto en las Regionales como en Bogotá se realizan diversos proyectos de investigación geológica básica.

En cumplimiento de sus funciones el Instituto acomete la cartografía geológica sistemática del país, escala 1:000.000, conjuntamente con la exploración minera.

Aunque una lista de las realizaciones de Ingeominas se haría interminable nos parece importante destacar los más notables proyectos y actividades adelantados hasta 1983. En cartografía geológica y exploración geoquímica se ha cubierto una superficie equivalente a la cuarta parte del territorio nacional. De esta parte se ha publicado hasta 1983 aproximadamente el 70% en hojas separadas, escala 1:100.000, de dos mil cuatrocientos kilómetros cuadrados ca-

da una. En 1976 el Instituto publicó un **Mapa Geológico de Colombia** escala 1:500.000, el más actualizado con que se cuente hasta hoy en esta escala. En exploración se han detectado una serie de blancos para futuros desarrollos mineros, algunos de los cuales han sido objeto de estudios detallados. Particular atención se ha puesto en los metales básicos (cobre, zinc, molibdeno), sin descuidar otros tipos de depósitos como metales preciosos, carbones, etc. Tal vez el prospecto de mayor envergadura sea el de molibdeno cobre de Mocoa en el cual se ha trabajado desde 1974, llegando hasta el estudio de prefactibilidad.

De particular importancia ha sido la labor de Ingeominas en el campo de la hidrogeología pues ha suministrado agua potable a numerosos municipios, de la Sabana de Bogotá y de la Costa Atlántica principalmente. En este campo el Instituto ha trabajado con asesoría holandesa.

El **Boletín Geológico**, iniciado por el Servicio Geológico Nacional, siguió siendo el órgano de difusión de las investigaciones de Ingeominas. De 1969 a 1983 se publicaron nueve volúmenes, completando así veinticinco volúmenes desde su iniciación. A partir de 1978 Ingeominas inicia una nueva serie con las **Publicaciones Especiales de Ingeominas**, en la cual han aparecido trabajos de gran importancia, como los **Recursos Minerales de Colombia** (No. 1, 1978), la más importante compilación sobre la materia, que actualiza el trabajo de Wokittel (1960), y la **Evaluación de siete zonas carboníferas de Colombia** (No. 6, 1980).

El Museo Geológico y la Biblioteca, igualmente iniciados por el Servicio Geológico Nacional, también entraron a formar parte de Ingeominas, y han sido

ampliados hasta convertirse en las mejores instalaciones en su género en el país.

En materia de investigaciones geológico-mineras Ingeominas ha sido indudablemente el principal centro del país, siguiendo la tradición heredada del Servicio Geológico Nacional. Dato revelador a este respecto es el número de convenios internacionales vigentes en 1982, que alcanza la cifra de diecisiete. Se trata de acuerdos con universidades e institutos de investigación para adelantar proyectos conjuntos de investigación geológica en Colombia. Durante 1983 se ejecutó un proyecto con el Servicio Geológico de los Estados Unidos cuyos principales resultados fueron el **Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia** escala 1:1'000.000, la **Evaluación de Recursos Minerales no combustibles**, y la creación de un banco de datos de geoquímica.

2. La Sociedad Colombiana de Geología.

En 1960 un grupo de geólogos colombianos adscritos al Departamento de Geología de la Universidad Nacional de Bogotá funda la Sociedad Colombiana de Geología y nombra como primer presidente a Jesús Emilio Ramírez S.J. Los objetivos de la Sociedad son principalmente propender por el adelanto de la Geología y ciencias afines en el país, y asesorar al Gobierno Nacional en materia de política científica y tecnológica. La sede es Bogotá y se pueden formar capítulos en cualquier sitio del país donde haya más de cinco miembros. Actualmente hay capítulos en Bucaramanga, Cali, Ibagué y Medellín. La Sociedad ha sido desde su fundación la principal asociación de geólogos del país. En la actualidad cuenta con más de cuatrocientos miembros.

Entre los principales logros de la Sociedad está en primer lugar su participación en la organización de todos los congresos geológicos nacionales e internacionales que se han realizado en Colombia. Además, la Sociedad edita un boletín informativo, *Geonotas*, y desde 1980 una revista científica, *Geología Norandina*. Esta última es actualmente una de las más importantes en el campo de la geología, no solamente en Colombia sino, haciendo honor a su nombre, en los países vecinos, Venezuela y Ecuador principalmente. Característica de la revista ha sido la facilidad que ha dado a los investigadores para publicar rápidamente trabajos de relativa corta extensión, con lo cual se ha constituido en la más actualizada de las publicaciones de geología en Colombia.

3. La ley 9 de 1974

La Junta Directiva de Agunal (Asociación de Geólogos de la Universidad Nacional) y dentro de ella principalmente Guillermo Ujueta L. y Francisco Zambrano O., a partir del año de 1969 desarrolló una intensa labor ante el Congreso Nacional y después de cuatro años logró la promulgación de la ley 9 de 1974, que reglamenta el ejercicio de la profesión.

La ley define las funciones del geólogo (Artículos 7 y 8), y establece que estas funciones solo podrán ser ejercidas por geólogos matriculados (Artículo 9). Con esto se evita que el trabajo del geólogo sea desempeñado por profesionales de otras áreas vecinas, lo cual venía sucediendo corrientemente hasta la promulgación de la ley. Por otra parte la ley reglamenta la actividad de geólogos extranjeros en Colombia, así como la de compañías de geología extranjeras.

Para efectos de control de aplicación de la ley, ésta crea el Consejo Profesio-

nal de Geología, integrado por el Ministro de Educación o su delegado, un representante de cada una de las facultades de Geología del país, un representante del Ministro de Minas, y dos representantes de Agunal.

4. Los Congresos Geológicos.

Con la celebración en Bogotá del Primer Congreso Colombiano de Geología se empiezan a institucionalizar los intercambios entre geólogos, nacionales y extranjeros, interesados en la Geología de Colombia. Los Congresos se van a realizar cada vez con mayor frecuencia; transcurrirán nueve años entre el Primero y el Segundo congreso, pero tres entre éste y el tercero y sólo uno entre el Tercero y el Cuarto.

El Primer Congreso tuvo un antecedente y fue la primera Convención Nacional de Geólogos e Ingenieros de Petróleos de Minas y Metalúrgicos, celebrada en Bogotá en 1953. El Primer Congreso, organizado principalmente por la Universidad Nacional, se caracteriza por la nutrida participación extranjera y su altísima calidad (Maurice Ewing de los Estados Unidos, Tuzo Wilson del Canadá y V. Belusov de la Unión Soviética para sólo citar algunos nombres). En el evento se presentaron cincuenta y cuatro importantes trabajos, en diferentes ramas de la Geología, pero los más notables en la de la tectónica.

En 1978, bajo los auspicios de Ingeominas, la Universidad Nacional, y la Sociedad Colombiana de Geología, se organiza en Bogotá el Segundo Congreso Colombiano de Geología. La participación es numerosa y dado el largo lapso transcurrido desde el Primer Congreso el número de trabajos es elevado, noventa y tres inscritos distribuidos por áreas así: geología económica 30, estra-

tigrafía y paleontología 18, petrografía y petrología 13, tectónica 6, hidrogeología 5, geomorfología 5, geofísica 4, geología regional 4, sedimentología 3, geotecnia 2, otros 3.

Al término del Segundo Congreso los asistentes se dan cita en Medellín en 1981, donde efectivamente se realizará el Tercer Congreso Colombiano de Geología, organizado por las mismas entidades. En él se presentan ciento dos trabajos en diferentes ramas de la geología, la mayoría sobre la geología de Colombia. De especial interés fueron los temas de las sesiones plenarias, sometidos a discusión: Recursos Energéticos, Geología e Ingeniería, y Situación actual de la enseñanza de la geología en Colombia.

El Cuarto Congreso Colombiano de Geología tuvo por sede la ciudad de Cali, en octubre de 1982, y dentro de él se celebró el Primer Simposio Colombiano de Hidrogeología. Entidades organizadoras fueron Ingeominas, la Universidad del Valle, la CVC, y la Sociedad Colombiana de Geología. En el Congreso se presentaron cincuenta y nueve trabajos distribuidos así: petrología 15, tectónica 15, geoquímica 7, estratigrafía 7, geomorfología 5, geofísica 5, geotecnia 2, políticas mineras 2, historia de la geología 1. En el Simposio se presentaron veintidos trabajos.

Prueba del buen desarrollo de las investigaciones geológicas en Colombia es el que se hayan realizado dos congresos geológicos de carácter internacional en los últimos años. Se trata del Congreso sobre Ofiolitas, en 1974 en Medellín, y la X Conferencia Geológica del Caribe, en 1983 en Cartagena.

5. Panorama actual de las investigaciones geológicas en Colombia.

La geología colombiana cuenta en la actualidad con un número relativamente elevado de investigadores directos o indirectos, cerca de unos doscientos, repartidos entre Ingeominas, las diversas facultades de Geología del país, y otros institutos de investigación.

Indudablemente la principal institución de investigaciones geológicas es Ingeominas. Con ciento quince geólogos y cuarenta químicos adelanta toda una serie de proyectos de geología básica y aplicada, que van desde los procesos de la formación de los Andes colombianos hasta la búsqueda de aguas subterráneas. Para 1984 el instituto está empeñado en catorce grandes paquetes de proyectos de investigación, cada uno de los cuales tiene diversos proyectos en las Oficinas Regionales. Otros institutos que adelantan investigaciones geológicas son el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (sismología) el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (gravimetría) y parcialmente el Instituto de Asuntos Nucleares.

Las más importantes escuelas de Geología en el país son las de la Universidad Nacional de Bogotá, la Universidad Nacional de Medellín, y la Universidad Industrial de Santander. En los últimos años han sido fundadas sin embargo varias nuevas escuelas, como la Escuela de Minas de Sogamoso, la Facultad de Geología de la Universidad de Caldas, y la Facultad de Minas de la Fundación Universitaria de Popayán.

Existen en la actualidad diversas asociaciones de geólogos. La más importante es la Sociedad Colombiana de Geología, que como ya hemos visto cuenta con más de cuatrocientos miembros. La más antigua es sin embargo la Sociedad Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo, fundada muchos años antes de la Sociedad Colom-

biana de Geología, y actualmente una de las más vigorosas. Agempet, Asociación de Ingenieros Geólogos de Minas y Petróleos, cuenta con unos doscientos socios, y finalmente, Agunal, Asociación de geólogos de la Universidad Nacional, es la más representativa entre las asociaciones geológicas nacionales.

En cuanto a publicaciones geológicas, existen las siguientes: **Boletín Geológico**, del Ingeominas, **Publicaciones Especiales del Ingeominas**; **Boletín de Minas y Petróleos**, del Ministerio de Minas y Energía; **Boletín de Geología**

de la Universidad Industrial de Santander; **Geología Colombiana**, del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Bogotá; **Boletín de Ciencias de la Tierra**, del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Medellín; **Geología Norandina**, de la Sociedad Colombiana de Geología; **Boletín Sismológico**, del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, sin contar con revistas como la de la Academia de Ciencias, la del Instituto Geográfico, ó revistas mineras que publican esporádicamente trabajos sobre geología.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, J. Sur la Sierra Nevada de Santa Marta, formée par le terrain primitif. Bull. Soc. Geol. France, t. IX, 1852.
- ALCALDE, A. La obra científica de Mariano Eduardo Rivero y Ustariz. Lima. Boletín Sociedad Química del Perú, Vol. 23, 1957.
- , RIVERO, Mariano, pioneer of Mining Education in South America. Chymia, 9, Univ. Pennsylvania. Press. 1964.
- ALVARADO, B., ROYO y GOMEZ, José. Resumen de su historial científico profesional. Bogotá Bol. Geol. Vol. VII, No. 1-3, 1959.
- . Historia de los estudios geológicos en Colombia, 12 p, notas inéditas. 1981.
- ANDERSON, F. M. Marine Miocene and related deposits of Northern Colombia. San Francisco. Proc. California Acad. of Sc., t. XVIII, No. 4, 1929.
- ANDERSON, J. L. Petroleum Geology of Colombia, South America. Bull. Amer. Ass of Petr. Geologist, Vol. 29 No. 8, 1945.
- BATEMAN, A. Homenaje al Dr. Lleras Codazzi. Anales de Ingeniería, Bogotá Vol. 49, 1941.
- . El observatorio Astronómico de Bogotá. Monografía histórica, 1803-1953. Bogotá publ. Univ. Nac. 1953.
- . Historia de la Matemática y la Ingeniería. Primer coloquio sobre historia de la Ciencia en Colombia, Rionegro. En Apuntes para la Historia de la Ciencia en Colombia I, Colciencias, Bogotá Edit. Servicios Especiales de prensa, 1970.
- . Páginas para la Historia de la Ingeniería Colombiana. Bogotá. Edit. Kelly, 1972
- BECK, A. Geology and oil resources of Colombia. Economic Geology, Vol. XVI, 1923.
- BERGT, W., Beitrag-zur Petrographie der Sierra Nevada de Santa Marta und der Sierra de Perija in der Republik Colombia in Suedamerika. Viena Tschermaks min. u. petr. Mitt. N. F., Vol. 10. Nos. 4-5, 1888.
- BOTERO, G. Apuntes para la Historia de las investigaciones geológicas en Colombia. En Ciencia y Tecnología en Colombia, Biblioteca Básica Colombiana, Inst. Col. Cult. Bogotá, Edit. Escala, 1978.
- BOUSSINGAULT, J. B. La minería en la Provincia de Antioquia. Medellín. Rev. Dyna, Fac. Nal. de Minas No. 54/58, Traducción. 1945.
- BUCH, L. Petrifications recueillies en Amérique par M. de Humboldt et par Ch. Degenhardt. Berlin, Gesamm. Schriften, 1840.
- BUTLER, J. W. Geology of Honda district, Colombia. Bull. Amer. Ass of Petr. Geol., Vol. 26, No. 5, 1942.
- CABO, F. Documentos de la Comisión Corográfica. Bogotá, Bol. Soc. Geog. de Col., Vol. XIII, No. 45-46, 1955.
- CALDAS, F. J. Memoria sobre un viaje proyectado de Quito a la América septentrional, presentada al célebre Director de la Expedición Botánica de la Nueva Granada Don José Celestino Mutis. En obras completas de Caldas, Bogotá, Univ. Nac. Col., 1966, Impr. Nac. 1902.
- . El Seminario del Nuevo Reino de Granada. Bogotá Publ. por Bibl. pop. Cult. Col., Edit Kelly, 1942, 1809.
- . Obras, Recopiladas por Eduardo Posada. Bogotá Biblioteca de Historia Nacional, Vol. IX, 1912.
- CARO, F. Documentos de la Comisión Corográfica. Bogotá. Bol. Soc. Geog. Col., XIII, 1955.
- CASTER, K. E., A Devonian fauna from Colombia. New York Bull. of Amer. Paleontology, Vol. XXIV, No. 83, 1939.
- CAYCEDO, B. D'Elhuyar y el siglo XVIII Neogranadino. Bogotá, Edic. Rev. Jiménez de Quezada, 1971.
- DEL LLANO, M. Enrique Hubach. Rev. Acad. Col. Ci Ex. Fis. Nat. Vol. XIII. 1968.
- DICKEY, P. A. Pre-cretaceous sediments in Cordillera Oriental of Colombia. Tulsa Bull. Am. Ass. of Petr. Geol., Vol. 25. No. 9, 1941.
- DOMINGUEZ, R. Historia de las esmeraldas de Colombia. Bogotá. Gráficas Ducal, 1955.

- D'ORBIGNY, A. Coquilles et Echinodermes fossiles de Colombie. (Nouvelle Grenade). Paris. 1842.
- DURAN, L. G. Reseña Histórica de la Geología en Colombia. En *Historia Extensa de Colombia*. Bogotá, Vol. 20, 1973.
- ERMISCH, K., Die Mitterlertiare Chuspas-Stufe des Magdalena-Tales in Kolumbien, Sudamerica. Stuttgart, Naues Jahrbuch für Min. Vol. 68, 1934.
- ESPINOSA, A. Notas sobre la obra de la Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada en el campo de la Minería y la Mineralogía. Cali, Seg. Congr. Col. Geol. 1982.
- . Minería y Mineralogía en la Expedición Botánica. Bogotá, Rev. Acad. Col. Ci. Ex. Fis. Nat., en prensa. 1983.
- . Nuevos datos sobre el descubrimiento del platino. En preparación.
- FORERO, M. J. El album de la Comisión Corográfica. Bogotá. Bol. Soc. Geogr. Col., Vol. XIII, 1955.
- GANSSER, A. The Guiana Shield (S. América). *Brasileia Eclogae Geol. Helvetiae*, Vol. 47, No. 1, 1954.
- GARCIA, J. C. Historia de la Escuela Nacional de Minas. Medellín An. Esc. Nac. Min. No. 42, 1937.
- GARNER, A. H. General Oil Geology of Colombia. Bull. Amer. Ass. of petr. Geologists, Vol. XI, 1927.
- GERHARDT, K. Beitrag zur Kenntniss des Kreideformation in Columbien. Stuttgart, N. Jharb f. Min. Geologie und pal. b. Bd, XI. 1897.
- GLENN, R. H. Cretaceous section in Barco area of Northeastern Colombia. Bull, Amer, Ass of petr. Geol., Vol. 52 No. 12, 1968.
- GROSSE, E. Estudio Geológico del terciario carbonífero de Antioquia. Berlín, Dietrich Reiner, Editores. 1926.
- GUTIERREZ, M. Geología de Bogotá y sus alrededores. Bogotá Anales de Ingeniería Vol. XX, p. 1913.
- HETTNER, A. Die Kordillere von Bogotá. Pe-term Mitteil, No. 104, Gothe, Traducido al castellano por Ernesto Guhl, 1966. Bogotá. Ediciones del Banco de la República. 1892.
- HUBACH, E. Informe geológico de Urabá. Bogotá. Boletín de Minas y Petróleos, Vol. IV, No. 1920, 1930.
- . Estratigrafía de la Sabana de Bogotá y alrededores. Bogotá. Bol. Geol. Vol. V, No. 2, 1957.
- . Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia. Inf. No. 1212, Inst. Geol. Nac. 1957.
- . La obra geológica de don Tulio Ospina. Bogotá Boletín de historia y Antigüedades, Vol. XLIV, 1957.
- . ALVARADO, B. Carbones del Cauca. Memoria del ministro de Industria al Congreso Nacional, Bogotá. 1933.
- HUMBOLDT A. Essai Géognostique sur le Gisement des Roches. Paris 2a. edición, 1826.
- INSTITUTO DE FOMENTO INDUSTRIAL. Bogotá. Reseña histórica del IFI. 1979.
- JUAN, J. y ULLOA, A. Noticias secretas de América. 1 Vol. Londres. 1926.
- . Relación histórica de un viaje hecho por orden de su majestad a la América Meridional. 6 Vol. Madrid. 1748.
- KEHRER, G., El carboniano del borde llanero de la Cordillera Oriental. Bogotá. Bol. de Minas y Petróleos, Vol. IX, No. 45-54, 1933.
- LLERAS CODAZZI, R. Introducción al estudio de los minerales de Colombia, Bogotá Imprenta Nacional, 1903.
- LOPEZ, J. Resultados prácticos de los trabajos de la Sección de Hidrogeología del Instituto Geológico Nacional, en tres años de labores, Bogotá, Bol. Geol, Vol. V, No. 1, 1957.
- MORALES, L., y otros. General Geology and Oil Occurrences of Middle Magdalena Valley, Colombia. Habitat of Oil, A.A.P.G. 1958.
- NOTESTEIN, F. B. y otros. Geology of the Barco Concession República of Colombia. Bull. Geol. Soc. Amer. Vol. 55, No. 10, 1944.

- NYGREN, W. E. Bolívar Geosyncline of North-western South América. Bull. Amer. Ass. Petr. Geol. Vol. 34 No. 10, 1950.
- OPPENHEIM, V. Rasgos geológicos de los Llanos de Colombia Oriental. La Plata. Notas del Museo de la Un. Nal. de la Plata, Vol. 7, No. 21, 1942.
- . Geología de la Costa sur del pacifico de Colombia. Bogotá, Bol. Ins. Geofísico de los Andes Col. No. 1, Serie C, 1949.
- OSORIO, R. Historia de la química en Colombia. Bogotá Publicación especial Ingeominas, No. 11, 1982.
- PEREZ, E. Alejandro de Humboldt en Colombia. Empresa Colombiana de Petróleos, Bogotá. Seg. Ed. Bibl. Bas. Col., Inst. Col. Cult, 1982, 1959.
- PORTA, J., Geología del Extremo sur del Valle medio del Magdalena. Bucaramanga. Bol. de Geol., U.I.S. 1966.
- PERRY, G. (1973). Apuntes para la historia de las ciencias básicas en Colombia. Bogotá. Rev. Acad. Col. Ci. Ex. Fis. Nat., XIV, 1973.
- POSADA, J. C., Bosquejo Geológico de Antioquia. Medellín. Anales de la Escuela Nacional de Minas, No. 38, 1936.
- POVEDA, G. Políticas económicas, desarrollo industrial y tecnología en Colombia 1925-1975. Bogotá Colciencias, 1979.
- RAMIREZ, J. E., Bibliografía de la Biblioteca del Instituto Geofísico de los Andes colombianos sobre geología y geofísica de Colombia. Bogotá. Inst. Geof. de los Andes Col., serie C, Geología, Bol. No. 2, 1951.
- . Los alemanes y las ciencias geológicas y geográficas en Colombia. Bogotá, Bol. Soc. Geogr. Col. Vol. XIII, No. 47-48, 1955
- REISS, E., STUEBEL, A. Reisen in Sued-Amerika. Berlin. Geologische in der Republik Colombia I-II petrographie, 1892-1899.
- RESTREPO, V. Estudio sobre las minas de oro y plata de Colombia. Anales de Instrucción pública, Bogotá, Medellín. Quinta Edición FAES 1979, 1883.
- RYDEN, S., Don José D'Elhuyar en Sueciay el descubrimiento del Tungsteno, Madrid. 1954.
- SCHEIBE, E., y otros. Estudios Geológicos sobre la Cordillera Oriental. Bogotá, Berlín. 1937.
- SCHWIN, W. L., Guide book of the Geology of Valle del Cauca Area. Bogotá Colombian Soc. of Petr. Geols, 1969.
- SIEVERS, W. Die Sierra Nevada de Santa Marta und die Sierra de Perijá. Berlin. Zeitschr der Gesell Erdk, Vol. XXIII, 1888.
- STILLE, H., Geologische Studien im Gebiet des Rio Magdalena. Koenen Festschr Stuttgart, 1907. Bogotá. Trad. en Comp. Est. Geol. Ofs. en Colombia, Vol. IV, 1938.
- STUEBEL, A., Die vulcanberge von Columbien. Dresden. 1906.
- SUESCUN, D., Breve historia de la Minería Colombiana. En Ciencia y Tecnología en Colombia, Biblioteca Básica Colombiana, Inst. Col. Cult., Bogotá, Edit. Escala, 1978.
- TABORDA, B., Cuencas Sedimentarias de Colombia. México. Bol. As. Mexicana de Geol. Petroleros, Vol. XIII, 1961.
- TRUMPY, D. Pre-Cretaceous of Colombia. Nueva York. Bull. G.S.A., Vol. 54. 1943.
- ULLOA, A. Noticias Americanas. 1 Vol. Madrid. 1972.
- VANEGAS, A. Bibliografía de los Informes del Instituto Geológico Nacional. Bogotá. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia. Vol. IX, 1960.
- WERENFELS, F. A. Stratigraphical Section through the Tertiary of Toluviejo, Colombia. Basilea. Ecoglae Geol Helvetiae, vol. XX, 1926.
- WHEELER, O. C. Tertiary Stratigraphy of the Middle Magdalena Valley. Proceeding Acad. of N. Sc., Vol. LXXXVII, 1935.
- WOKITTEL, R. Recursos Minerales de Colombia. Bogotá. Compilación de los Estudios Geológicos de Colombia, 1960.
- ZUJOVIC, J. M. Les roches des Cordilleres. Paris. 1884.