SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

El Servicio Geológico Colombiano 1916 – 2016

~

Cien años al servicio de Colombia

Armando Espinosa Baquero



Colección Centenario del
Servicio Geológico Colombiano

Serie Historia, volumen 1



Armando Espinosa Baquero

Geólogo, M. Sc. y Ph. D.
Asesor del Servicio Geológico Colombiano
Miembro de Número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, de la Academia Colombiana de Ciencias Geográficas y de la Academia de Historia del Quindío.

Armando Espinosa Baquero nació en Bogotá en 1948. Inició estudios secundarios en su ciudad natal y los culminó en la Escuela Internacional de Ginebra (Suiza) en 1969. Adelantó estudios en la Universidad de Ginebra, donde obtuvo los títulos de: geólogo (1973), magíster en geofísica (1974) y doctor en ciencias, mención geología (1980). Posteriormente, en la misma universidad hizo una especialización en sismicidad histórica (1986) y obtuvo un certificado de estudios en riesgos geológicos, CERG (1991). Fue profesor asistente de geofísica y de vulcanología en la Universidad de Ginebra, y durante quince años fue investigador del Instituto Colombiano de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS) en las oficinas regionales de Cali y de Popayán. Desde 1995 es profesor de la Universidad del Quindío, en la ciudad de Armenia. Es miembro de número de varias academias, de la Comisión Internacional de Historia de la Geología (INHIGEO) y de sociedades científicas en Colombia y en el exterior.

Durante las cuatro últimas décadas, Armando Espinosa Baquero ha adelantado investigaciones en áreas de la geología de Colombia, la historia de los desastres naturales colombianos y la historia de la geología. Los principales temas específicos de sus estudios son la sismicidad histórica, la actividad histórica de los volcanes, las amenazas geológicas, las expediciones científicas en Colombia y sus contribuciones, la metalurgia del platino durante la colonia, la historia de la minería en nuestro país, la historia de los estudios geológicos en Colombia y el Cuaternario colombiano. Es autor de diez volúmenes y de sesenta artículos publicados en revistas científicas nacionales e internacionales. Entre sus obras históricas más notables están:

- *Tratados de minería y estudios geológicos de la época colonial.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (con Guillermo Hernández de Alba, 1991).
- *Enciclopedia de desastres naturales históricos de Colombia.* Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales–Universidad del Quindío, siete volúmenes (2012).
- *La relación abreviada del viaje al Perú, de Pierre Bouguer, 1749.* Sociedad Geográfica de Colombia–Universidad del Quindío (2014).

El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016

~

Cien años al servicio de Colombia

Servicio Geológico Colombiano
Consejo Directivo

Germán Arce Zapata
Ministro de Minas y Energía

Elsa Margarita Noguera De la Espriella
Ministra de Vivienda, Ciudad y Territorio

Yaneth Giha Tovar
Directora General
Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (COLCIENCIAS)

Germán Eduardo Quintero Rojas
Presidente
Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)

Silvana Habib Daza
Presidenta
Agencia Nacional de Minería (ANM)

Carlos Iván Márquez Pérez
Director General
Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)

Vicealmirante Pablo Emilio Romero Rojas
Director General
Dirección General Marítima (DIMAR)
Representante del Presidente de la República

Juan Manuel Santos Calderón
Presidente de la República de Colombia

Germán Arce Zapata
Tomás González Estrada (2014–2016)
Ministro de Minas y Energía

María Isabel Ulloa Cruz
Viceministra de Minas
Ministerio de Minas y Energía

Servicio Geológico Colombiano

Oscar Paredes Zapata
Director General

Juan Carlos Malagón Basto
Secretario General

Alberto Ochoa Yarza
Director de Geociencias Básicas

Gloria Prieto Rincón
Directora de Recursos Minerales

Marta Lucía Calvache Velasco
Directora de Geoamenazas

Jackson Fernando Mosos Patiño
Director de Asuntos Nucleares

Héctor Manuel Enciso Prieto
Director de Laboratorios

Margarita Bravo Guerrero
Directora de Gestión de Información

David Felipe Franco Santamaría
Jefe Oficina Asesora Jurídica

María Esperanza Pérez Pérez
Jefe Oficina de Control Interno

Colección Centenario del
Servicio Geológico Colombiano
Serie Historia, volumen 1

© Servicio Geológico Colombiano
Armando Espinosa Baquero

ISBN: 978-958-99528-7-0

Edición
Jorge Gómez Tapias
Maria Fernanda Almanza Meléndez
Grupo Mapa Geológico de Colombia

Luis Eduardo Vásquez Salamanca
Grupo de Participación Ciudadana y Comunicaciones

Diseño editorial
Andrés Leonardo Cuéllar Velásquez
Grupo Mapa Geológico de Colombia

Imagen de portada
Servicio Geológico Colombiano, sede central Bogotá
Fotografía Luz Esperanza Castiblanco Peñas (2016)

Impresión
Imprenta Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia
2016

El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016

~

Cien años al servicio de Colombia

Armando Espinosa Baquero

Colección Centenario del Servicio Geológico Colombiano

Serie Historia, volumen 1

Contenido

Presentación ix
Prólogo xi

Capítulo 1
Introducción 1
Principales etapas de la vida del Servicio Geológico Colombiano 4
Estudios sobre la historia del Servicio Geológico Colombiano 7
A propósito de este volumen 12
Bibliografía 15

Capítulo 2
Antecedentes históricos del Servicio Geológico Colombiano 19
La época colonial 22
La geología en la época de la pre–Independencia: Caldas y Humboldt 33
La época de la pos–Independencia y la primera mitad del siglo XIX: Boussingault y Acosta 36
La segunda mitad del siglo XIX 45
A manera de conclusión 48
Bibliografía 51

Capítulo 3
La Comisión Científica Nacional (1916–1938) 57
Aspectos relevantes del desarrollo de Colombia entre 1916 y 1938 60
Etapas de la Comisión Científica Nacional (1916–1938) 64
El personal científico de la Comisión Científica Nacional 68
Resultados de la Comisión Científica Nacional 77
Una mirada al papel de la Comisión Científica Nacional en el desarrollo de la infraestructura y la industria nacionales 91
Bibliografía 93
Anexo 95

Capítulo 4
El Servicio Geológico Nacional (1938–1968)
y el Inventario Minero Nacional (1963–1968) 99
El Ministerio de Minas y Petróleos 101
El Servicio Geológico Nacional (1938–1968) 102
El personal científico del Servicio Geológico Nacional 104
Resultados del Servicio Geológico Nacional 117
El Inventario Minero Nacional (1963–1968) 128
Bibliografía 132

Capítulo 5
INGEOMINAS (1968–2011) 135
El Laboratorio Químico Nacional 138
Grandes etapas en las actividades de INGEOMINAS 143
Resultados de INGEOMINAS 154
Bibliografía 167

Capítulo 6
El Servicio Geológico Colombiano (2011–2016) 171
Inicio y reestructuración del Servicio Geológico Colombiano 173
Los proyectos del Servicio Geológico Colombiano, 2011–2016 179
Principales resultados del Servicio Geológico Colombiano, 2011–2016 182
Bibliografía 257
Anexo 260

Presentación

PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

La base fundamental para el desarrollo económico y social de Colombia debe ser el conocimiento integral de su territorio, no solamente del espléndido paisaje y de la enorme biodiversidad que podemos admirar en su superficie, sino también de la potencialidad de otros recursos naturales –como minerales, hidrocarburos, aguas subterráneas y geotermia– y de las amenazas de origen geológico que presentan los procesos que ocurren en nuestro subsuelo.

Este conocimiento es el que durante estos últimos 100 años, desde los inicios de la Comisión Científica Nacional hasta el presente, ha desarrollado el Servicio Geológico Colombiano, cumpliendo una tarea significativa y eficaz. Es preciso recordar que fue gracias a los estudios geológicos adelantados por esta institución que a mediados del siglo pasado se pusieron en marcha importantes proyectos como el de Acerías Paz de Río y las primeras plantas cementeras. La gran minería del carbón que hoy se desarrolla en La Guajira es también producto de los estudios adelantados en los años cuarenta por el Servicio Geológico Nacional.

Especial mención debe hacerse sobre el papel que ha desempeñado esta entidad en el conocimiento de las amenazas de origen geológico presentes en nuestro territorio, donde existen más de 32 volcanes activos y una alta sismicidad producto de la actividad tectónica y de los deslizamientos o movimientos en masa que ocurren por las condiciones de nuestras montañas. Conocer y monitorear estas amenazas para mitigar sus efectos desastrosos sobre la vida de los colombianos y la infraestructura de nuestro país es una de las tareas más importantes que cumple esta institución centenaria.

Con el objeto de implementar los principios de Buen Gobierno, en la reforma administrativa adelantada al inicio de mi primer periodo presidencial, mediante el Decreto Ley 4131 del 3 de noviembre de 2011, fortalecimos el carácter científico del entonces Ingeominas, que pasó de ser un establecimiento público a convertirse en un instituto de ciencia y tecnología

perteneciente al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, y se le dio el nombre que hoy tiene –Servicio Geológico Colombiano–, separándole las funciones de administración del recurso minero, que fueron trasladadas a la Agencia Nacional de Minería.

Otro avance en el fortalecimiento de esta entidad fue la reforma al Sistema General de Regalías que quedó plasmada en el Acto Legislativo 005 de junio de 2011. En esta reforma se dispuso, entre otras cosas, que del total de las regalías generadas por la explotación de los recursos naturales no renovables del país se destinara el 2% al conocimiento y cartografía geológica del subsuelo y a la fiscalización de yacimientos, asignándole al Ministerio de Minas y Energía la distribución de estos recursos en función de las prioridades de este sector.

Con este marco institucional y con esta fuente estable de recursos, el Servicio Geológico Colombiano continuará cumpliendo su misión de generar el conocimiento geocientífico que nos permita avanzar en el desarrollo económico y social del país. Finalmente, agradezco al Dr. Armando Espinosa Baquero su invaluable aporte en la elaboración de este libro que deja un testimonio indispensable de los 100 años de historia del Servicio Geológico Colombiano.



Juan Manuel Santos Calderón

Presidente de la República de Colombia

Prólogo

El libro del doctor Armando Espinosa Baquero sobre los 100 años del Servicio Geológico Colombiano se constituye en un testimonio excepcional de los logros de la Institución durante su existencia, desde su fundación en el año 1916 como Comisión Científica Nacional hasta el año 1938 en el que se transformó en Servicio Geológico Nacional, el cual operó hasta el año 1968, cuando se creó el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (INGEOMINAS), nombre con el que continuó operando hasta noviembre de 2011, cuando se transformó en Servicio Geológico Colombiano, como se denomina en la actualidad.

La importancia del quehacer científico de la entidad no ha tenido el reconocimiento debido, quizá por su silenciosa pero eficaz gestión. Es el mismo silencio del subsuelo que los habitantes del planeta no logran ver, pero que atesora toda la riqueza mineral con la que se ha construido el progreso de la humanidad.

Todos los artefactos, dispositivos, equipos y máquinas que se usan en el mundo contemporáneo incorporan algún metal o mineral que estuvo millones de años durmiendo en el interior de la corteza terrestre. Para ilustrar esta aseveración, con base en datos de la Asociación de Servicios Geológicos Europeos (EuroGeoSurveys), según la cual se requieren 60 toneladas de agregados para construir una casa, en un carro hay más de 15 000 componentes minerales, una persona usa 16 toneladas de minerales por año, y para el 2050 la demanda de recursos naturales no renovales pasará de los 45 billones actuales a 140 billones de toneladas.

En una época, cuando no existía aún el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, la Comisión Científica Nacional, con el encargo de hacer la carta geológica, ante la carencia de la topografía indispensable para este propósito, tenía que conformar cuadrillas que incluían el topógrafo con el geólogo, como lo reseñó el diario *El Tiempo* el 16 de mayo de 1917, con ocasión de la creación de la Comisión Científica Nacional, que nos describe el doctor Armando

Espinosa Baquero al decir que "La comisión se ocupará de levantar la carta geológica del país, perfeccionando primero la carta topográfica donde sea menester". Con el correr de los años se ha construido una institucionalidad con las entidades que hoy en día conocemos.

A lo largo del libro *El Servicio Geológico Colombiano 1916-2016. Cien años al servicio de Colombia,* el lector podrá constatar que en estos 100 años la entidad ha efectuado significativos aportes en la generación de conocimiento geocientífico de nuestro territorio, la geología básica y la cartografía geológica permiten identificar qué tipo de minerales existen y en qué sitios se encuentran estos promisorios yacimientos, al igual que el de los hidrocarburos.

Quizás raras veces en la historia de Colombia una institución ha estado tan decididamente asociada al desarrollo del país como el Servicio Geológico Colombiano. No es ninguna exageración decir que los estudios sobre el conocimiento geológico realizados por la Comisión Científica Nacional y el Servicio Geológico Nacional, relacionados con el hierro, calizas, carbón siderúrgico de la cordillera Oriental, roca fosfórica y otros, permitieron el emprendimiento de los grandes proyectos industriales durante las décadas de los cuarenta y cincuenta, tales como la creación de Cementos Boyacá y Acerías Paz de Río, la primera siderúrgica nacional, fecha hasta la cual el hierro que se requería para el desarrollo del país era casi totalmente importado. Otro tanto se puede decir de las explotaciones de roca fosfórica en el Huila y la Planta de Soda de Zipaquirá.

Así mismo, los estudios básicos para la construcción de represas hidroeléctricas, el trazado de carreteras y vías férreas son otros de los principales ejemplos de la contribución del Servicio Geológico Colombiano al progreso del país, destacándose especialmente los estudios básicos efectuados a inicios de la década de los cuarenta sobre los carbones de El Cerrejón por parte del geólogo Víctor Oppenheim, cuando en sus informes menciona que son de gran interés económico para ser desarrollados. El Servicio Geológico Nacional y el Instituto de Fomento Industrial (IFI) se interesaron en el tema y se iniciaron los estudios, que más tarde fueron completados por Enrique Hubach, que culminarían con el desarrollo de la gran minería del carbón en La Guajira.

El doctor Hubach, gran científico que llegó al país contratado por empresas petroleras y había hecho exploraciones para hidrocarburos en varias regiones de Colombia. No deja de sorprender el doctor Armando Espinosa Baquero cuando menciona que el país tenía que importar el carbón que se requería para el funcionamiento de su red ferroviaria, porque se desconocía el enorme potencial carbonífero de nuestro territorio.

A este respecto cabe resaltar lo señalado en el informe del Director del Servicio Geológico Nacional, correspondiente al periodo junio de 1940–junio de 1941: "… Estudiar los yacimientos minerales sin propender por su desarrollo comercial sería una labor incompleta de parte del gobierno, como lo sería, a su vez, tratar de fomentar la explotación comercial de un yacimiento cuyas características de calidad y potencialidad son desconocidas".

El desarrollo de la investigación en ciencias de la Tierra en Colombia está íntimamente ligado a la historia del Servicio Geológico Colombiano. Este libro es un testimonio de cómo la primera carrera de geología que se estableció en Colombia, en la Universidad Nacional de Colombia en 1956, surge de la vinculación del personal científico que dirigía el Servicio Geológico Nacional para la creación de este programa. Algo similar ocurrió años más tarde con el establecimiento del programa de geología de la Universidad de Caldas.

Algo que el país desconoce, es lo descrito por el doctor Armando Espinosa Baquero cuando menciona que hasta el año 1951 el país asumió la administración de la Concesión De Mares, al revertir el contrato con la Tropical Oil Company; los asuntos petroleros habían estado en manos de la Comisión Científica Nacional y del Servicio Geológico Nacional cuando en 1922 acometen la tarea de explorar en forma preliminar diferentes regiones, a medida que los estudios geológicos básicos van permitiendo definir blancos de exploración, tales como el Caquetá y el Putumayo (Hubach, 1922, informe 236), el río Magdalena (Hubach, 1928, informe 167), la sabana de Bogotá (Hubach, 1930, informe 186) y Urabá (Hubach, sin fecha, informe 228). Adicionalmente, el país no estaba preparado para enfrentar la exploración y explotación petrolera, dada la falta de conocimiento en razón de que las empresas extranjeras no tenían ni obligación ni interés en capacitar al personal colombiano. Ciertamente, como lo describe el doctor Espinosa, fue realmente una obra de titanes la que emprendieron los geólogos del Servicio Geológico Nacional, guiados por Benjamín Alvarado Biéster, para obtener información y asesorar al gobierno en ese momento histórico.

La narrativa del libro del doctor Armando Espinosa Baquero resalta el preponderante papel que tuvo la entidad en la reversión de la Concesión De Mares, siendo verdaderamente crucial y una contribución valiosa al desarrollo del país. Correspondió también a la Comisión Científica Nacional, durante todo ese periodo, evaluar los informes técnicos rendidos por las compañías que explotaban petróleo o que solicitaban una concesión, e incluso hizo los primeros estudios para la instalación de una refinería nacional (Ospina, 1936, informe 282).

Respecto a las actividades de exploración para la identificación de áreas con potencial hidrocarburífero mencionadas en el párrafo anterior, conviene recordar lo mencionado en el capítulo sexto del libro al referirse a la reforma establecida en el Decreto Ley 4131 de 2011, que centralizó nuevamente en el Servicio Geológico Colombiano el Banco de Información Petrolera y su litoteca y cintoteca, reafirmando que el conocimiento integral básico y de superficie es fundamental en la identificación de nuevas áreas prospectivas con potencial hidrocarburífero, tal como se estipulaba en la Ley 37 de 1931, la cual había asignado a la Comisión, hoy Servicio Geológico Colombiano, el estudio de las reservas de petróleo.

Resulta interesante la correlación que plantea el doctor Armando Espinosa Baquero en el libro, en el sentido de que eventos ocurridos en Europa, tales como la primera y segunda guerras mundiales y la guerra civil española crearon unas condiciones para que destacados

científicos europeos como el Dr. Robert Sheibe y el Dr. José Royo y Gómez vinieran a Colombia, con las benéficas consecuencias que se ponen de presente al reseñar la historia del Servicio Geológico Colombiano. Así mismo, cómo estos eventos tuvieron impacto en el avance del conocimiento y en el desarrollo de la institucionalidad, dada la escasez de materias primas en el mundo que se derivaron de estos conflictos y la necesidad que tenía Colombia de autoabastecerse por los requerimientos que el desarrollo del país exigía.

También al lector de este importante documento le quedará claro, sin duda alguna, las contribuciones del Servicio Geológico Colombiano en otros frentes. Muchos acueductos en diversos lugares de Colombia se han construido apoyados en estudios sobre acuíferos que permitieron conocer el potencial hidrogeológico de la nación. Los casos más importantes son los de Riohacha, y los de varios municipios en los departamentos de Atlántico, Magdalena y La Guajira, así como los de algunas poblaciones de la sabana de Bogotá. De singular importancia fue el estudio regional de aguas subterráneas en el Valle del Cauca (1967), el cual culminó con la creación de la Sección de Aguas Subterráneas de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).

Las investigaciones sismológicas y vulcanológicas, como se detalla en el contenido del libro, han sido otra gran contribución del Servicio Geológico Colombiano. La necesidad de que el país contara con una red sismológica y con estudios sistemáticos de amenaza sísmica fue evidente a raíz del terremoto de Popayán, ocurrido en el año 1983. Para ese efecto, un grupo de ingenieros de la Universidad de los Andes realizó la investigación titulada *Estudio General de Riesgo Sísmico en Colombia*, cuyas recomendaciones fueron adoptadas como base del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, promulgado por Decreto 1400 de 1984. Además, a partir de ese momento empezó la tarea de concertación entre las instituciones interesadas en organizar la Red Sismológica Nacional, recomendada por el estudio mencionado, actividades en las que participó el INGEOMINAS. Por decisión del Gobierno Nacional, la Red Sismológica fue puesta bajo la responsabilidad de INGEOMINAS.

Pero para medir el papel y la importancia que ha cumplido la institución que hoy celebra 100 años de existencia, es forzoso hacer mención de las 1340 publicaciones que recogen toda la investigación científica geológica, geotécnica, hidrogeológica, sismológica, vulcanológica y de riesgos potenciales debidos a movimientos, deslizamientos o erupciones de la corteza terrestre en Colombia.

En los seis capítulos se hace un inventario y una síntesis de esos estudios, que son la memoria viva de toda la investigación científica que ha realizado la centenaria institución a la que hoy el país entero rinde un merecido tributo.

Oscar Paredes Zapata

Director General del Servicio Geológico Colombiano



Servicio Geológico Colombiano, sede central Bogotá.



Capítulo 1

Introducción





Fundado en diciembre de 1916, el Servicio Geológico Colombiano cumple cien años de labores ininterrumpidas y de contribuciones al desarrollo de Colombia. Como todos los servicios geológicos del mundo, el colombiano ha tenido unas funciones científicas al servicio de una misión social. Nació como respuesta a una necesidad urgente del país en materias primas de origen mineral, pero poco a poco los acontecimientos lo fueron llevando a llenar unos espacios que por lógica eran los suyos. Los primeros fueron de tipo ambiental, en el sentido amplio: diferentes fenómenos geológicos (sismos, deslizamientos y avalanchas) causaron graves daños en muchas regiones del territorio nacional durante sus primeras décadas de existencia. Posteriormente, el nacimiento de una industria petrolera y la industrialización general del país requirieron su ayuda para consolidar esos nuevos desarrollos económicos. Desde las primeras décadas del siglo XX, aparecieron necesidades de agua para algunas ciudades y poblaciones en varias regiones del país y en las últimas décadas del siglo XX los fenómenos naturales retomaron una importancia que se puede llamar crítica, con desastres como el terremoto de Popayán en 1983 y la erupción del volcán Nevado del Ruiz en 1985. En el siglo XXI el resurgimiento de las industrias petrolera y minera, junto con necesidades cada vez más apremiantes en temas ambientales, incluidos los desastres naturales, han planteado nuevos retos que han debido ser sorteados por la Institución.

Desde sus inicios el Servicio Geológico Colombiano tuvo claro que sin una ciencia básica fuerte no podría lograr su cometido. Así lo entendió el Gobierno Nacional en el momento de la fundación, ya que le dio como función esencial el levantamiento del mapa geológico del territorio. Aquello implicaba no solamente tener un marco jurídico e institucional, sino también contratar científicos extranjeros mientras se formaban los nacionales, organizar laboratorios y contribuir al desarrollo de programas académicos de geociencias. En el logro de esos objetivos y otros de mismo género se ha empeñado permanentemente el Servicio Geológico Colombiano

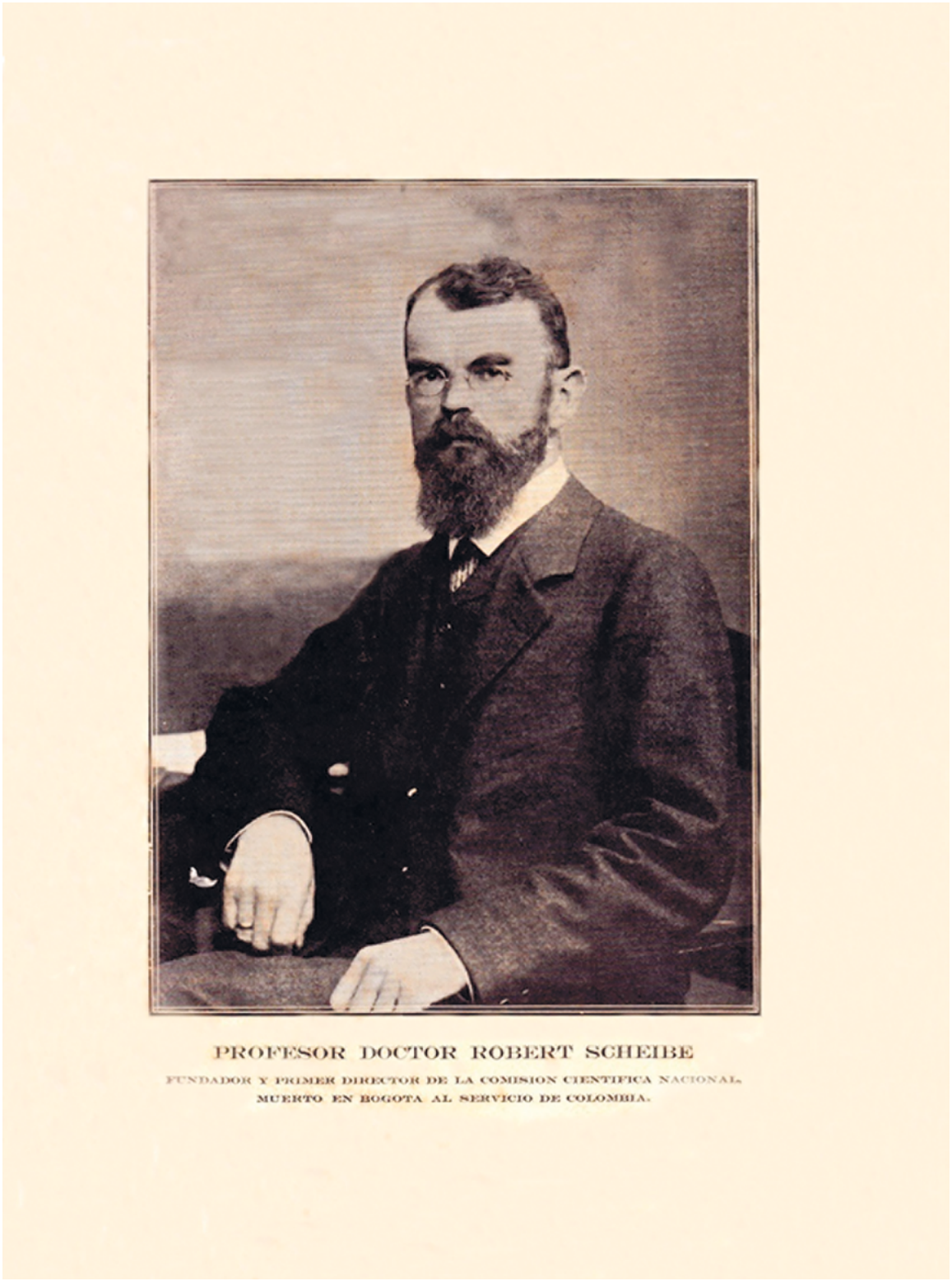
para poder explorar y describir el territorio nacional con base en extensos trabajos de campo, de laboratorio y de oficina.

Cien años de servicios implican toda una serie de ajustes a las circunstancias sociales y económicas del país y del mundo. Durante la vida del Servicio Geológico Colombiano ocurrieron dos guerras mundiales, varias crisis petroleras, muchos desastres naturales de origen geológico en el mundo y en Colombia, y situaciones políticas y económicas críticas a nivel nacional e internacional. Todas esas circunstancias tuvieron implicaciones directas en la vida del país y de la Institución. Esta tuvo que adaptarse a las condiciones de cada época, enfrentando los correspondientes retos en exploración minera, temas ambientales, conocimiento básico y otros. Una constante en la vida de la Institución fue la dificultad de conseguir personal científico calificado o de mantener el que tenía disponible, frente a la competencia del sector privado y a la falta de oferta académica nacional para la formación en altos niveles, situación que por fortuna ha venido mejorando en las últimas décadas.

En el mundo de hoy, las dificultades de obtención de información han sido superadas gracias a la tecnología, pero durante muchas décadas de la vida del Servicio Geológico Colombiano el acceso a la información fue un problema clave. Para enfrentarlo el Instituto organizó una biblioteca que ha sido y sigue siendo una de las mejores del país en los temas de las ciencias de la Tierra. Muy temprano se entendió la importancia de organizar un museo geológico, iniciativa que fue impulsada por la Comisión Científica Nacional y llevada a feliz término por el Servicio Geológico Nacional en la década de los cuarenta del siglo XX.

Principales etapas de la vida del Servicio Geológico Colombiano

El Servicio Geológico Colombiano fue fundado el 22 de diciembre de 1916 mediante la Ley 83 de ese año, con el nombre de Comisión Científica Nacional. En aquella época, el abastecimiento de materias primas minerales, que entonces eran todas importadas en Colombia, fue interrumpido por la Primera Guerra Mundial y el Estado colombiano empezó a ver la geología como una herramienta para la búsqueda de recursos mineros. La falta de personal científico colombiano limitó los trabajos de la Comisión; no obstante, su producción científica y su contribución al desarrollo de Colombia fueron muy significativos porque, gracias a sus exploraciones, el país encontró yacimientos de gran interés y empezó a autoabastecerse. La sociedad y el Estado colombiano también constataron que la Comisión podía jugar un papel importante cada vez que un desastre de origen geológico afectaba alguna región del país, y durante la vida de la Comisión los casos fueron numerosos y de gran impacto. Entre ellos están los terremotos de 1917 que causaron graves daños en Bogotá y toda su región, los que destruyeron a Gachalá y su comarca en 1923, las erupciones del volcán Galeras en 1925 y los deslizamientos que obligaron a desplazar las poblaciones de Sativanorte y La Paz (Boyacá) en 1933.



Robert Scheibe, cofundador y primer director de la Comisión Científica Nacional (1917–1923).
Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo I.

En los últimos años de la década de los treinta, los desarrollos de la industria petrolera llevaron a la creación del Ministerio de Minas y Petróleos y se vio la necesidad de un instituto geológico de mayor envergadura; la Comisión Científica Nacional se convirtió en el Servicio Geológico Nacional. Correspondió a esta nueva institución enfrentar los desafíos de la época de la Segunda Guerra Mundial y de la posguerra, nuevamente con falta de aprovisionamiento en materias primas como el hierro y las calizas para la fabricación del cemento. También le correspondió el gran reto de empezar a crear una geología nacional oficial, y otros como la publicación del primer mapa geológico oficial de síntesis del territorio nacional (1944) y la creación de un museo geológico nacional.

En la década de los cincuenta del siglo XX, el Servicio Geológico Nacional conoció su edad de oro: lideró los más grandes proyectos de industrialización de Colombia, la fundación de la siderúrgica de Paz de Río y la creación de una industria cementera nacional entre ellos. Además, en las décadas que siguieron a la Segunda Guerra Mundial, la disponibilidad de científicos europeos permitió vincular grandes científicos de la geología; la Institución fue guiada por figuras como Benjamín Alvarado y Enrique Hubach.

En 1963 el Gobierno Nacional vio la necesidad de hacer el balance de los recursos mineros disponibles del país y creó una nueva institución que siguió trabajando paralelamente al Servicio Geológico Nacional, el Inventario Minero Nacional. Este dejó no solamente estudios de síntesis sobre la geología y los recursos mineros de grandes áreas del territorio nacional, sino un legado científico notable porque se constituyó en una verdadera escuela en los campos de la cartografía geológica detallada y la exploración minera.

El Servicio Geológico Nacional, el Inventario Minero y el Laboratorio Químico nacionales fueron fusionados en 1968 en una nueva institución, el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras, (INGEOMINAS). El nuevo instituto acometió la cartografía geológica y la exploración minera sistemáticas del territorio nacional a escala 1:100 000 y a partir de la década de los ochenta, tras el terremoto de Popayán (1983) y la erupción del volcán Nevado del Ruiz (1985), asumió la creación y la operación de las redes sismológica y vulcanológica del país. El Estado colombiano lo designó como responsable de los estudios geológicos relacionados con los desastres naturales.

En 2004 la institución, tomando el nombre de Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), asumió funciones de autoridad minera (expedición de licencias, catastro minero y otros) a través de su Servicio Minero, mientras que los estudios básicos siguieron su curso en su Servicio Geológico. Esa situación fue modificada en 2011 cuando los asuntos mineros quedaron en manos de la Agencia Nacional de Minería, recientemente creada, y a través del Decreto Ley 4131 de 2011 se transforma el Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS) en el Servicio Geológico Colom-

biano. Al Servicio Geológico Colombiano se le asignan como funciones básicas realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo, administrar la información del subsuelo, generar e integrar conocimientos, levantar, compilar, validar, almacenar y suministrar, en forma automatizada y estandarizada, información sobre geología, recursos del subsuelo y amenazas geológicas, y realizar la identificación, el inventario y la caracterización de las zonas de mayor potencial de recursos naturales del subsuelo. Además, la Institución entra a formar parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.

Estudios sobre la historia del Servicio Geológico Colombiano

La historia del Servicio Geológico Colombiano ha sido tratada de manera indirecta o directa por un buen número de estudios, varios de ellos publicados y algunos inéditos.

Estudios generales publicados

Los primeros estudios que contienen datos de interés para la historia del Servicio Geológico Colombiano fueron publicados en la década de los setenta del siglo XX y fueron muy útiles para las investigaciones posteriores. Tres de ellos tratan específicamente la historia de la geología en Colombia y contienen datos sobre la historia del Servicio Geológico Colombiano.

En una obra de gran difusión a nivel nacional e internacional, la *Historia Extensa de Colombia*, el profesor Luis Guillermo Durán (1974), uno de los impulsores de la geología y cofundador del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional de Colombia, aporta un capítulo sobre el desarrollo de esa disciplina en Colombia, en el cual hay datos generales de mucho interés. El autor se refiere a los avances en el conocimiento geológico en Colombia desde las primeras décadas del siglo XIX, destacando el aporte de figuras como Humboldt, Boussingault y Karsten. Describe los trabajos de la Comisión Científica Nacional y luego del Servicio Geológico Nacional; el mayor detalle se encuentra, sin embargo, en los desarrollos de la geología en los años cincuenta y sesenta del siglo XX, de los cuales da un vívido relato como testigo directo y actor en muchos de ellos. En esas páginas se pueden encontrar datos valiosos, algunos muy novedosos, sobre la historia del Servicio Geológico Colombiano. Hay que destacar que el estudio de Durán es el primero en su género y establece una cronología básica que resulta ser muy útil para todas las investigaciones posteriores.

Otra gran figura de la geología colombiana del siglo XX, el profesor Gerardo Botero de la Escuela de Minas de Medellín, quien hace una síntesis de la geología colombiana y la da a la luz en una serie de gran difusión, la *Biblioteca Básica Colombiana* del Instituto Colombiano de Cultura (1978). El trabajo ofrece un excelente panorama del desarrollo de esa ciencia en nuestro país, partiendo

de épocas coloniales y recorriendo los siglos XIX y XX. Contiene gran cantidad de datos novedosos e interesantes; da además una mirada al aporte de las universidades y del sector petrolero y señala las investigaciones de estudiosos independientes. Tiene, por otra parte, el mérito de conectar los desarrollos de la geología nacional con los de esa ciencia en el mundo. En él, tanto la Comisión Científica Nacional como el Servicio Geológico Nacional son tema de análisis y comentarios. Ese estudio y el del profesor Luis Guillermo Durán, por provenir de investigadores externos al Servicio Geológico Colombiano, dan un punto de vista imparcial sobre las contribuciones de este al conocimiento geocientífico del país.

En el mismo volumen en el que aparece la contribución del profesor Botero se da a la luz un interesante ensayo del investigador Darío Suescún Gómez sobre la historia de la minería en Colombia. Una vez más, se trata de una excelente síntesis proveniente de un gran conocedor del tema. Darío Suescún Gómez fue un conocido investigador del Servicio Geológico Nacional, del cual fue director durante varios años. En el artículo, las principales contribuciones de la Comisión Científica Nacional y del Servicio Geológico Nacional a la exploración minera son señaladas y destacadas.

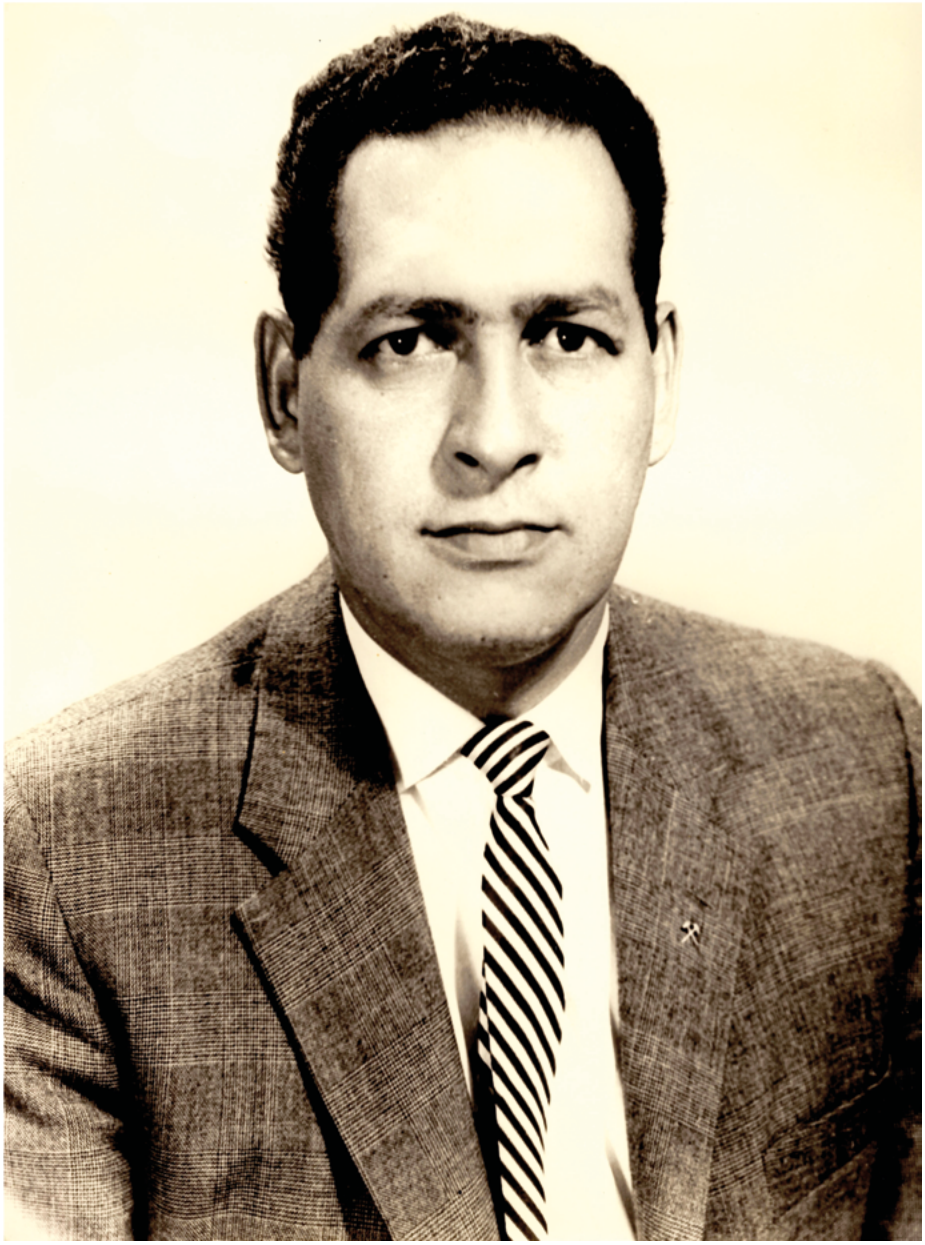
Estudios específicos publicados

Entre 1984 y 1993 un proyecto sobre la historia social de la ciencia en Colombia, liderado por COLCIENCIAS, incluyó la participación del autor de este volumen para tratar el tema de la geología y sus ciencias afines. Los resultados de esos años de investigaciones fueron publicados, primero en la *Revista Ciencia, Tecnología y Desarrollo* de COLCIENCIAS y, luego, en una obra de síntesis de diez volúmenes. Esta última tuvo gran difusión a nivel nacional; el tomo II, dedicado a las matemáticas, la astronomía y la geología, contiene dos estudios sobre el último de los tres temas, que describimos brevemente a continuación.

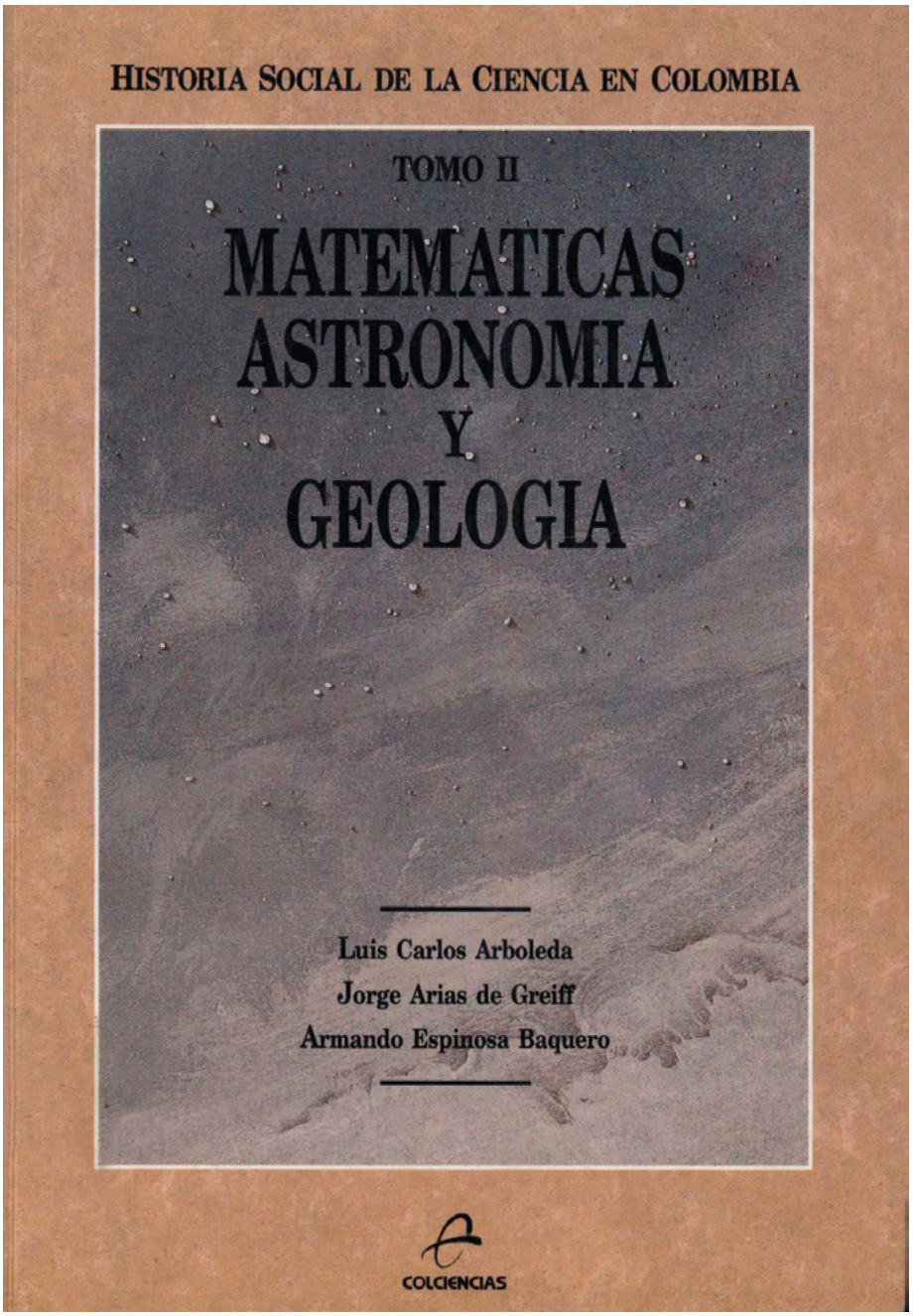
El primer estudio (Espinosa, 1993a) es una investigación general sobre la historia de los estudios geológicos hechos en Colombia desde la época colonial. El documento contiene dos capítulos sobre el desarrollo y la contribución del Servicio Geológico Colombiano, el primero dedicado a la Comisión Científica Nacional (1916–1938) y el segundo al Servicio Geológico Nacional (1938–1968); la historia de INGEOMINAS entre 1968 y 1985 es tema de varias páginas en el capítulo siguiente.

El segundo estudio (Espinosa, 1993b) del volumen mencionado resalta las contribuciones de tres grandes figuras de la geología colombiana: José María Cabal, Alejandro de Humboldt y Enrique Hubach. Además de los datos biográficos de cada uno de ellos, el texto incluye un análisis de sus estudios geológicos y del impacto que tuvieron en el desarrollo de la ciencia en Colombia, y del desarrollo país en general.

En 1991, con ocasión de los setenta y cinco años de fundación del instituto, este publicó una síntesis de su historia con la autoría de Armando Espinosa Baquero. El estudio



Darío Suescún Gómez, director del Servicio Geológico Nacional (1966–1968)
y autor de la obra *Breve historia de la minería colombiana* (1978).



Portada del tomo II de la *Historia Social de la Ciencia en Colombia* (1993), publicación de COLCIENCIAS que contiene dos capítulos sobre la historia de la geología en Colombia.

consistió en un fascículo de 13 páginas que da un panorama de las diferentes etapas de su desarrollo histórico, y en una carpeta de tamaño 47 x 33 centímetros que contiene la reproducción de los mapas geológicos de síntesis de la geología de Colombia, 7 en total hasta entonces. Son los mapas de Hermann Karsten (1856), Tulio Ospina, (1915), Ricardo Lleras Codazzi (hacia 1919), Víctor Oppenheim (1943), Servicio Geológico Nacional (1944), Dario Barrero y otros (1976) y Rodrigo Vargas y otros (1988).

Entre los resultados de la celebración de los noventa años del instituto está la publicación de un libro titulado *La historia de INGEOMINAS. 90 años de geología oficial en Colombia* escrito por el investigador Carlos Acosta (2007), geólogo e historiador de la ciencia. Es, hasta ahora, el estudio más extenso publicado sobre el tema, obra de 300 páginas en edición de lujo en blanco y negro. En cinco capítulos dedicados a los antecedentes de la geología colombiana, la Comisión Científica Nacional, el Servicio Geológico Nacional, INGEOMINAS y el Museo Geológico de Colombia, el autor describe en orden cronológico, con buen grado de detalle, los diferentes desarrollos de la Institución desde su fundación. En cada etapa de la historia de las instituciones que antecedieron al Servicio Geológico Colombiano define los grandes periodos y en los capítulos sobre el Servicio Geológico Nacional e INGEOMINAS describe y analiza aspectos estructurales, administrativos y técnicos–científicos.

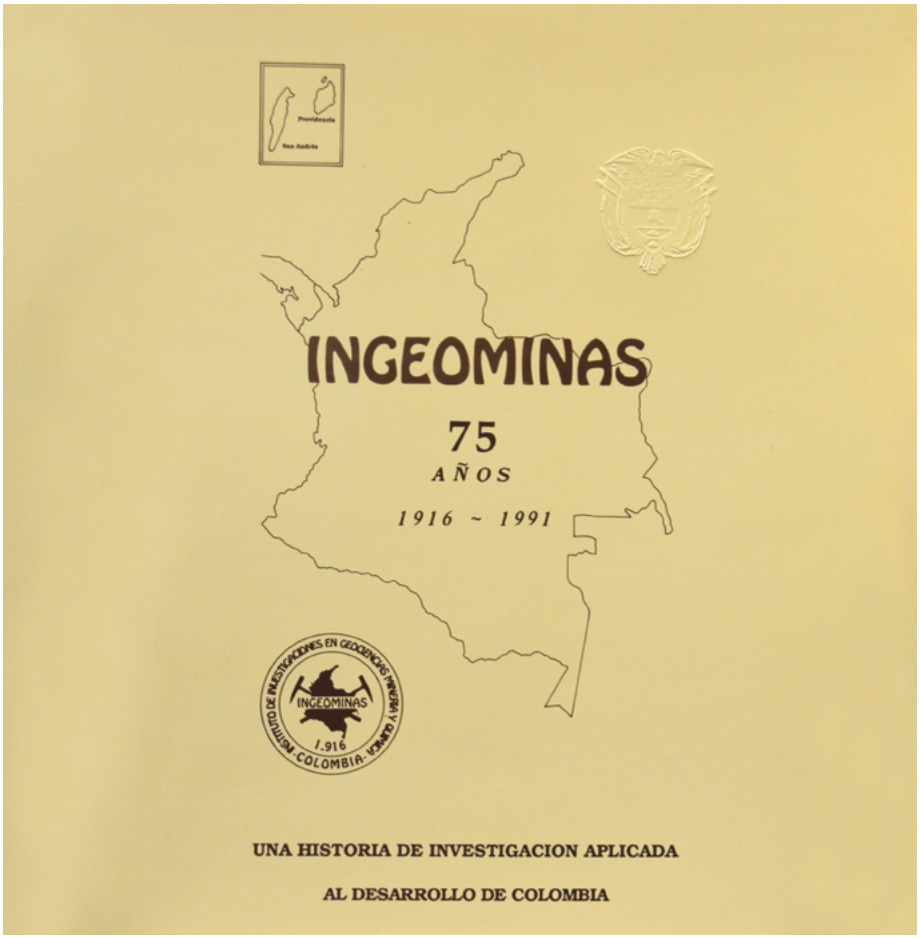
Estudios inéditos

Existen tres estudios inéditos sobre la historia del Servicio Geológico Colombiano, con autoría de Alberto Lobo–Guerrero Uscátegui (1987), Armando Espinosa Baquero (1993) y Jaime Cruz Buenaventura y otros (1971).

Alberto Lobo–Guerrero Uscátegui, entonces director general de INGEOMINAS, escribe en 1987 un texto titulado *INGEOMINAS, su labor desde 1916 hasta 1987*. Se trata de un documento de unas treinta páginas en el cual se hace una síntesis del desarrollo y de la contribución de la Comisión Científica Nacional, el Servicio Geológico Nacional e INGEOMINAS. También se resalta el aporte de las principales figuras de la institución: Robert Scheibe, Benjamín Alvarado y otros.

En 1993 Armando Espinosa Baquero entrega un texto de 142 páginas con el título *Historia de INGEOMINAS*, que trata los antecedentes históricos, la Comisión Científica Nacional, el Servicio Geológico Nacional, el Inventario Minero Nacional e INGEOMINAS. El estudio hace énfasis en los estudios publicados por la institución y en los trabajos de exploración que esta adelantó. Incluye dos textos inéditos con autoría de Carmenza Barrera, bibliotecóloga de INGEOMINAS en años anteriores, sobre los desarrollos de la Biblioteca y el Museo. El estudio no fue publicado (Espinosa, 1993c).

También en el documento de autoría de Cruz Buenaventura y otros (1971) se da un interesante panorama de la historia de la cartografía geológica en Colombia, obra del Servicio Geológico Colombiano. Cubre desde el



Portada de la obra *INGEOMINAS 75 años, 1916–1991*, que contiene una breve reseña histórica de INGEOMINAS de autoría de Armando Espinosa Baquero.

periodo colonial hasta el momento en que el documento se escribe, con importantes detalles sobre los diferentes periodos de desarrollo de esa disciplina. Su enfoque es el de la contribución de la cartografía geológica a la exploración de recursos minerales en el país.

Como se ve, la historia del Servicio Geológico Colombiano ha sido tema de estudios relativamente numerosos que han abordado aspectos básicos del desarrollo y de la institución y de su contribución a grandes temas de orden nacional.

A propósito de este volumen

Este volumen conmemorativo de los cien años del Servicio Geológico Colombiano busca mostrar al país la Institución con la cual ha contado, cuenta y contará para proveer información sobre el suelo y subsuelo del territorio nacional. Esa información incluye la geología básica (mapa geológico), el inventario de los recursos mineros–energéticos y los estudios sobre los fenómenos potencialmente dañinos propios del entorno geológico

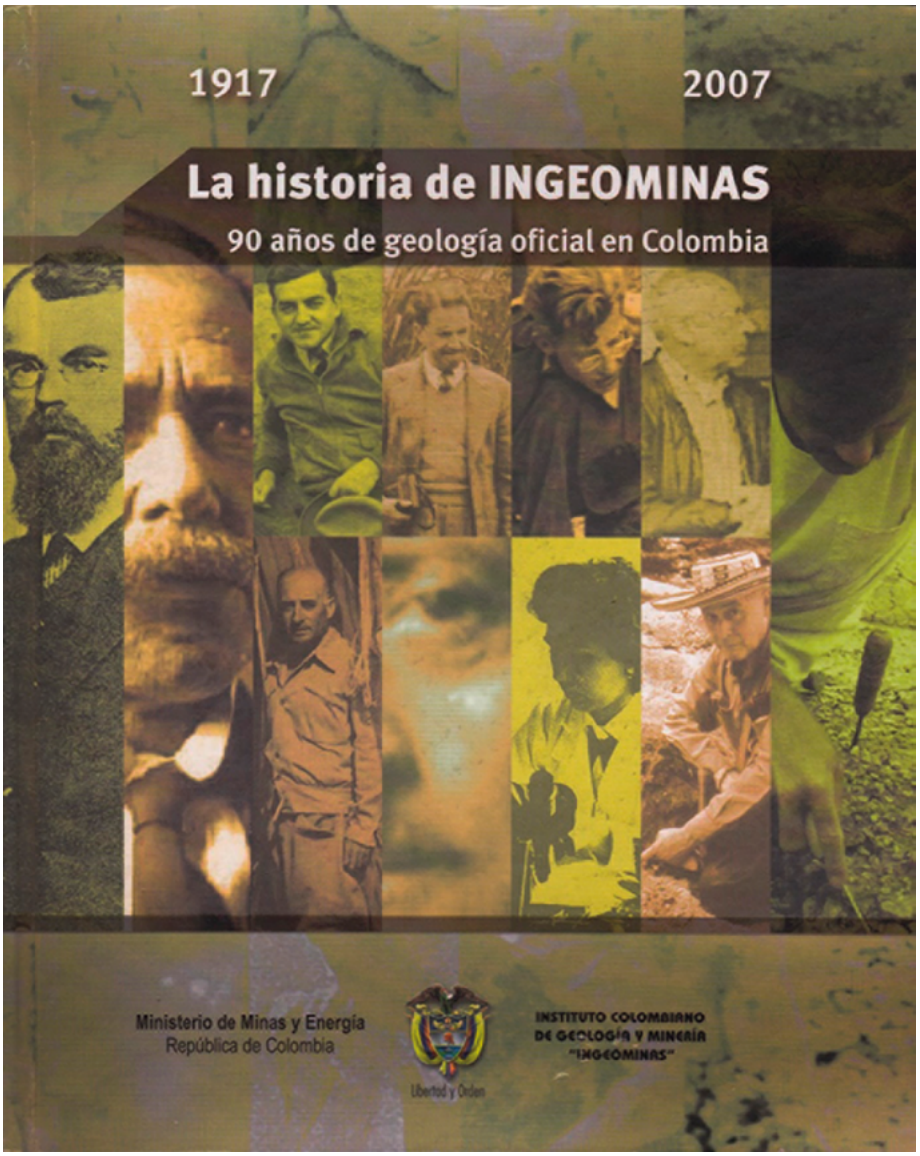
nacional. También aspira contribuir a que la Institución dé una mirada hacia atrás y haga el balance de los resultados logrados, lo cual le permitirá proyectar mejor el futuro.

El volumen es un documento dirigido a un público amplio y no especializado. Sus características son las de un texto de fácil acceso, ilustrado y no recargado con todas las citaciones típicas de una obra académica o científica. Sin embargo, es conveniente que los estudiosos, los especialistas y, sobre todo, los futuros investigadores de la historia del Servicio Geológico Colombiano y de la ciencia colombiana dispongan de un documento que llene todos los requerimientos del rigor del método científico. Para ellos se está escribiendo otro volumen (Espinosa, en preparación) que tiene el mismo esquema que este, pero aborda los problemas metodológicos, desglosa los aportes de investigaciones anteriores e incluye todas las referencias de los estudios publicados y no publicados. Sobre esa base, los futuros investigadores podrán seguir construyendo el edificio del conocimiento sobre el tema.

La información con la cual se construyó el volumen que hoy se da a la luz fue recogida directamente por el autor hasta cuando perteneció a la Institución, año 1995. Para la historia del periodo 1995–2016, la Dirección General y las diferentes direcciones técnicas del Servicio Geológico Colombiano aportaron los datos que consideraron pertinentes y que fueron luego integrados al texto. Así, el último capítulo de la obra constituye más una construcción colectiva que una creación individual.

El autor agradece a los expertos que con sus revisiones y sugerencias mejoraron el texto inicial, los doctores Jorge Bendeck, Fernando Etayo y Hernando Dueñas, este último miembro de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. También agradece a los investigadores del Servicio Geológico Colombiano que aportaron datos sobre la historia reciente: Adriana Agudelo, Luisa Fernanda Castillo, Gloria Patricia Cortés, Héctor Manuel Enciso, Hugo Forero, Diego Gómez, Cristian Mauricio López, María Luisa Monsalve, Héctor Mora, Fernando Mosos, Alberto Ochoa, Gloria Prieto, Bernardo Pulgarín, Gabriel Rodríguez, Jaime Romero y Gloria Lucía Ruiz. De manera especial agradece al doctor Oscar Paredes, director general del Servicio Geológico Colombiano, por el aporte de documentos valiosos y haber dedicado un largo tiempo a la revisión del texto final. También reconoce su empeño personal para que esta obra llegara a feliz término.

Finalmente, agradece al Grupo Mapa Geológico de Colombia por su función editorial: Jorge Gómez, María Fernanda Almanza, Leonardo Cuéllar y Luz Esperanza Castilblanco, y a Mauricio Vargas del Grupo de Participación Ciudadana y Comunicaciones. Su trabajo juicioso y dedicado de varios meses permitió dar a la obra el último toque de calidad que hoy se puede ver.



Portada de la obra *La historia de INGEOMINAS, 90 años de geología oficial en Colombia* de Carlos Acosta (2007).

Bibliografía

Acosta, C. 2007. La historia de INGEOMINAS (1917–2007). 90 años de geología oficial en Colombia. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), 300 p. Bogotá.

Arboleda, L.C., Arias de Greiff, J. & Espinosa, A. 1993. Historia Social de la Ciencia en Colombia, tomo II, Matemáticas, Astronomía y Geología. COLCIENCIAS. Bogotá

Barrero, D., Duque, H., Arango, J., Kassem, T. & Zambrano, F. 1976. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1 500 000. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (INGEOMINAS). Bogotá.

Botero, G. 1978. Apuntes para una historia de las investigaciones geológicas en Colombia. *En*: Chaparro, F. & Sagasti, F. (Editores), Ciencia y Tecnología en Colombia. Instituto Colombiano de Cultura, Biblioteca Básica Colombiana, Editorial Escala, p. 147–180. Bogotá.

Cruz, J., Forero, A., Cáceres, C. & Acosta, C. 1971. Cartografía geológica y recursos minerales de Colombia. V Reunión Especial del Comité de Recursos Naturales Básicos del Instituto Panamericano de Geografía e Historia. I Congreso Nacional Colombiano sobre Recursos Naturales. Documento n.° 15, 17 p. Bogotá.

Durán, L. G. 1974. Reseña histórica de la geología en Colombia. *En*: Historia Extensa de Colombia. Academia Colombiana de Historia, XXIV: 288–309. Bogotá.

Espinosa, A. 1991. INGEOMINAS 75 años. Una historia de investigación aplicada al desarrollo de Colombia. INGEOMINAS, Fascículo Reseña Histórica, 13 p. 7 mapas. Bogotá.

Espinosa, A. 1993a. Historia de las investigaciones geológicas en Colombia. Notas a partir de la segunda mitad del siglo XX. *En*: Historia Social de la Ciencia en Colombia, tomo II, Matemáticas, Astronomía y Geología. COLCIENCIAS, p. 271–337. Bogotá.

Espinosa, A. 1993b. José María Cabal, Alejandro Humboldt y Enrique Hubach, su obra geológica y su contribución al desarrollo de Colombia. *En*: Historia Social de la Ciencia en Colombia, tomo II, Matemáticas, Astronomía y Geología. COLCIENCIAS, p. 339–380. Bogotá.

Espinosa, A. 1993c. Historia de INGEOMINAS. INGEOMINAS, inédito, 142 p. Cali.

Karsten, H. 1856. Karte der Verbreitung der geognostischen Formationen in Columbien. Escala aproximada 1:8 000 000. *En*: Die geognostischen Verhältnisse, Neu–Granadas. Gesell. Deutscher Naturforscher y 32nd Year. Viena.

Liévano Aguirre, I. 2002. Rafael Núñez. Intermedio Editores. 408 p. Bogotá.

Lleras Codazzi, R. hacia 1919. Croquis Geológico de Colombia. Escala 1:4 000 000. Bogotá.

Lobo–Guerrero, A. 1987. INGEOMINAS, su labor desde 1916 hasta 1987. INGEOMINAS, inédito, 32 p. Bogotá.

Oppenheim, V. 1943. Primer Mapa Geológico Generalizado de Colombia. Escala 1:2 000 000. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Bogotá.

Ospina, T. hacia 1915. Mapa Geológico Sintético de Colombia. Escala aproximada 1:2 700 000.

Servicio Geológico Nacional. 1944. Mapa Geológico General de la República de Colombia. Escala 1:2 000 000. Bogotá.

Suescún Gómez, D. 1978. Breve historia de la minería colombiana. *En*: Chaparro, F. & Sagasti, F. (Editores), Ciencia y Tecnología en Colombia. Instituto Colombiano de Cultura, Biblioteca Básica Colombiana, Editorial Escala, p. 181–196. Bogotá.

Vargas, R. Espinosa, A., Núñez, A. Paris, G., Mendoza, J., Duque, H., Etayo, F., Orrego, A. & González, H. 1988. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1 500 000. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS). Bogotá.

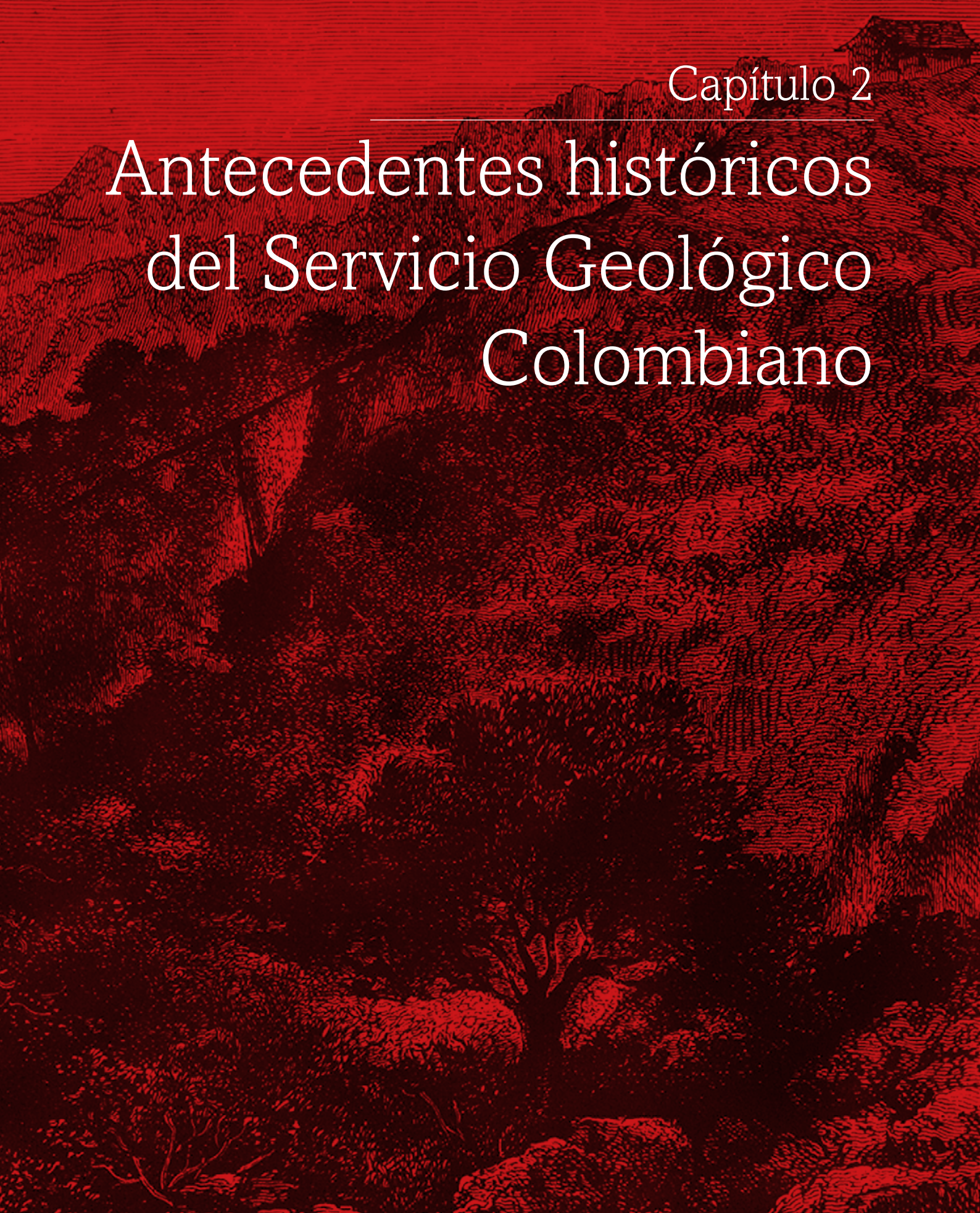


Sierra de Bogotá. Boquerón o angostura del San Francisco, desde la calle 16 con carrera 4.
El Monserrate a la izquierda y el Guadalupe a la derecha.
Fondo Documental Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano.



Capítulo 2

Antecedentes históricos del Servicio Geológico Colombiano







UNO QUARTILLO
BIEN DE 1802 Y 1803
BOGOTA

, Fronico practica que se forma para los Mineros de Veta
cio, y Minas del Govierno de Popayan, y distrito de la Vega
, en cumplimiento de lo mandado, por la Superioridad del Exmo
rey de este Reyno, en su Superior Providencia de veinte, y
e Septiembre del año pasado de 1802.

La oritognosia, ó Reyno Mineral, es una parte de la
Historia Natural, que enseña el conocimiento de todos los
Poseles, ó materias de que se compone nuestro Globo, cuyo
grandisimo numero, y diversidad, ha obligado á los mas
bios Naturalistas, á dividirlos en quatro clases, á sav
la Primera comprende las Tierras, y Piedras, la S
las sustancias Salinas, la Tercera las sustancias
tibles, y la Quarta los Cuerpos Metalicos.

Cada una de estas quatro clases, se h
inteligencia, en qua

Se pueden considerar antecedentes del Servicio Geológico Colombiano los sucesivos esfuerzos hechos por los estados, español y luego republicano, para conocer el suelo, el subsuelo y los recursos de la actual Colombia, inicialmente gracias a individuos que trabajaron solos dentro de la estructura del estado y luego a través de expediciones o de instituciones financiadas por los sucesivos gobiernos.

Los primeros antecedentes de una institución como el Servicio Geológico Colombiano pueden situarse muy atrás en la historia del país, ya en los primeros años de la conquista española e incluso más atrás, en la época prehispánica. Las culturas precolombinas alcanzaron una minería y una metalurgia bastante desarrolladas (Espinosa, 1994a). Los indígenas de la actual Colombia explotaban y beneficiaban la sal, el carbón, las esmeraldas, el oro, el cobre y el platino. Desde entonces, los conocimientos de geología, química y minería, por incipientes que fueran, estuvieron en la base de todas las actividades mineras bajo alguna forma de patrocinio por parte de las autoridades.

Desde la llegada de Colón, quien al observar en su primer viaje la gran cantidad de oro y plata que había en América trajo en su segundo viaje ciento sesenta mineros para explotar los yacimientos de La Española, la minería fue la base del Imperio español en América. Ya en la Colonia, los primeros documentos de interés geológico fueron los tratados de minería y las primeras empresas que tuvieron algún carácter institucional se iniciaron en forma de expediciones científicas. Como su nombre lo indica, fueron organizaciones de corta vida, aunque algunas duraron varios años e incluso, una ellas —la Expedición Botánica— alcanzó a trabajar más de tres décadas convirtiéndose en la primera institución científica en nuestra historia. Durante la Colonia las expediciones fueron patrocinadas por la corona española y excepcionalmente por algún otro estamento de Europa.

En el siglo XIX se vieron llegar expediciones de varios países europeos. Una de ellas, la Misión Boussingault, fue contratada por el Gobierno de Colombia y la última del siglo XIX, la Comisión Corográfica, fue organizada por el mismo Gobierno colombiano. En las últimas décadas se dieron esfuerzos de personas como don Vicente Restrepo, don Pastor y don Tulio Ospina para impulsar los estudios geológicos–mineros y se asiste a la fundación de la primera institución especializada en esos temas, la Escuela de Minas de Medellín, en 1886.

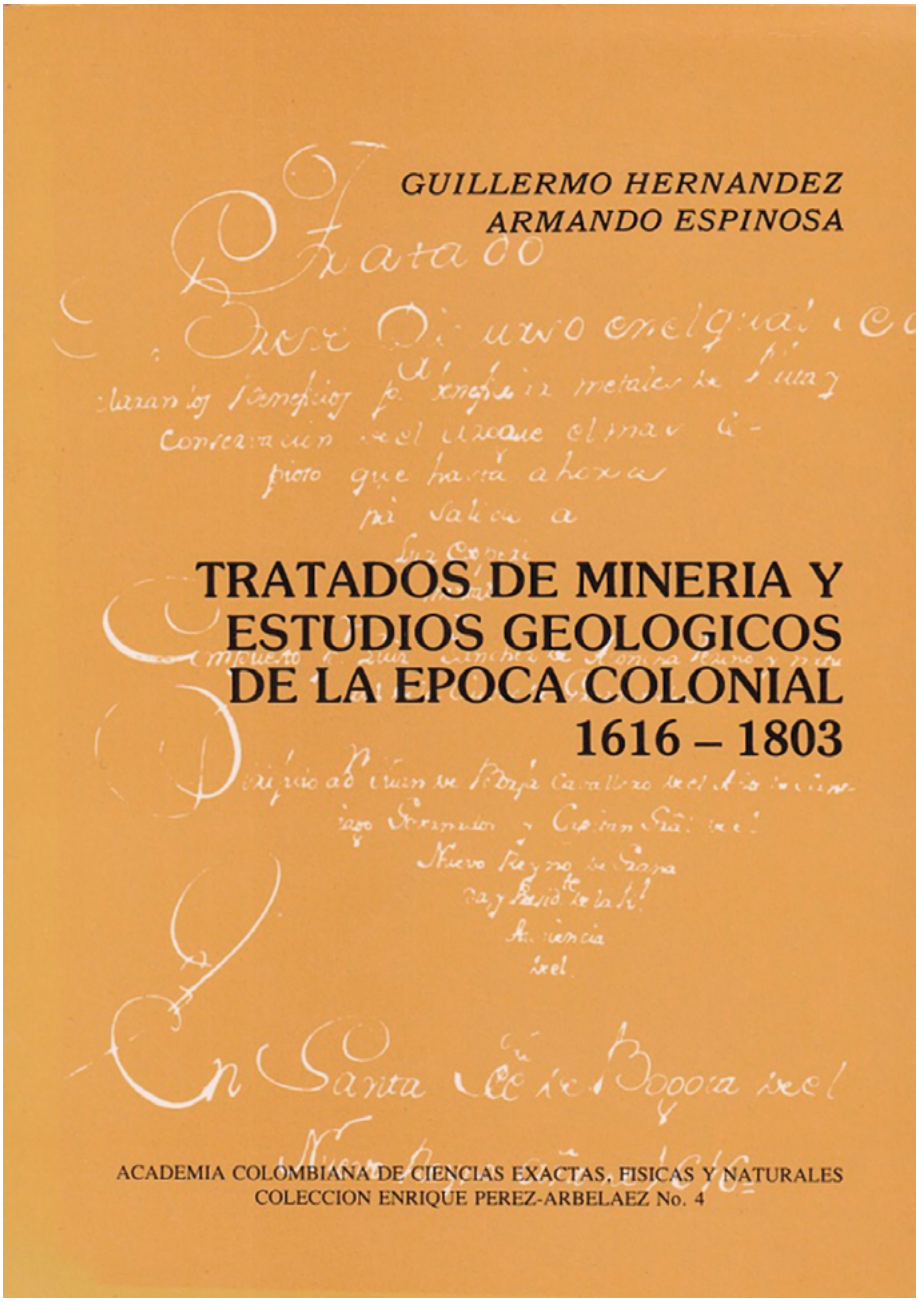
La época colonial

Después de algunos intentos de administraciones como la de don Juan de Borja (1605–1628) para desarrollar la minería, viene durante el siglo XVIII el ciclo principal de las expediciones científicas. Esas empresas, como la ciencia de la época, fueron polifacéticas. La botánica se llevó la gran parte en casi todas ellas hasta finales del siglo XVIII, pero no faltaron las excepciones. Dos de ellas son notables y son el tema de párrafos siguientes: la Expedición Geodésica al Ecuador (1735–1743) cuyo objetivo principal fue determinar la forma de la Tierra y la misión de don Juan José D'Elhuyar (1784–1796) quien vino a ocuparse directamente de minería. Curiosamente, la Misión D'Elhuyar no figura oficialmente en nuestra historia, ni como misión ni como expedición, a pesar de que tuvo la importancia de cualquier otra empresa científica, quizás porque trabajó un poco a la sombra de la Expedición Botánica y porque las expectativas no se pudieron cumplir, en parte por la muerte de su principal protagonista.

Los precursores: Luis Sánchez de Aconcha y Juan García de Espinosa

El primer documento minero que se conoce en Colombia es el llamado *Tratado de don Luis Sánchez de Aconcha*, fechado en Santa Fe en 1616 y publicado por Hernández de Alba y Espinosa (1991). El tratado fue escrito en un momento muy importante para la minería de la Nueva Granada, durante el mencionado gobierno de don Juan de Borja. El mandatario, que se empeñó en estimular las explotaciones de plata y de oro en el territorio bajo su mando, logró metas importantes, como la expedición de las ordenanzas de minería preparadas por el oidor don Lesmes de Espinosa Saravia y un desarrollo notable de las minas de plata de Mariquita. En ese contexto hay que situar el tratado de Sánchez de Aconcha pues no es imposible, incluso es muy probable, que la obra haya sido escrita por orden o por solicitud del mismo presidente Borja, a quien está dedicada, y que represente un esfuerzo de las autoridades coloniales para impulsar la minería de los metales preciosos.

Básicamente, el tratado de Sánchez de Aconcha es un manual de beneficio de la plata. Históricamente tiene el gran mérito de haber plasmado en un documento oficial los métodos que se utilizaban en la Nueva Granada para beneficiar ese metal que, no



Portada de la obra que incluye el *Tratado de Luis Sánchez de Aconcha*, publicada por Hernández de Alba y Espinosa (1991).

lo olvidemos, llegó a tener, en ciertos periodos, más importancia que el oro. En su época tuvo que ser una obra básica de consulta para los mineros de la Nueva Granada. Debió tener una larga vigencia, quizás más de siglo y medio ya que el siguiente tratado conocido es el escrito por don Ángel Díaz en 1802, aunque estuvo perdido durante un largo periodo. En la obra de Sánchez de Aconcha se vislumbra claramente que los métodos que se utilizaban en la Nueva Granada fueron importados del Perú, a donde habían sido llevados desde México en 1572 y, aplicados en Potosí habían hecho la grandeza de aquellas minas. Aparentemente, los mineros de la Nueva Granada adaptaron a los climas más clementes de nuestras regiones los métodos de amalgamación en caliente (cajones de buitrón) que habían sido desarrollados en los altiplanos de la actual Bolivia (Espinosa, en Hernández de Alba y Espinosa, 1991).

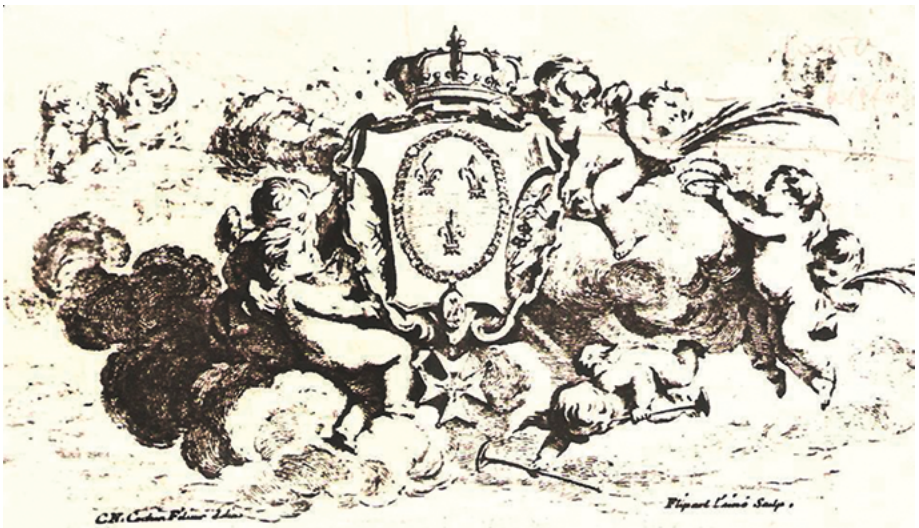
De don Luis Sánchez de Aconcha se ignora todo, salvo lo que cuentan el título, la dedicatoria y el prólogo de su obra. Era originario de Granada y había trabajado más de diez años en la minería y el beneficio de la plata en la Nueva Granada, con el apoyo de don Juan de Borja.

Sabemos menos todavía sobre don Juan García de Espinosa pero, según don José María Vergara y Vergara (*Historia de la literatura en la Nueva Granada*, 1867), García de Espinosa escribió en la primera mitad del siglo XVII un tratado sobre minas titulado *Política mineral*, obra que desafortunadamente desapareció.

La Expedición Geodésica al Ecuador (1735–1743)

Con la llegada de la Expedición Geodésica al Ecuador se da en nuestro país un primer gran paso científico, en el sentido moderno del término. Los esfuerzos anteriores, como los de Sánchez de Aconcha y García de Espinosa ya mencionados, no tuvieron la continuidad indispensable para la acumulación de conocimientos. En cambio, los importantes trabajos de la Expedición Geodésica sirvieron de base a todos los estudios hechos en la segunda mitad del siglo XVIII, incluyendo los de la Expedición Botánica y los de Francisco José de Caldas. Las obras de la expedición, publicadas hacia 1750, fueron la cátedra en la que se formó más de un científico criollo. Fue el caso de don Félix de Restrepo y del mismo Caldas.

Al empezar el siglo XVIII, la forma de la Tierra era el principal problema científico, filosófico y hasta comercial de la época, ya que la polémica científica entre Newton, quien sostenía que la Tierra es achatada hacia los polos por efecto de la rotación, y la escuela francesa encabezada por los Cassini, partidarios de una Tierra alargada hacia los polos, traía toda clase de connotaciones. Las implicaciones comerciales del problema, causadas por las imprecisiones de los mapas hechos en Francia por los Cassini, llevaron finalmente a la Academia de Ciencias de París a buscar una solución. Así nació la idea de una expedición hacia la línea ecuatorial y otra hacia los polos, para resolver el problema a través de mediciones geodésicas. La entonces Presidencia de Quito, que formaba parte



RELATION ABRE'GE'E
DU VOYAGE
FAIT AU PEROU

Par Meſſieurs de l'Académie Royale des Sçiences, pour meſurer les Degrés du Méridien aux environs de l'Equateur, & en conclurre la Figure de la Terre.

L'ACADEMIE a été ſi exacte à publier tout ce qu'elle a fait pour déterminer la grandeur & la figure de la Terre, que je puis ſuppoſer que l'Aſſemblée eſt parfaitement inſtruite de l'état de la queſtion. * Tout concouroit à nous apprendre que la Terre n'étoit pas exactement ſphérique, auſſi bien les expériences qu'on avoit faites ſur la peſanteur des corps, qui va en diminuant à meſure qu'on

* Une partie de ce Diſcours a été lûe dans l'Aſſemblée publique de l'Académie Royale des Sçiences le 14 Novembre 1744.

a

Primera página de la *Relation abrégée du voyage fait au Pérou* de Pierre Bouguer (1749).

del Virreinato de Nueva Granada, fue escogida como objetivo de la expedición al Ecuador y se decidió que esta seguiría la ruta La Rochelle–Cartagena–Panamá–Guayaquil–Quito.

Una expedición europea a la América ecuatorial en el siglo XVIII era una empresa llena de dificultades, pero era también una ocasión excepcional ya que, por primera vez, España aceptaba abrir las puertas de sus colonias americanas a observadores extranjeros. El equipo debía ser polifacético y así se constituyó: Louis Godin, matemático; Pierre Bouguer, astrónomo; Charles Marie de La Condamine, naturalista, y Joseph de Jussieu, botánico. España exigió la presencia de dos científicos españoles, y envió a don Jorge Juan y don Antonio de Ulloa.

Durante casi nueve años, de 1735 a 1744, la expedición recorrió el norte de Suramérica, concentrándose en sus trabajos geodésicos entre Quito y Cuenca. Sus observaciones en todas las disciplinas científicas, completadas con crónicas de interés general, quedaron consignadas en una serie de obras en español: la *Relación histórica de un viaje hecho por orden de Su Majestad a la América meridional* de Juan y Ulloa (1748); las *Noticias americanas* de Ulloa (1792) y las *Noticias secretas de América* de Juan y Ulloa (1826); también en dos famosas obras francesas: *La figure de la Terre* de Bouguer y La Condamine (1749), y la *Relation abrégée du voyage fait au Pérou*, familiarmente conocida como *Voyage au Pérou* de Bouguer (1749), publicadas en el mismo volumen. De esta última obra acaba de ser publicada una traducción al castellano, con un estudio analítico sobre la contribución de Bouguer a la geografía (Espinosa, 2014).

Al terminar los trabajos la expedición, Louis Godín permanece en el Perú, mientras que La Condamine y Bouguer se separan para regresar a Francia por diferentes rutas. Ambos salen de Quito, La Condamine baja por el río Amazonas y Bouguer decide atravesar el valle del Magdalena y embarcarse en Cartagena, recorrido que hace entre mayo y octubre de 1743. En el *Voyage au Pérou* Bouguer da amplias descripciones de su recorrido, en las cuales encontramos anotaciones geográficas y geológicas de gran interés, además de observaciones astronómicas, descripciones de animales y plantas y experimentos sobre el magnetismo terrestre.

El platino

En el llamado descubrimiento del platino, la historia de la ciencia ha visto una de las mayores contribuciones de la Expedición Geodésica. Don Antonio de Ulloa llevó a Europa algunas muestras provenientes del Chocó y en la *Relación histórica* hizo mención de *la platina* por primera vez en un documento científico. El término descubrimiento es cuestionable en este caso ya que, como lo demuestran las investigaciones hechas en el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS) por Espinosa (1986a, b, 1987), el platino no solo era un elemento ampliamente conocido en España y sus dominios (en la actual Colombia y en Ecuador fue, incluso, conocido y trabajado desde épocas



Retrato de Pierre Bouguer por Jean–Baptiste Perronneau. Museo del Louvre, París.

precolombinas), sino que figura en documentos oficiales desde, por lo menos, el principio del siglo XVIII. El metal era además separado del oro en las casas de moneda de Nueva Granada con técnicas desarrolladas en esas instituciones y que fueron descritas en documentos que han reposado durante siglos en nuestros archivos históricos. Sin embargo, hay que reconocer a don Antonio de Ulloa el mérito de haber informado a la comunidad científica europea sobre la existencia del platino.

La gravimetría

En las discusiones sobre la gravedad terrestre y sus efectos, hechas por Pierre Bouguer en 1738 cerca al volcán Chimborazo, debemos ver un gran aporte al conocimiento científico que quedará plasmado en lo que hoy conocemos como el *modelo de Bouguer*, base de la gravimetría.

En el momento en que se inicia la expedición, se conocía la disminución de la gravedad con la latitud y con la altura, deducible de los trabajos de Huygens y Newton, respectivamente, pero no se habían planteado los efectos del relieve. Precisamente, la gran contribución de Bouguer es haber formulado y calculado los efectos producidos por la capa de terreno entre el nivel de referencia y la altura de la estación, teniendo en cuenta sus irregularidades. Estos efectos constituyen los dos últimos términos del modelo, llamados la meseta de Bouguer y el efecto del relieve, respectivamente. Espinosa (1989) analiza en detalle los planteamientos de Bouguer.

Las contribuciones geológicas de la Expedición

Fuera de las contribuciones ya mencionadas sobre el platino y la gravimetría, Antonio de Ulloa y Pierre Bouguer hacen otras valiosas observaciones en sus obras *Noticias americanas* (1792) y *Viaje al Perú* (1749), respectivamente.

En el entretenimiento II de las *Noticias americanas* titulado "El orden y disposición en que están los terrenos en las Indias Occidentales y de la notable variedad que hay en ellos" encontramos observaciones hechas en la costa Caribe de Colombia, muy acertadas además, sobre lo que los geólogos de hoy llamamos geomorfología. También en esa obra se discute, en el entretenimiento XVI, sobre la presencia de fósiles y los posibles mecanismos de fosilización. Sobre este punto Ulloa muestra conceptos muy avanzados para su época, ya que en Europa la idea de que los fósiles son restos de organismos era algo que estaba aún lejos de ser totalmente aceptado.

Bouguer, por su parte, a pesar de ser físico de formación, en el *Viaje al Perú* (1749) se muestra como un agudo observador de los fenómenos geológicos. No solamente la minería y los depósitos de oro son tema de sus anotaciones; también lo son la minería, los terremotos y la geomorfología, donde sus observaciones son, no solo pertinentes, sino algunas veces magistrales. En 1742, por ejemplo, es testigo directo de una erupción del volcán Cotopaxi y describe con gran acierto el flujo de lodo producido por la erupción, sacando conclusiones admirables sobre el ori-

gen y el mecanismo del flujo. También hizo observaciones notables sobre otros fenómenos geológicos, principalmente volcánicos, en los actuales territorios de Ecuador y de Colombia.

José Celestino Mutis y la Expedición Botánica (1760–1808)

El famoso botánico y naturalista José Celestino Mutis llegó a la Nueva Granada en 1760 con el virrey Pedro Messía de la Cerda. Antes de su viaje, pudo heredar conocimientos de la Expedición Geodésica, ya que al finalizar esta, don Jorge Juan había regresado a Sevilla (España) donde fundó el Observatorio de Cádiz. En este Mutis (que había nacido y vivido en esa ciudad) pudo entrar en contacto con muchos temas de América ecuatorial.

La Expedición Botánica fue fundada en 1783 por el rey de España a través del virrey Caballero y Góngora. Oficialmente, la Expedición se ocupó, como su nombre lo indica, esencialmente de botánica, pero a través de José Celestino Mutis estuvo muy estrechamente vinculada a la minería de la Nueva Granada. El papel jugado por Mutis en el desarrollo de la minería del virreinato ha sido analizado en varios estudios (Espinosa, 1984a, 1993a, 1993c; Osorio, 1982). En ellos se muestra que Mutis llegó en un momento en el cual la explotación del oro, la plata y otros yacimientos se hacía sin apoyos técnicos y, menos, científicos. Mutis se convirtió en consejero del virrey y de su administración en esos temas. Le correspondió supervisar la explotación de las minas de sal de Zipaquirá, de esmeraldas de Muzo, de cobre de Moniquirá y de plata de Mariquita. También se interesó en nuevos recursos, principalmente del mercurio (que tenía valor estratégico para el beneficio del oro y la plata) y se ocupó del cobre, de los mármoles e incluso del asfalto. Con este último logró elaborar una pasta para impermeabilizar las cajas que con frecuencia enviaba a España con muestras de plantas y minerales. Por otro lado, se asoció con las empresas particulares La Montuosa en Santander y El Sapo entonces en la jurisdicción de Ibagué, en las cuales pasó muchos años. La escogencia de Mariquita como sede de la expedición en 1784, obedeció en buena parte a la cercanía de las minas de plata que entonces eran explotadas por el virreinato.

Trasladada la expedición a Santa Fe, Mutis incluyó entre el personal un agregado mineralogista, cargo que ejerció don Enrique Umaña, con tan mala fortuna para la expedición que este se vio envuelto dos años después en el proceso contra Nariño, como cómplice de la publicación de los derechos del hombre. Remitido a España para ser juzgado, fue absuelto en 1800 pero permaneció en Europa. Pasó a Francia, donde logró descollar como mineralogista, a juzgar por la mención que de él hace el famoso Abate Hauy, creador de la mineralogía moderna, en su clásica obra *Tratado de mineralogía* (1801):

> Don Henri Umaña, sabio mineralogista español, tuvo la complacencia de obsequiarme pequeños cristales de la Provincia de Antioquia, en el reino de Santafé de Bogotá. Entre ellos se distinguen frag-





Mina El Sapo, entonces en la jurisdicción de Ibagué y hoy en la de Valle de San Juan (Tolima), explotada por José Celestino Mutis. Arriba la capilla y abajo restos de un antiguo acueducto construido por Mutis para la planta de beneficio. Fotografía de Armando Espinosa Baquero (1983).

mentos negruzcos que parecen pertenecer a los piroxenos.

Don Enrique Umaña regresa a Santa Fe años más tarde, pero la política y los negocios lo alejan de la ciencia. Fue el segundo intento fallido de Mutis para tener un colaborador minero; el primero había consistido en enviar a Suecia a don Clemente Ruiz a estudiar minería, pero a su regreso él había abandonado esas actividades.

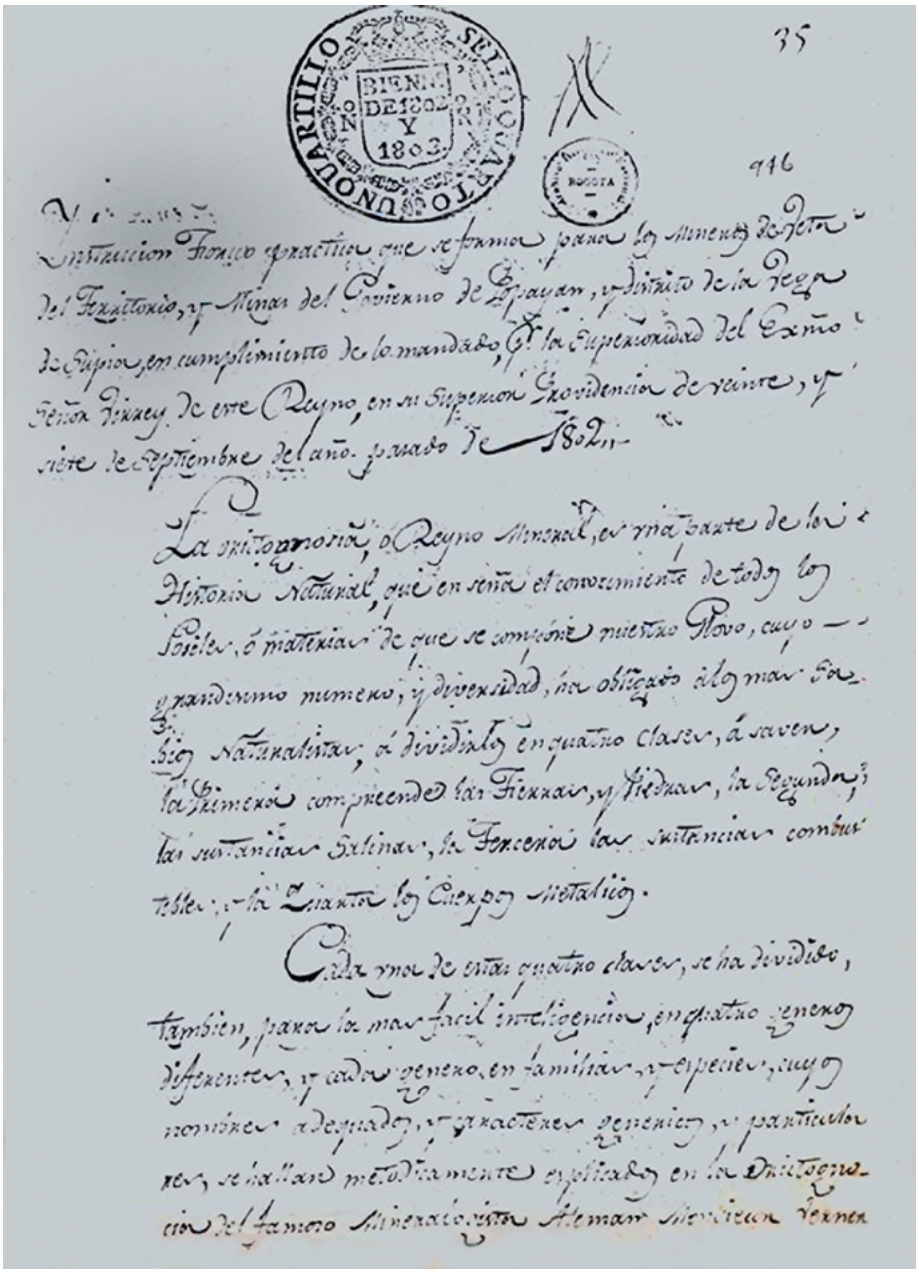
Juan José D'Elhuyar (1784–1796)

El interés de don José Celestino Mutis en el desarrollo de la minería en las últimas décadas del siglo XVIII, con el apoyo decidido de varios gobernantes (particularmente de don Pedro Mendinueta y Múzquiz, don Francisco Gil y Lemos y el arzobispo Caballero y Góngora) fructifica en 1784 con la designación de un director de minas en la persona de don Juan José D'Elhuyar. Hay que reconocerlo, la corona española hace una doble contribución: la creación de un cargo de gran importancia para el virreinato y la escogencia de una persona que ofrece todas las garantías. Se trata del descubridor, junto con su hermano Fausto y apenas un año antes, de un nuevo elemento químico, el tungsteno. Científico de la mejor formación, había estudiado minería en la famosa Escuela de Minas de Freiberg, y química en la no menos famosa Academia de Upsala.

En 1788 Fausto D'Elhuyar será asignado a Nueva España donde fundará el Real Seminario de Minería. Juan José es enviado a la Nueva Granada y le encarga la explotación de las minas de plata de Mariquita y de la supervisión de la minería del virreinato. En Mariquita introduce el nuevo método de amalgamación de Born y en las otras minas hace estudios y recomendaciones diversas. Entre sus escritos conocidos sobresalen aquellos dedicados a las minas de esmeraldas de Muzo, visitadas por él en 1786. El *Diario de un viaje a Muzo* y el *Informe de un viaje a Muzo* son respectivamente el más antiguo documento geológico y el más antiguo informe geológico que se conocen hasta ahora en Colombia. Ambos fueron dados a conocer por Hernández de Alba y Espinosa (1991).

Los esfuerzos hechos por D'Elhuyar para mejorar la minería del virreinato tuvieron pocos resultados. El medio era difícil, faltaba mano de obra (especialmente obreros especializados para la construcción de herramientas y maquinaria) y la burocracia ahogaba cualquier iniciativa. En el *Informe de un viaje a Muzo* se demuestra claramente que los gastos administrativos de la mina superan los del pago de obreros y la compra de herramientas. En 1789 D'Elhuyar redactó un plan para la formación de un cuerpo de minería o asociación de mineros. Fue presentado al virrey Gil y Lemos y unos años más tarde al virrey Ezpeleta y Veire de Galdeano sin ningún resultado. Todo quedó truncado con la muerte de D'Elhuyar, ocurrida prematuramente en 1796.

La situación de la minería de la Nueva Granada en las últimas décadas del siglo XVIII es descrita en varios estudios (Restrepo,



Primera página del *Tratado de Ángel Díaz* (1802). Archivo General de la Nación, Bogotá.

1883; Espinosa, 1994a). Los trabajos de D'Elhuyar están señalados en su biografía, obra de Caycedo (1971), y en los trabajos de Espinosa (1993a, 1993c). En los últimos años del siglo XVIII y los primeros del siglo XIX, la minería del virreinato queda en manos de don Ángel Díaz, sucesor de don Juan José D'Elhuyar, quien nos deja un conocido tratado sobre el tema (Espinosa, en Hernández de Alba y Espinosa, 1991).

La geología en la época de la pre–Independencia: Caldas y Humboldt

Los últimos años del siglo XVIII y los primeros del siglo XIX ven florecer en el mundo toda una serie de movimientos científicos que culminan con la creación de disciplinas como la geología y la química. En la Nueva Granada, a todos los esfuerzos institucionales iniciados varias décadas antes para desarrollar las ciencias naturales y específicamente la geología, se unieron las iniciativas personales. Al lado de la de Humboldt, quien gastó parte de su fortuna en su viaje a América, la de Caldas no es menos meritoria si se tienen en cuenta las dificultades que debió enfrentar y los resultados que logró. Hubo otras como las de José María Cabal y Jorge Tadeo Lozano, quienes promovieron una química nacional pero vieron sus resultados truncados por las guerras de la Independencia.

Francisco José de Caldas y el plan de creación de un cuerpo de ingenieros mineralógicos

El interés de Francisco José de Caldas en la mineralogía y en la geología se hace evidente en varios de sus escritos, pero el tema no ha sido estudiado aún cabalmente. Botero (1978) señaló el interés de Caldas en la geología y algunas de las propuestas que hizo para aplicar esa ciencia, aún naciente para ese entonces, en el territorio de la Colombia de hoy; también destacó algunos trabajos de Caldas no señalados por otros autores.

Desafortunadamente, Caldas conoció tardíamente a Mutis y seguramente no conoció a D'Elhuyar, de suerte que no dispuso de la información suficiente para obtener logros concretos, exceptuando la exploración de nitratos en Antioquia ya al final de su vida. En la mayoría de los casos sus ideas quedaron en propuestas. Precisamente se atribuye a Caldas un importante documento titulado *Plan razonado de un cuerpo militar de ingenieros mineralógicos.* Aunque es poco probable que el autor sea efectivamente Caldas, tal como lo plantea Espinosa (1993a), este documento histórico sí es de gran valor como antecedente de las investigaciones geologicomineras en Colombia. La Nueva Granada ha entendido en ese momento la necesidad de una Escuela de Minas (tiene el modelo de México, donde el Real Seminario de Minería ha mostrado extraordinarios resultados) y se propone crearla. El proyecto, presentado en los últimos años del siglo XVIII o los primeros del siglo XIX, no pudo llevarse a término



Estatua de Francisco José de Caldas en la plaza principal (parque Caldas) de su ciudad natal, Popayán. Fotografía de Adrián Sotelo, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán del Servicio Geológico Colombiano (2016).

bajo el régimen colonial y tendrá que esperar la Independencia para ser reformulado.

Sobre la contribución de Caldas a la geología existen algunas hipótesis; la principal fuente de información sobre el tema está en su correspondencia (Bateman y otros, 1978).

Alejandro de Humboldt

En la obra de Alejandro de Humboldt (quien visitó la Nueva Granada en 1801) se encuentran las primeras observaciones de conjunto de la geología de la actual Colombia. En ellas se puede situar el punto de partida de los estudios de geología y minería en el país, entre otras razones porque en los diecisiete años que separan la llegada de Humboldt de la de D'Elhuyar los conocimientos sobre la Tierra habían progresado y también porque Humboldt trajo un enfoque geológico, no solamente minero.

Los principales aportes de Humboldt a la geología de Colombia están contenidos en sus obras *Memoria raciocinada de las salinas de Zipaquirá* (1801, publicada por Enrique Pérez Arbeláez, 1959), *Ensayo geognóstico sobre el yacimiento de las rocas en los dos hemisferios* (1823) y *Mélanges de géologie* (1854). De las tres obras la más valiosa para la geología colombiana es el *Ensayo geognóstico*, ya que en ella se tratan con algún detalle las rocas ígneas y metamórficas de la cordillera Central, separando unidades y aportando análisis mineralógicos. El *Ensayo geognóstico* puede ser considerado como el inicio de los estudios sobre la cordillera Central de Colombia. En las otras dos obras se encuentran las primeras observaciones sobre las rocas sedimentarias de la cordillera Oriental, que serán la base para los estudios que años más tarde adelantarán Karsten y Hettner.

La obra geológica de Humboldt fue publicada tardíamente, entre veinte y sesenta años después de su viaje. Además, las obras que circularon rápidamente fueron aquellas de carácter descriptivo como las *Vistas de las cordilleras* (1816). Por esas razones las contribuciones científicas de Humboldt no tuvieron un impacto inmediato. Lo que sí tuvo rápidos efectos fue todo el trabajo de intercambio científico adelantado a través de Humboldt. En aquella época, los pocos científicos que trabajaban en la Nueva Granada lo hacían con grandes limitaciones para obtener información al día sobre los temas que investigaban. Caldas describe patéticamente esa situación con una conocida frase: "Triste suerte la de un americano, cuando descubre algo nuevo lo más que puede decir es: no está en mis libros". Se refería a su descubrimiento de la hipsometría; él intuía que estaba frente a un problema que nadie había investigado, pero no tenía la forma de verificarlo. La llegada de Humboldt significa la apertura para los científicos locales. Por una parte Humboldt puede informar sobre los últimos trabajos y las últimas publicaciones europeas, por otra se convierte posteriormente en un puente entre la ciencia criolla y la ciencia del mundo, apoyando a científicos americanos como Joaquín Acosta, interesando a científicos europeos como Broignart y D'Orbigny,

o estimulando expediciones científicas europeas como la de Boussingault y la de Karsten. Algunos autores, especialmente los biógrafos de Caldas y algunos investigadores de la obra de Humboldt (Bateman, 1978; Díaz Piedrahíta, 1997; Arias de Greiff, 1993), se han referido a esos aspectos de su viaje.

La contribución de Alejandro de Humboldt a la geología colombiana ha sido objeto de varios análisis de conjunto (Espinosa, 1993a, 1993b). Un estudio de enfoque más amplio da una mirada a la contribución de ese autor a las ciencias de la Tierra (Espinosa, 2000). Pero la geología y la minería fueron los temas de mayor interés para Humboldt y, en este caso, se puede hablar de una contribución específica. Ella es descrita y analizada en el estudio de Espinosa (1993b) en el cual se dan informaciones biográficas generales, se describe la obra científica de Humboldt, sus contribuciones a la geología colombiana y su aporte al desarrollo geológico–minero del país.

Un tema de gran interés para la historia de la geología en el mundo es el papel que jugó el viaje de Humboldt a Suramérica en el debate entre los neptunistas y los plutonistas. Este a la postre se definió a favor de los segundos, en buena parte porque Humboldt no pudo comprobar las tesis neptunistas en nuestro continente. Según historiadores de la geología (Adams, 1938, entre ellos), el triunfo del plutonismo se hizo oficial cuando Humboldt y su grupo admitieron que las teorías neptunistas eran insuficientes para explicar las observaciones que se hacían entonces en diferentes puntos del planeta. El papel del viaje de Humboldt en ese contexto es citado por Espinosa (2000) y merece que se profundice en él.

La época de la pos–Independencia y la primera mitad del siglo XIX: Boussingault y Acosta

A partir de la Independencia, las expediciones científicas se tornan especializadas (en la segunda mitad del siglo viene incluso una expedición exclusivamente geológica, la de los alemanes Reiss y Stuebel en 1867–1868). Así vemos llegar, ya en los primeros años de la Republica, una misión científica que trae objetivos muy específicos: las minas de oro de la Nueva Granada. Es la Misión Boussingault (1822–1831) que jugará un papel muy importante en la historia del desarrollo de la ciencia colombiana. También en parte gracias a esa misión, el primer geólogo colombiano, don Joaquín Acosta (1800–1852), adquiere formación en Francia y contribuye con varios estudios al progreso de la disciplina.

La Misión Boussingault (1822–1831)

En el proceso que lleva al Estado colombiano a tomar a su cargo la investigación científica, la organización de la Misión Boussingault es un paso importante, ya que por primera vez el Gobierno solicita y financia una misión extranjera. Las anteriores fueron enviadas desde Europa, pero la siguiente (Comisión Corográfica) a la de Boussingault será organizada por el propio Gobierno con científicos locales, salvedad hecha por su director Agustín Codazzi.



Retrato de Juan Bautista Boussingault. Tomado de sus *Memorias* (1903).

Terminadas las guerras de la Independencia llega la hora de reorganizar la economía y, en un país tradicionalmente minero, la creación de una escuela de minas y un museo aparece como una necesidad básica. Así lo percibe la administración Santander, pero de inmediato surge una dificultad mayor, la falta de personal. La ciencia también ha pagado su cuota en la guerra: Caldas, Lozano, Cabal y otros más han muerto y los pocos que quedan están en el exterior o atendiendo tareas urgentes en la administración. La única solución es contratar una misión científica en el extranjero. Francisco Antonio Zea, entonces ministro plenipotenciario de Colombia en Europa, recibe instrucciones para tomar contacto con Humboldt y otros científicos. Finalmente, se organiza la expedición con los siguientes miembros: Mariano Rivero, peruano, químico e ingeniero de minas de la Escuela de Minas de París (director de la expedición), y los franceses Jean Baptiste Boussingault, ingeniero de minas, François Desiré Roulin, médico, y Jacques Bourdon y Justine Marie Goudot, preparadores.

La Misión Boussingault adelantó proyectos y estudios en los campos de la minería y la química. El balance de las contribuciones de la expedición fue hecho por Espinosa (1991) quien concluye que, a pesar de que los resultados institucionales fueron pobres, los aportes científicos formales e informales fueron importantes. Las dificultades económicas del momento hicieron prácticamente imposible mantener la Escuela de Minas y el Museo, que fueron creados en 1824. Rivero se retira en 1825. Boussingault y Roulin se dedican entonces a una serie de trabajos, casi todos ordenados por el mismo Gobierno. Son los que siguen:

- Visita a las minas de Zipaquirá y Muzo y exploración de las minas de Pamplona por Boussingault, junio de 1825.
- Visita a las minas de oro de Supía–Marmato por Boussingault y Roulin, julio de 1825–enero de 1826.
- Estudio de las minas de plata de Mariquita por Boussingault y Goudot, septiembre de 1826.
- Trabajos en las minas de Supía–Marmato por Boussingault y Goudot, mayo–noviembre de 1827.
- Visita a la región platinífera del Chocó por Boussingault, febrero–mayo de 1829.
- Trabajo de Boussingault como superintendente en Supía–Marmato, enero–diciembre de 1830.
- Exploración de los volcanes entre Popayán y Quito por Boussingault, enero–julio de 1831.

En minería debemos a Boussingault una importante contribución en el desarrollo de la minería de filón, con especial énfasis en el área de Marmato y Supía. Sus trabajos coincidieron con el invento del molino antioqueño; la introducción del molino inglés, y otros avances técnicos en la minería y el beneficio de los metales preciosos. La aplicación de métodos químicos por parte de Boussingault para mejorar los tradicionales métodos de amalgamación fue una ayuda importante que vino a sumarse a los otros

avances mencionados para permitir un auge importante de la explotación del oro y la plata en la primera mitad del siglo XIX.

Las descripciones geológicas de Boussingault están plasmadas en sus *Memorias* (1903). Además, ese autor publicó trabajos sobre mineralogía, varios de ellos sobre minerales nuevos, y observaciones geofísicas y meteorológicas. Como Humboldt, Boussingault tuvo el mérito de interesar a varios científicos europeos. El caso más notable fue el de Alcides D'Orbigny, cuyos estudios paleontológicos hechos sobre las colecciones que él llevó, marcaron un hito en la historia de los estudios geológicos en Colombia. También debemos a Boussingault excelentes descripciones de los volcanes del sur de Colombia. El Puracé y el Galeras presentaban una actividad menor en aquella época y él la describe en detalle, de tal suerte que sus datos son valiosos hoy en día para los estudios de amenaza volcánica. Los terremotos tampoco escaparon a sus observaciones con la fortuna, para la ciencia, de que durante su permanencia ocurrieron dos de los más intensos de la historia del país, el 17 de junio de 1826 y el 16 de noviembre de 1827. Sus datos quedaron consignados en un importante artículo titulado *Sobre los terremotos de los Andes*, publicado en París en 1834–1835, traducido y publicado por don Joaquín Acosta en 1849.

Varios autores analizan contribuciones específicas de la expedición. Botero (1978) señala algunas observaciones de Juan Bautista Boussingault sobre características puntuales de la geología en la entonces provincia de Antioquia. Durán (1974), por su parte, señala el descubrimiento de la marmatita por parte de Boussingault y el estudio de sus colecciones de fósiles, hecho por Alcides D'Orbigny, cuyo impacto en el conocimiento de la estratigrafía colombiana fue muy grande. Espinosa (1993c) da algunas ideas sobre la situación de la ciencia nacional en la época en que se contrató la expedición. Detalles sobre el contexto social y político en el que nació la Misión Boussingault se dan en Espinosa (1991).

Los trabajos adelantados por los miembros de la misión están descritos en Espinosa (1991). La mayoría de ellos tuvo la minería como tema principal, pero también los conocimientos sobre los volcanes colombianos y la sismicidad del país se vieron mejorados por los estudios de varios de ellos, principalmente por los de Boussingault. Esas contribuciones son analizadas en detalle en varios volúmenes de la *Enciclopedia de Desastres Naturales Históricos de Colombia* (Espinosa, 2012). Boussingault y Roulin publicaron los resultados de sus investigaciones en muchos artículos en revistas científicas francesas y en las *Memorias de Juan Bautista Boussingault* (1903). El inventario y el análisis de esas publicaciones se encuentran en Espinosa (1991).

Una contribución muy importante de la Misión Boussingault a la ciencia colombiana, y específicamente a la geología, está en el apoyo que dio a jóvenes científicos colombianos y especialmente al entonces coronel Joaquín Acosta (1800–1852). También hay que destacar que otros sabios europeos, además del ya mencionado Alcides D'Orbigny, se interesaron en temas de la geología colombiana





Uniformes y equipos de la Escuela
de Minas creada por el Gobierno
Nacional en 1824.
Archivo General de la Nación.

por influencia de Boussingault, entre ellos Alexander Broigniart. Botero (1978) hace un interesante y acertado análisis de esas contribuciones.

Don Joaquín Acosta (1800–1852)

Las investigaciones de don Joaquín Acosta sobre la geología de Colombia, y sus esfuerzos para desarrollar en el país esa ciencia y sus afines, son antecedentes del Servicio Geológico Colombiano en la medida en que toda su carrera fue apoyada por el Estado colombiano dentro del marco de instituciones oficiales. Sus contribuciones a la ciencia colombiana son destacadas en la biografía escrita por su hija, doña Soledad Acosta de Samper (1901), Hermelin (1991) señala el papel de Acosta como creador de la geomorfología en Colombia y Espinosa (1994b) hace un análisis de su carrera científica y de sus contribuciones a la geología.

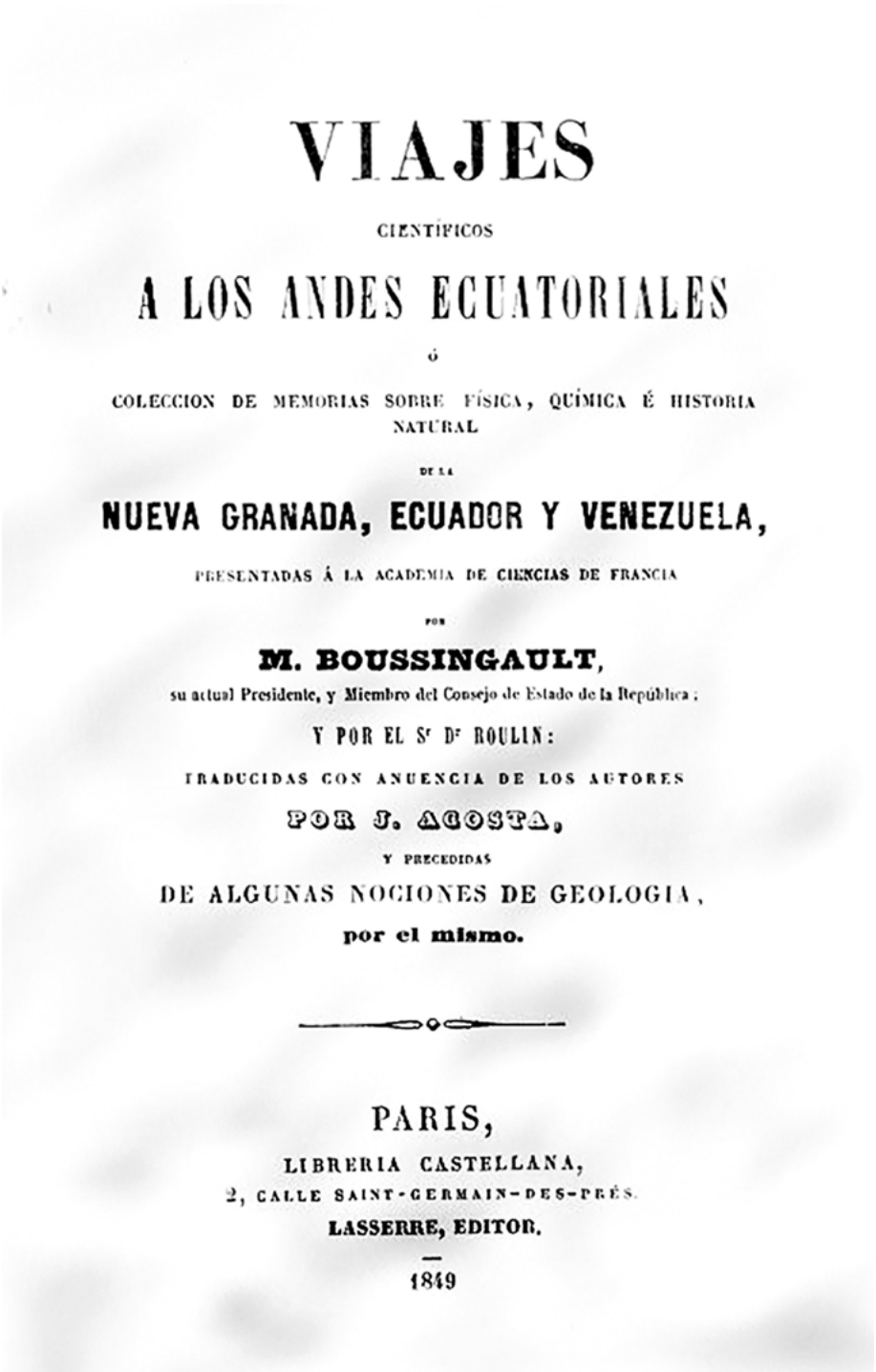
Don Joaquín Acosta, oficial del ejército de la Nueva Granada a partir de 1819, tuvo sus primeros acercamientos a la geología a través de los miembros de la Misión Boussingault. En 1830, decidido a estudiar esa disciplina que no existía en el país, obtuvo apoyo del Gobierno para viajar a Francia y se estableció en París. Entre 1825 y 1830 y, posteriormente, entre 1845 y 1849 estudió geología con grandes maestros y estableció vínculos con todos los sabios europeos de la época. Fue el primer colombiano con estudios formales en la disciplina. En Colombia Acosta ocupó luego varios cargos no solamente dentro del ejército colombiano, sino en la política y la diplomacia; también fue encargado del observatorio astronómico. Desafortunadamente, esas ocupaciones no le permitieron consagrarse totalmente a las ciencias; sin embargo, dejó una obra escrita de gran valor.

En geología básica debemos a Acosta las primeras observaciones sobre la sierra nevada de Santa Marta (Acosta, 1852). Sus estudios de mayor impacto y que tienen aún plena vigencia han sido, no obstante, los relacionados con fenómenos geológicos destructores: el terremoto de 1827 (Acosta, 1828 a, b) y el flujo de lodo del volcán Nevado del Ruiz en 1845. Sobre ambos hizo descripciones y, sobre el segundo, hizo además un estudio geológico específico (Acosta, 1846, 1851). Por otro lado, recuperó información muy valiosa sobre los sismos ocurridos en Colombia e hizo las primeras observaciones sobre el patrón de sismicidad del país, lo que le ha valido el título de precursor de la amenaza sísmica en Colombia (Espinosa, 2012).

Joaquín Acosta fue un notable compilador y editor de la información científica previa a la época de sus trabajos. En 1849 hizo reimprimir en París una edición abreviada del *Semanario de la Nueva Granada* de Francisco José de Caldas y en el mismo año publicó en esa ciudad una traducción de la obras de Juan Bautista Boussingault y Desiré Roulin. Incluyó en ella unas nociones de geología de su propia autoría.



Retrato del coronel Joaquín Acosta, quien fue autor, traductor, compilador y editor de varios estudios geológicos de Colombia. Academia de Historia de Bogotá.



VIAJES

CIENTÍFICOS

A LOS ANDES ECUATORIALES

Ó

COLECCION DE MEMORIAS SOBRE FÍSICA, QUÍMICA É HISTORIA NATURAL

DE LA

NUEVA GRANADA, ECUADOR Y VENEZUELA,

PRESENTADAS Á LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE FRANCIA

POR

M. BOUSSINGAULT,

su actual Presidente, y Miembro del Consejo de Estado de la República;

Y POR EL Sr Dr ROULIN:

TRADUCIDAS CON ANUENCIA DE LOS AUTORES

POR J. ACOSTA,

Y PRECEDIDAS

DE ALGUNAS NOCIONES DE GEOLOGIA,

por el mismo.

PARIS,

LIBRERIA CASTELLANA,

2, CALLE SAINT-GERMAIN-DES-PRÉS.

LASSERRE, EDITOR.

1849

Portada de *Viajes científicos a los Andes ecuatoriales o colección de memorias sobre física, química e historia de la Nueva Granada, Ecuador y Venezuela* (1849) de Juan Bautista Boussingault y Desiré Roulin. Obra traducida por Joaquín Acosta.

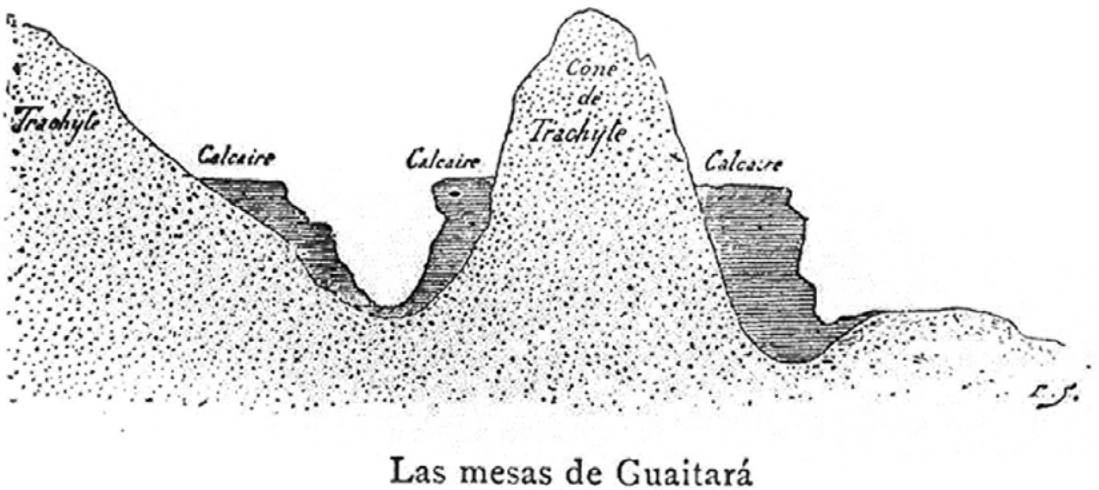
La segunda mitad del siglo XIX

La Comisión Corográfica (1850–1859), Hermann Karsten

A la meritoria labor geográfica de la Comisión Corográfica hay que añadir el interés que tuvo en evaluar los recursos mineros de Colombia. En realidad, las intenciones de la Comisión Corográfica eran levantar mapas geológicos de las diferentes regiones del país. Desafortunadamente, ese propósito no se logró, por una sencilla razón: el país no contaba con un geólogo y la experiencia de la Misión de Boussingault había demostrado que tampoco se podía pagar un extranjero. Don Joaquín Acosta, el único que tenía la formación adecuada, regresó de Europa en 1849 pero fue comisionado a la Costa Atlántica en 1851, el año siguiente fue llamado al ejército con ocasión de la rebelión contra el gobierno de José Hilario López y murió en 1852. De manera esporádica y voluntaria colaboró con la Comisión Corográfica pero, como es obvio, sus esfuerzos fueron insuficientes.

Varios estudios se refieren al interés que tuvo la Comisión Corográfica en estudiar las riquezas mineras del país y en hacer muestreos de rocas y minerales en todo el territorio. Botero (1978) señala las intenciones de la Comisión de contratar un geólogo; al no lograrlo, los resultados se redujeron a hacer listas de los minerales que se encontraban en las diferentes regiones estudiadas. El mismo autor señala algunas anotaciones geológicas de importancia hechas por uno de los miembros de la Comisión, Manuel Ancízar en su obra *Peregrinación de Alpha*. Las mayores precisiones sobre el tema en cuestión se encuentran en la publicación de Espinosa (1993a), en ella se muestra que Codazzi pidió oficialmente la vinculación de un geólogo. En esas circunstancias la Comisión solo tuvo el apoyo temporal ya mencionado de Acosta.

El naturalista alemán Hermann Karsten da, en su conocida obra *Géologie de*



Las mesas de Guaitará

Corte geológico del valle del río Guáitara (Nariño) propuesto por el naturalista Édouard André (1884).



Exploradores en la segunda mitad del siglo XIX. André (1884).



l'ancienne Colombie bolivarienne: Vénézuela, Nouvelle–Grenade et Ecuador (1886), interesantes datos sobre sus viajes en Colombia y sobre sus investigaciones geológicas, o geognósticas según el término en usanza entonces, en los territorios de Colombia, Venezuela y Ecuador. Su permanencia se sitúa entre 1844–1847 y 1848–1856, fueron en total once años. Karsten precisa en su texto que no fue contratado por el Gobierno o por sociedad alguna, pero que poco antes de su regreso a Europa el Gobierno colombiano, a través del ministro don Pastor Ospina, lo contrató para redactar una descripción geológica de la Nueva Granada. Dice haber entregado su informe en Europa por canales diplomáticos en 1861 pero, aparentemente, el documento no llegó al Gobierno colombiano. Entre tanto, había publicado una síntesis de sus observaciones en el estudio *La situación geognóstica de la Nueva Granada* (1856) en Viena. Una traducción al castellano de ese importante trabajo fue publicada en la *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (1947). En notas de pie de página, el traductor precisa que Hermann Karsten fue miembro de la Academia de Ciencia de Viena, de la Sociedad Geológica Alemana, de varias sociedades geográficas y geológicas, y profesor de botánica de la Universidad de Berlín. También da informaciones importantes sobre notables estudios botánicos hechos por Karsten en Colombia.

Don Vicente Restrepo

Don Vicente Restrepo es autor de la muy conocida y cotizada obra *Estudio sobre las minas de oro y plata de Colombia* (1883), que puede considerarse como antecedente del Servicio Geológico Colombiano por haber sido escrita y publicada cuando su autor era ministro de Relaciones Exteriores (Botero, 1978). En la segunda mitad del siglo XIX, la minería del oro había logrado un desarrollo notable y Colombia era uno de los grandes productores de ese metal en el mundo. La finalidad de la obra fue interesar a empresas extranjeras para que invirtieran en la minería del país. En ella se describen con bastante detalle sus grandes provincias mineras con las principales minas y las características de cada una.

Los primeros pasos hacia la industrialización de Colombia

En las últimas décadas del siglo XIX se dan los primeros pasos hacia una industrialización del país, en la época de la Regeneración. Liévano Aguirre (2002) hace hincapié en el tema y describe las primeras actividades industriales, apoyadas por el gobierno de don Rafael Núñez. Entre ellas se destaca el inicio de la producción de vidrio plano, de jabones y de cerveza. La minería estaba aún en estado incipiente; el carbón y la sal se seguían explotando con los métodos coloniales.

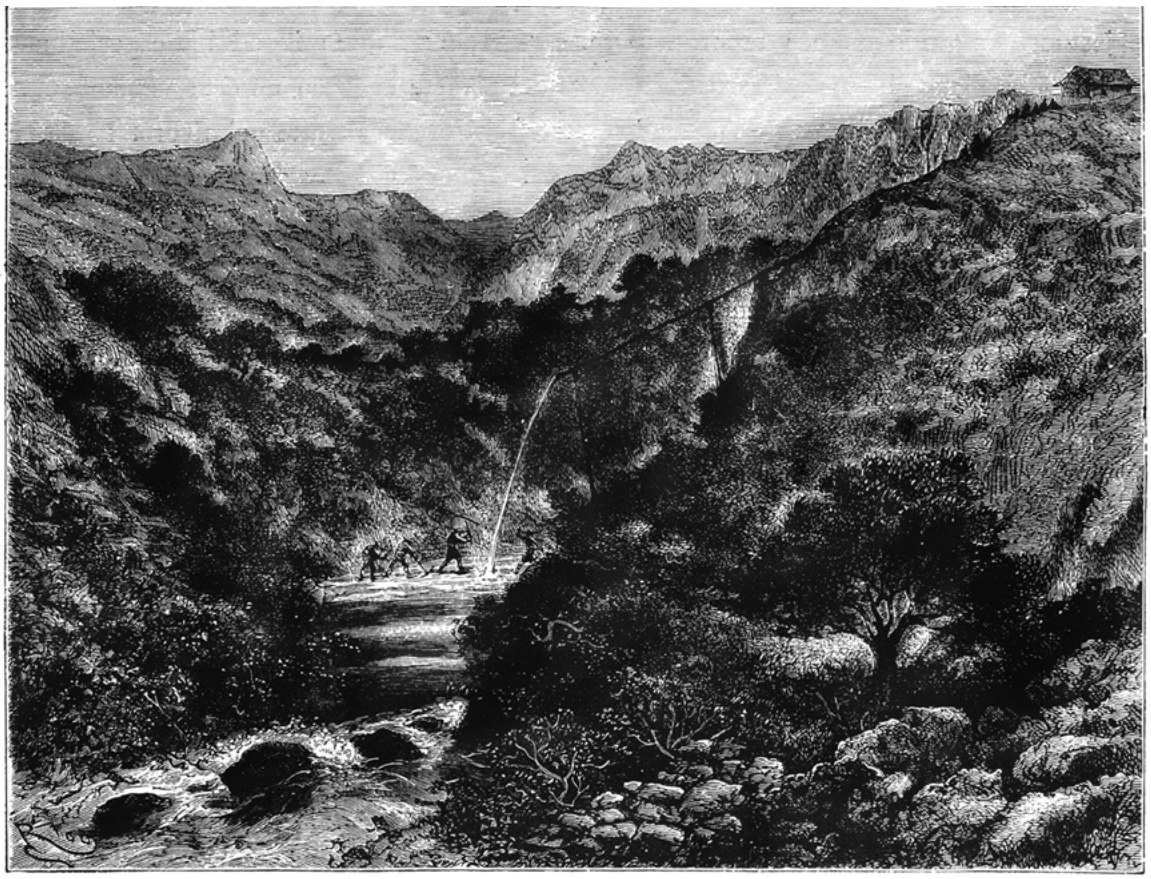
Rafael Núñez en sus administraciones dio un especial apoyo a las ferrerías de Samacá (Boyacá) y La Pradera (Subachoque, Cundinamarca), las que veía como un polo de desarrollo para la industria naciente. A ellas dio subsidios y acordó exenciones de impuestos, con lo cual logró que se instalara un alto horno y se iniciara la fabricación de acero para los rieles de los ferrocarriles. El primer riel fue fabricado hacia 1895 y su llegada fue festejada en actos públicos en Bogotá. Esos desarrollos impulsaron la búsqueda de cal, carbón y arcillas refractarias.

A manera de conclusión

Una mirada al desarrollo de la geología y sus ciencias afines en Colombia muestra que este fue resultado de esfuerzos conjugados de individuos y de instituciones. A partir de cierto nivel de desarrollo, los esfuerzos personales y los esfuerzos institucionales esporádicos se hacen insuficientes y entonces se crea la necesidad de contar con una institución permanente. Este paso lo da el Gobierno colombiano en 1916 creando la Comisión Científica Nacional.



Portada del *Estudio sobre las minas de oro y plata en Colombia* de don Vicente Restrepo (1883).



Salina de Upin: el banco de sal y la canal

Explotaciones de sal en Upín según Édouard François André, quien pasó por la región (actual departamento del Meta). Los métodos de explotación eran los mimos desde épocas precolombinas. André (1884).

Bibliografía

Acosta de Samper, S. 1901. Biografía del general Joaquín Acosta. Prócer de la Independencia, historiador, geógrafo, hombre científico y filántropo. Librería Colombiana Camacho Roldán, 508 p. Bogotá.

Acosta, J. 1828a. Lettre de M. J. Acosta, ingénieur de l'Etat de Colombie, à M. Alex Brongniart, professeur de minéralogie au Jardin du Roi, etc. *En:* Annales de Chimie et de Physique, tomo 1, (39), p. 406–408. París.

Acosta, J. 1828b. Lettre sur le tremblement de terre de la Colombie, adressée à M. Alex. Barbié du Bocage, par M. d´Acosta. Bulletin de la Société de Géographie, (57): 200–203. París.

Acosta, J. (Traductor). 1849. Viajes científicos a los Andes Ecuatoriales o colección de memorias sobre física, química e historia natural de la Nueva Granada, Ecuador y Venezuela, presentadas a la Academia de Ciencias de Francia. Obra de: Boussingault, M. & Roulin, F. D. Librería Castellana, 322 p. París.

Acosta, J. 1852. Sur la Sierra Nevada de Sainte–Marthe, formée par le terrain primitif. Bulletin de la Société géologique de France, tomo 9, segunda serie, p. 349–399. París.

Adams, F. D. 1938. The Birth and Development of the Geological Sciences. The Williams and Wilkins Company, 550 p. Baltimore.

Ancízar, M. 1853. Peregrinación de Alpha: Por las provincias del norte de la Nueva Granada, en 1850 I 51. Imprenta Echeverría Hermanos, 524 p. Bogotá.

André, E. 1884. Viaje a la América equinoccial. *En:* América pintoresca: Descripción de viajes al nuevo continente por los más modernos exploradores Carlos Wiener, doctor Crevaux, D. Charnay, etc., etc. Montaner y Simón, Editores, p. 477–859. Barcelona.

Arias de Greiff, 1993. La astronomía en Colombia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Enrique Pérez Arbeláez, 8, 196 p. Bogotá.

Bateman, A. 1978. Francisco José de Caldas, el hombre y el sabio: Su vida, su obra. Banco Popular, 79, 427 p. Cali.

Bateman, A., Arias de Greiff, J., Fernández, A. & Soriano Lleras, A. 1978. Cartas de Caldas. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 425 p. Bogotá.

Botero, G. 1978. Apuntes para una historia de las investigaciones geológicas en Colombia. *En:* Chaparro, F. & Sagasti, F. (Editores), Ciencia y Tecnología en Colombia. Instituto Colombiano de Cultura, Biblioteca Básica Colombiana, Editorial Escala, p. 147–180. Bogotá.

Bouguer, P. 1749. La Figure de la terre, déterminée par les observations de M. Bouguer et de La Condamine, envoyés par ordre du Roy au Pérou pour observer aux environs de l'Équateur, avec une Relation abrégée de ce voyage qui contient la description du pays dans lequel les opérations ont été faites, par M. Bouguer. Chez Charles–Antoine Jombert. Libraire du Roy, 394 p. París

Boussingault, J. B. 1903. Memorias. Banco de la República, 1985, 5 volúmenes, Koppel de León, A. (Traductor). Bogotá.

Caldas, F. 1849. Semanario de la Nueva Granada: Miscelánea de ciencias literatura, artes é industria publicada por una sociedad de patriotas granadinos. Reimpresión de Acosta, J.

Caycedo, B. 1971. D'Elhuyar y el siglo XVIII neogranadino. Ediciones de la revista Ximénez de Quesada, 316 p. Bogotá.

D'Elhuyar, J. 1991a. Diario de un viaje a Muzo. *En*: Hernández, G. y Espinosa, A. (Editores), Tratado de minería y estudios geológicos en la época colonial 1616–1803. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 91p. Bogotá.

D'Elhuyar, J. 1991b. Informe de un viaje a Muzo. *En*: Hernández, G. y Espinosa, A. (Editores) Tratado de minería y estudios geológicos en la época colonial 1616–1803. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 91p. Bogotá.

Díaz Piedrahita, S. 1997. Nueva aproximación a Francisco José de Caldas. Episodios de su vida y de su actividad científica. Academia Colombiana de Historia, 293 p. Bogotá.

Durán, L. G. 1974. Reseña histórica de la geología en Colombia. *En*: Historia Extensa de Colombia. Academia Colombiana de Historia, XXIV: 288–309. Bogotá.

Espinosa, A. 1984. Minería y mineralogía en la Expedición Botánica. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, XV(59): 31–36. Bogotá.

Espinosa, A. 1986a. Nuevos datos sobre el descubrimiento del platino, nota preliminar. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, XVI (60): 85–90. Bogotá.

Espinosa, A. 1986b. El descubrimiento del platino y su metalurgia, un aporte de la tecnología colonial neogranadina. ICFES, Memorias V Congreso de Historia de Colombia, Serie Memorias de Eventos Científicos Colombianos, (34): 681–693, Bogotá.

Espinosa, A. 1987. El descubrimiento del platino y su metalurgia en la Nueva Granada en el siglo XVIII. Nuevos documentos de los archivos colombianos. QUIPU, Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología, 4 (3): 401–411. México D.F.

Espinosa, A. 1989. La obra de Pierre Bouguer en la Nueva Granada y el descubrimiento de la gravimetría. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, XVII (64): 137–141. Bogotá.

Espinosa, A. 1991. La Expedición Boussingault (1823–1831), sus resultados y su influencia en la ciencia colombiana. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, XVIII (68): 15–22. Bogotá.

Espinosa, A. 1993a. Historia de las investigaciones geológicas en Colombia. Notas a partir de la segunda mitad del siglo XX. *En:* Historia Social de la Ciencia en Colombia, tomo II, Matemáticas, Astronomía y Geología. COLCIENCIAS, p. 271–337. Bogotá.

Espinosa, A. 1993b. José María Cabal, Alejandro Humboldt y Enrique Hubach, su obra geológica y su contribución al desarrollo de Colombia. *En:* Historia Social de la Ciencia en Colombia, tomo II, Matemáticas, Astronomía y Geología. COLCIENCIAS, p. 339–380. Bogotá.

Espinosa, A. 1993c. Historia de INGEOMINAS. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS), inédito, 142 p. Cali.

Espinosa, A. 1994a. Datos sobre la minería y la metalurgia de los metales preciosos en la Nueva Granada en la Colonia. *En:* Transferencia Tecnológica en Iberoamérica durante la Colonia, p. 483–503. Sevilla.

Espinosa, A. 1994b. Un naturalista desconocido, el general Joaquín Acosta (1800–1852). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, XIX (73): 287–291. Bogotá.

Espinosa, A. 2000. Humboldt y las ciencias de la Tierra. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, 44 (130): 80–86. Bogotá.

Espinosa, A. 2012. Enciclopedia de Desastres Naturales Históricos de Colombia, volúmenes 1 a 7. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales–Universidad del Quindío. Banco de Historia Sísmica de Colombia (Banco interactivo de sismos sentidos en Colombia entre 1550 y 2000). Edición electrónica, 1999 p. Bogotá.

Espinosa, A. 2014. Relación abreviada del viaje al Perú, Pierre Bouguer, 1749. *En:* Geógrafos, naturalistas y viajeros franceses en Colombia. Traducción, introducción y notas de Armando Espinosa Baquero. Sociedad Geográfica de Colombia–Universidad del Quindío, 279 p. Bogotá.

Haüy, R.J. 1801. Traité de Minéralogie. Imprimerie Delance, Tome Second, 617 p. París.

Hermelin, M. 1991. Síntesis del desarrollo de la geomorfología en Colombia. AGID Report. (16): 77–88. Medellín.

Hernández de Alba, G. & Espinosa, A. 1991. Tratados de Minería y Estudios Geológicos de la Época Colonial, 1616–1803. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Enrique Pérez Arbeláez, (4), 91 p. Bogotá.

Humboldt, A. 1816. Vistas de las cordilleras. *En*: Viaje a las Regiones Equinocciales del Nuevo Continente, XV–XVI. París.

Humboldt, A. 1822. Ensayo geognóstico sobre el yacimiento de las rocas en los dos hemisferios. París.

Humboldt, A. 1854. Mélanges de géologie et de physique générale. Gide et Baudry, éditeurs. Traduit par Ch. Galusky, 596 p. París.

Humboldt, A. 1952. Memoria raciocinada de las salinas de Zipaquirá: 1801. Publicaciones Banco de la República. 27 p. Bogotá.

Humboldt, A & Pérez, E. 1959. Alejandro de Humboldt en Colombia: Extractos de sus obras compiladas, ordenados y prologados, con ocasión del centenario de su muerte, en 1859. Empresa Colombiana de Petróleos, 268 p. Bogotá.

Juan, J. & Ulloa, A. 1748. Relación histórica del viaje a la América Meridional hecho de orden de S. Mag. para medir algunos grados de meridiano terrestre y venir por ellos en conocimiento de la verdadera figura y magnitud de la tierra, con otras observaciones astronómicas y phisicas. Antonio Marin, segunda parte, tomo IV. Madrid.

Juan, J. & Ulloa, A. 1826. Noticias secretas de América, sobre el estado naval, militar y político de los reinos del Perú y provincias de Quito, cosas de Nueva Granada y Chile, gobierno y régimen particular de los pueblos de indios, cruel opresión y extorsiones de sus corregidores y curas, abusos escandalosos introducidos entre estos habitantes por los misioneros, causas de su origen y motivos de su continuación por el espacio de tres siglos. Imprenta R. Taylor, 707 p. Londres.

Karsten, H. 1856. La situación geognóstica de la Nueva Granada. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, 7 (27): 361–380. Bogotá.

Karsten, H. 1886. Géologie de l'ancienne Colombie bolivarienne: Vénézuela, Nouvelle–Grenade et Ecuador. R. Friedländer & sohn, 62 p. Berlín.

Liévano Aguirre, I. 2002. Rafael Núñez. Intermedio Editores. 408 p. Bogotá.

Osorio, R. 1982. Historia de la Química en Colombia. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS). Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS, (11), 122 p. Bogotá.

Restrepo, V. 1883. Estudios sobre las minas de oro y plata de Colombia. FAES. Medellín.

Sánchez, L. 1616. Tratado de Luis Sánchez de Aconcha. Real Jardín Botánico de Madrid.

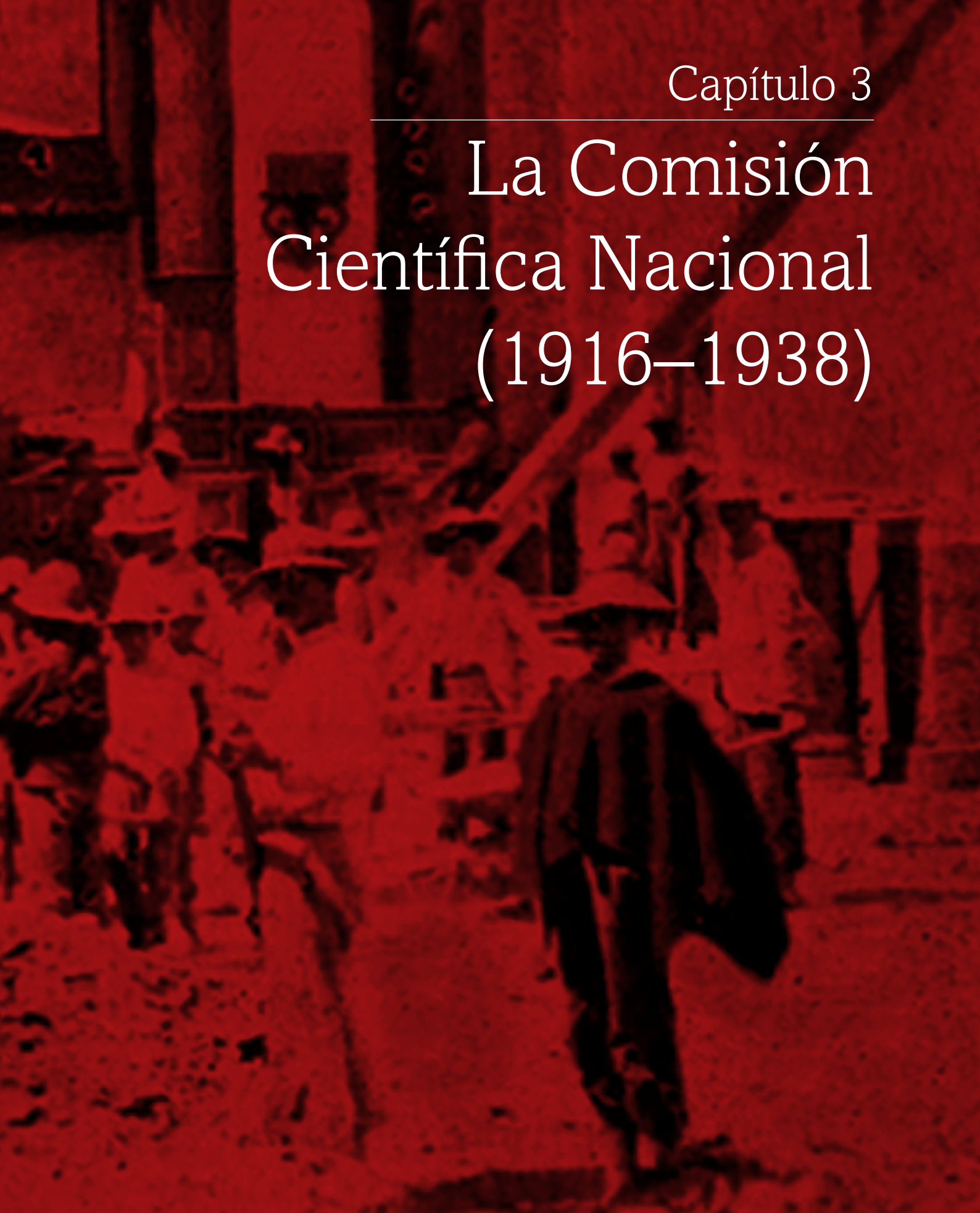
Ulloa, A. 1792. Noticias americanas: entretenimientos phisico–historicos sobre la América meridional, y la septentrional oriental, comparación general de los territorios, climas, y produciones en las tres especies, vegetales, animales, y minerales: con relación particular de las petrificaciones de cuerpos marinos de los indios naturales de aquellos países, sus costumbres y usos: de las antigüedades: discurso sobre la lengua, y sobre el modo de pensar en que pasaron los primeros pobladores. Imprenta de Don Francisco Manuel de Mena, 417 p. Madrid.

Vergara y Vergara, J.M. 1867. Historia de la literatura en Nueva Granada. Imprenta de Echeverría Hermanos, 532 p. Bogotá.



Pasto con el volcán Galeras al fondo.
Fondo Documental Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano.





Capítulo 3

La Comisión Científica Nacional (1916–1938)



En la segunda mitad del siglo XIX, la necesidad de una institución que coordinara a nivel nacional los esfuerzos del país en los campos de la minería y la geología se hizo cada vez más evidente. La creación de la Escuela de Minas de Medellín en 1886, por medio de la Ley 60 de ese año, fue un antecedente notable; esa misma ley ordenó la creación de una institución similar en Ibagué, pero esta nunca llegó a hacerse realidad.

En los primeros años del siglo XX, el Gobierno Nacional tuvo un gran interés en los asuntos mineros. En 1906 el Ministerio de la Instrucción Pública solicita a todas las regiones del país recoger muestras de minerales, rocas y fósiles, y enviarlos a Bogotá para su estudio. La orden llega a los departamentos donde los directores de la Instrucción Pública la trasmiten a los alcaldes. En el departamento de Caldas, por ejemplo, se difunde a través de la Circular 900 que dice así:

> República de Colombia–Departamento de Caldas
> Circular NQ 900–Dirección General de Instrucción Pública
> Manizales, marzo 23 de 1906
>
> Señores Alcaldes del Departamento
>
> El señor Ministro de la Instrucción Pública está vivamente interesado por hacer estudiar científicamente y darle la mayor vida posible a los importantes Ramos de Mineralogía y Paleontología, en los cuales se halla la principal riqueza del país pero muy poco conocida hasta hoy; con tal motivo ha dirigido la Circular NO 548 de fecha 7 de los corrientes, con el objeto de solicitar muestras y ejemplares de minerales y fósiles que se estudiarán en el Museo Nacional, o bien en los Museos de las Facultades Universitarias, según el

caso, para que allí sean clasificadas y que se hagan de ellas los análisis correspondientes para poder apreciar de una manera definitiva y segura su valor científico y su valor comercial si lo tuviere, de lo cual el Ministerio dará cuenta al Municipio respectivo por conducto de la correspondiente gobernación.

En tal virtud, dirijo a usted la presente para que me envíe muestras de las minas que hallan en ese Municipio y de las que en lo sucesivo se descubran, así como de los fósiles que se hallen en los terrenos y de cualesquiera curiosidades dignas de estudio o de figurar en el Museo Departamental que ha iniciado el infrascrito. La remisión ha de hacerse en paquetes debidamente acondicionados por el correo de encomiendas, ordenadas las muestras y numeradas; en pliego aparte se anotará el número correspondiente, el nombre del Municipio, el sito donde se encuentra y el dueño, para así enviarlos al Ministerio.

En el desempeño de esta importante comisión puede usted dirigirse a los Inspectores de Instrucción Pública, Rectores de Colegio y Directores de Escuelas para que le presten ayuda a fin de obtener el mayor número de objetos de que trata esta Circular, y la publicará por bando para que los vecinos patriotas le faciliten el trabajo proporcionándoles objetos de los pedidos.

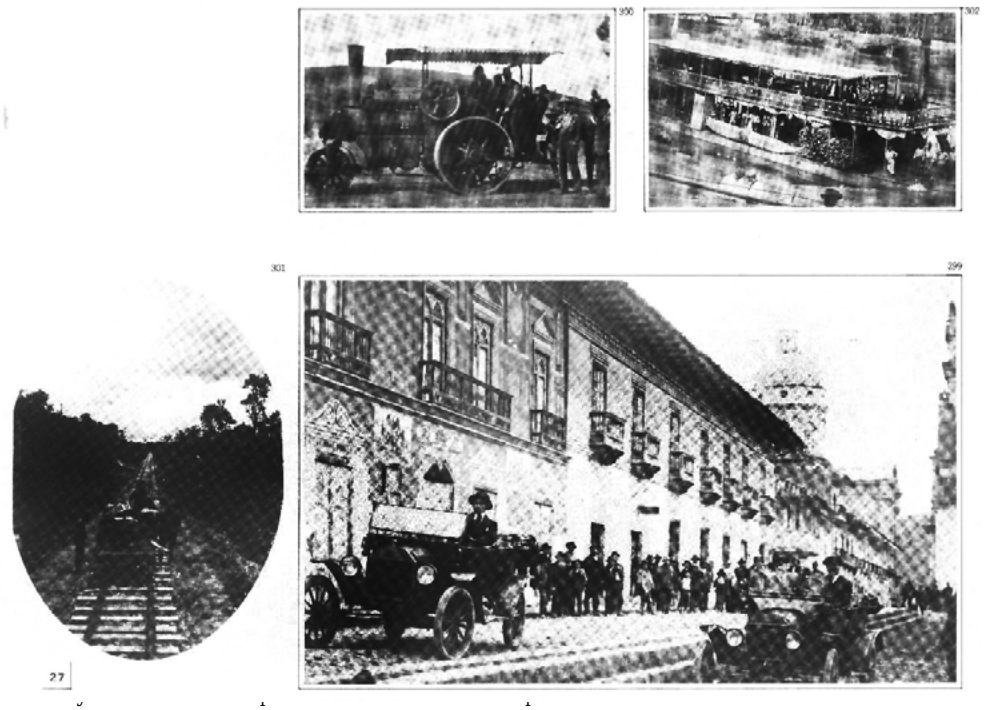
Con gusto me suscribo, su afectísimo amigo y S.S.,
Juan Andrés Echeverri

Fueron las circunstancias planteadas por la Primera Guerra Mundial, específicamente la dificultad de importar las materias primas que entonces se traían de países implicados en el conflicto (incluido el carbón para los ferrocarriles), las que llevaron al Gobierno colombiano a crear la Comisión Científica Nacional (la Comisión) en diciembre de 1916.

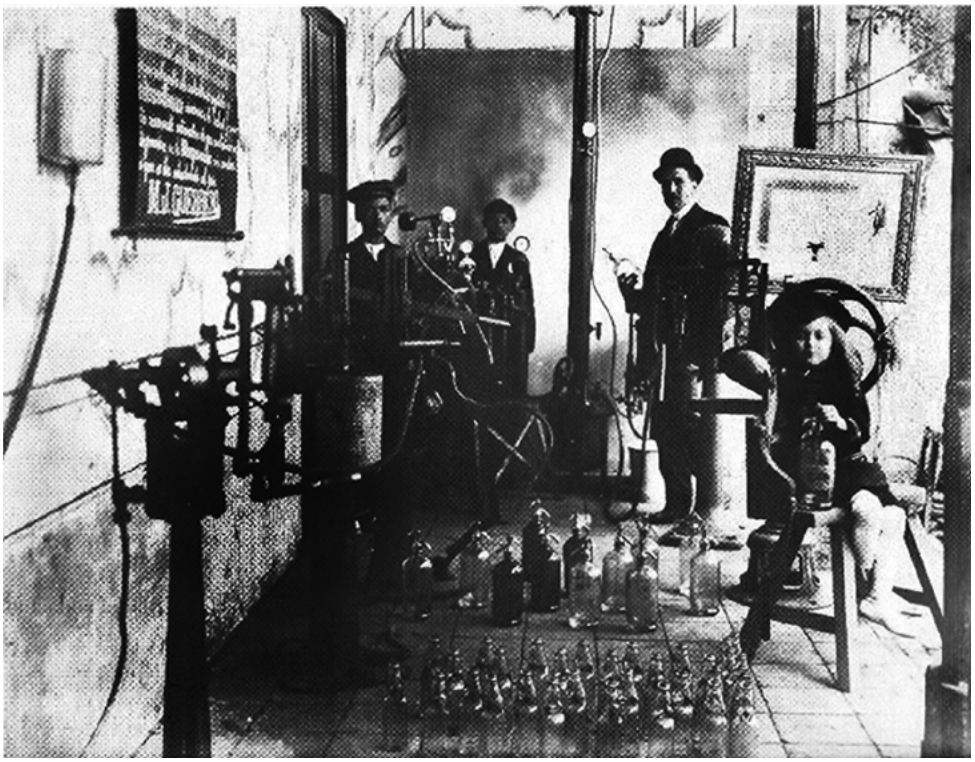
Aspectos relevantes del desarrollo de Colombia entre 1916 y 1938

Para entender la vida y la obra de la Comisión es preciso detenerse en algunas características de la época en que la institución se fundó y los años en que existió.

Dos hechos de importancia mundial ocurrieron durante la vida de la Comisión: la Primera Guerra Mundial, durante la que ella fue fundada, y la crisis económica de 1929. Esos eventos fueron decisivos para la economía, para los desarrollos o recesos de la infraestructura y para los procesos de desarrollo industrial en todo el mundo; el desarrollo económico e industrial de Colombia está enmarcado en ese contexto mundial. Poveda Ramos (1978) en un estudio sobre los procesos de industrialización de Colombia entre 1925



De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Aplanadora de leña (1932), vapor en el río Telembí (1917), construcción de la línea férrea a Tumaco (1925) y automóviles en Bogotá (1920). Banco de la República (1989).



Industria de gaseosas en Pasto (1925). Banco de la República (1989).



Sector de San Victorino en Bogotá, década de los treinta. Desde 1910 el centro de Bogotá contaba con alumbrado eléctrico. Tarjeta postal de la época.



y 1975 aporta datos y análisis, de los cuales incluimos algunos en los párrafos siguientes.

Después de la depresión causada por la Primera Guerra Mundial, se inicia un proceso de industrialización de Colombia en el cual intervienen muchos factores, entre ellos un aumento en las exportaciones de café, una política decidida de la administración de don Pedro Nel Ospina (1922–1926) y un buen desarrollo de las vías y los ferrocarriles. Entre 1925 y 1945, los grandes periodos son el desarrollo de una industria naciente de 1925 a 1932, el ascenso entre 1932 a 1939 y la crisis de la Segunda Guerra Mundial de ese último año en adelante.

Hasta 1940 se desarrolla en Colombia una industria con tecnologías sencillas y abiertas, no patentadas, tal como sucedía en el resto del mundo. La fase de desarrollo industrial naciente (1925–1930) fue impulsada, como ya se dijo, por un buen desarrollo económico derivado de la venta de café y de una capacidad alta para importar equipos y materias primas. La situación fue favorecida por la fundación del Banco de la República en 1923. El impulso que la administración Ospina dio a los ferrocarriles fue muy notable; la red pasó de 1166 kilómetros en 1914 a 2281 kilómetros en 1927, lo que dio un serio apoyo al proceso de modernización del país. Los principales productos manufacturados que se elaboraban entonces eran café trillado, azúcar, arroz trillado, harina de trigo, chocolate, cerveza, gaseosas, cigarros y cigarrillos, además de tejidos de algodón, calzado, jabón, cemento y vidrio. En 1922 se instaló en Barranquilla la primera refinería de petróleo, de tecnología simple, que producía *kerosene* para alumbrado, y un poco de asfalto y gasolina.

Tras varios años de receso derivado de la crisis mundial de 1929, se reinicia el crecimiento de la industria. La importación de maquinaria pasó de 12 345 toneladas en 1934 a 35 200 toneladas en 1939. Los mayores desarrollos industriales hasta 1940 fueron los de la cerveza, la gasolina, la electricidad industrial y el cemento. En años como 1934, 1936 y 1939 el crecimiento del producto económico de la industria llegó a cifras entre 15 y 18 %. Entre 1936 y 1939, se abrieron industrias de paños de lana, acero en varillas, gases industriales, grasas industriales y otros. En 1937 las diez principales ciudades del país contaban con servicios de generación y distribución de energía eléctrica.

Etapas de la Comisión Científica Nacional (1916–1938)

En 1916 por medio de la Ley 83, promulgada el 22 de diciembre de ese año, el Gobierno Nacional crea la Comisión Científica Nacional cuyos objetivos, tomados textualmente de la ley, son los siguientes:

> a) Levantar el mapa geológico del país, para lo cual se principiará por el estudio y consiguiente levantamiento de las cartas de las regiones de mayor interés práctico o científico, lo cual se determinará por el Ministerio de Obras Públicas, de acuerdo con el concepto de la Comisión.

b) Levantar o adicionar previamente las cartas topográficas que sean deficientes, necesarias para practicar el estudio topográfico del país, que ha de preceder al geológico.

c) Investigar la existencia de minerales, recoger y conservar las muestras de utilidad que sean necesarias para los estudios geológicos.

d) Reunir todo el material científico (geológico y topográfico) útil para el mapa geológico.

e) Reunir por separado y, por cada región que sea estudiada, los informes acompañados de los croquis o dibujos respectivos. Uno de los informes se destinará para la publicación, el otro contendrá los datos reservados que puedan interesar al gobierno, y ambos se presentarán al Ministerio de Obras Públicas, que determinará la forma en que deben hacerse las publicaciones oficiales de la Comisión.

El decreto reglamentario que pone en funcionamiento la Comisión es promulgado el 25 de abril de 1917 (Decreto 758). La noticia es difundida por el diario *El Tiempo* en Bogotá el 16 de mayo siguiente.

La fundación de la Comisión Científica Nacional fue noticia no solamente a nivel nacional. La revista española *Ibérica*, de gran difusión entonces en el mundo hispano, informa en su número del 20 de octubre de 1917:

Colombia. —*Estudio geológico del país*—. El Congreso de Colombia ha decretado



Una comisión científica que tendrá resultados practicos

Los doctores Scheibe y Lleras

La Ley 83 del año pasado dispuso la creación de una comisión científica que levantara la carta geológica del país.

En desarrollo de esa ley el Gobierno ha creado la susodicha comisión y la ha integrado de la siguiente manera: Geólogo Jefe doctor Roberto Scheibe; Subjefe, doctor Ricardo Lleras Codazzi y Topógrafos, doctores Diego Tovar y Luis Vargas.

La comisión se ocupará de levantar la carta geológica del país, perfeccionando primero la carta topográfica donde sea menester.

Tan pronto como le sea entregado el instrumental que necesita, la comisión emprenderá su primer viaje. Ante todo estudiará terrenos de importancia *práctica*, donde haya riquezas minerales de pronta explotación. La comisión va primero al Tolima y al Cauca, a estudiar las tierras que atravesará la gran linea férrea de Bogotá al Pacífico.

El Jefe de esta comisión, doctor Roberto Scheibe, es un sabio alemán, de reputación universal. Vino a Colombia a hacer algunos estudios de minas que poseen súbditos alemanes; su curiosidad científica lo llevó a estudiar las minas de Muzo, y mientras andaba ocupado en esas investigaciones, en 1914, estalló la guerra y no pudo volver a su patria. Puede asegurarse que es uno de los mineralogistas más eminentes que hay hoy en el mundo, como lo demostró el doctor Lleras en artículo que no ha mucho publicamos.

Demorado en Colombia, el Gobierno ha resuelto, con acuerdo digno de toda loa, aprovechar sus conocimientos y lo ha designado para que dirija la comisión científica que ha de estudiar y señalar, ante todo, las regiones que brindan oportunidades más inmediatas de explotación y de fomento de la riqueza pública.

Las capacidades del doctor Lleras Codazzi son bien conocidas y apreciadas en el país y no tenemos necesidad de ponderarlas.

La comisión científica tendrá, de seguro, éxito muy lisonjero para el país. Esperamos que sus trabajos faciliten bien pronto la afluencia de capitales extranjeros y el remedio de la miseria, gracias a la explotación de nuestras inmensas e ignoradas riqueza naturales.

Máquinas

Extracto de artículo del diario *El Tiempo* anunciando la creación del a Comisión Científica Nacional (Bogotá, 16 de mayo de 1917).

la exploración geológica del territorio colombiano, estudio que prestará sin duda valioso concurso al desarrollo económico de la nación.

El texto de la ley dice: "El gobierno organizará una Comisión científica que haga el estudio geológico del país y levante la carta correspondiente.

Facúltase ampliamente al Gobierno para contratar dentro o fuera del país, técnicos en los diferentes ramos que constituyen el estudio de que se trata, a fin de integrar la Comisión científica de un modo completamente eficiente al objeto propuesto; para señalar el número de miembros y las diferentes secciones que deben conformar la mencionada Comisión, asignarles funciones, zonas de trabajo y orden de sucesión; para fijar sueldos y viáticos y en general para cuanto sea conducente a dar pronto, cumplido y eficaz desarrollo al propósito de la ley.

En los presupuestos nacionales se incluirán las partidas necesarias para atender los gastos que ocasione esta ley".

Esperamos que los buenos deseos que esta ley revela, sean presto una realidad para el engrandecimiento de Colombia. Para dirigir el estudio geológico de la Comisión científica, se nombran a los doctores Roberto Scheibe y Ricardo Lleras Codazzi.

Facultando la ley para que se llamen geólogos extranjeros, nadie como nuestros ingenieros de Minas podrían intervenir en esos estudios con más probabilidades de buen éxito, tanto para el progreso económico de Colombia, como para el mayor acercamiento espiritual de aquella nación, eminentemente hispanófila, con nuestra patria.

En 1916 no existían estudios de geología en las pocas universidades del país y por lo tanto no había una geología nacional. Una institución naciente, que se ocupa de una ciencia apenas conocida en el país debe, como es lógico, iniciar muy lentamente sus actividades, y así lo demuestran los primeros informes del director. La Comisión inicia sus trabajos en abril de 1917 con un geólogo jefe, Robert Scheibe; un geólogo subjefe, Ricardo Lleras Codazzi; un geólogo ayudante, Jesús Jiménez, y dos topógrafos, Luis Uribe y L. Vargas. En agosto de 1918 ya se han retirado dos geólogos y un topógrafo, y la Comisión queda reducida al doctor Scheibe y un topógrafo. Se nombra un ayudante geólogo y un topógrafo en noviembre de ese año, pero en abril de 1920 el doctor Scheibe abandona temporalmente el país para atender un llamado del Gobierno alemán, y regresa en julio de 1921. Desafortunadamente, muere en 1923 y esta pérdida interrumpe los trabajos de la Comisión hasta julio de 1924 cuando se nombra al doctor Otto Stutzer para ocupar la dirección.

En 1926 termina el contrato de Otto Stutzer y la Comisión interrumpe nuevamente sus actividades hasta el nombramiento del doctor Emil Grosse en 1927, quien queda al frente de la Comisión hasta 1931. En 1924 han llegado a Colombia los geólogos Ernest Scheibe y Enrique Hubach procedentes de Alemania; Ernest Scheibe, hijo de Robert

Scheibe, se integra a la Comisión Científica hasta 1926.

En los primeros diez años de vida, la Comisión Científica Nacional no logró alcanzar los objetivos inicialmente propuestos por sus fundadores y plasmados en sus funciones. Las necesidades urgentes del Gobierno la llevaron a la Comisión a estudiar pequeñas regiones de interés para la minería, no pudiendo entonces iniciar la cartografía y la exploración sistemáticas del territorio nacional. Tratando de corregir el rumbo de la Institución, el Congreso de Colombia a través de la Ley 123 de 1928 y ante la ausencia de personal científico nacional, da facultades al ejecutivo para contratar los expertos que se requieran. En su artículo primero dice la ley:

> Facúltase ampliamente al Gobierno para contratar, dentro o fuera del país, los técnicos necesarios para que, además de los estudios y trabajos científicos de que trata la Ley 83 de 1916, realice, en todas las secciones del país, el de las plantas y el de los animales, con sus respectivos parásitos, así como el de los insectos y los minerales; para el acopio de herbarios, pinturas, fotografías y microfotografías de especímenes, colecciones de animales y observaciones meteorológicas, y para el estudio de la geografía médica, matemática y física de Colombia.

Como se ve en el texto, la ley intenta dar un serio impulso a muchas de las ramas de las ciencias naturales y geográficas (más adelante se refiere a la Oficina de Longitudes, al Servicio Geográfico del Ejército y a la Sociedad Geográfica de Colombia), pero da a la Comisión un lugar notable. El mismo artículo precisa:

> Facúltase asimismo al Gobierno para señalar el número de miembros y las diferentes secciones que deben formar la mencionada Comisión, asignarles funciones, zonas de trabajo, sueldos y viáticos.

En 1929 la situación no se había corregido. Ese año aparece publicado en el *Boletín de Minas y Petróleo*, un importante documento escrito por Ricardo Lleras Codazzi, entonces jefe de la Sección Técnica del Departamento de Minas y Petróleos del Ministerio de Industrias. Se trata de un plan de trabajo para las comisiones de geología y minería del Departamento de Minas y Petróleos. Curiosamente, el autor se refiere a que la Comisión Científica Nacional ya lleva el nombre de Servicio Geológico y ha continuado con las mismas funciones. En el plan de trabajo se revisan con claridad los objetivos de la Institución, se analizan los trabajos adelantados en sus diez años de vida y se propone darle la orientación prevista por la ley que la creó, procediendo de una cartografía general del territorio a estudios más detallados de geología básica y de exploración minera. Un intento de dar prioridad a los estudios regionales lo había hecho Robert Scheibe (1933) al adelantar el estudio geológico del sur de Antioquia. También desde sus inicios, la Comisión vio sus funciones informalmente modificadas por la ocurrencia de fenómenos geológicos dañi-

nos en varias regiones del territorio colombiano, tema que será objeto de una sección de este capítulo. El primero de esos fenómenos ocurrió el 31 de agosto de 1917, tras una serie de sismos precursores (28 y 29 de agosto), y causó daños graves en Bogotá y en toda la región situada al sur y al suroriente de la ciudad. La Comisión fue llamada por el Gobierno para estudiar los grandes deslizamientos generados por el sismo en la región de Laguna Verde, municipio de Nazareth, donde estuvo localizado el epicentro.

Enrique Hubach, después de trabajar en el Departamento de Minas y Petróleos del Ministerio de Industrias, dirige la Comisión Científica Nacional de 1931 a 1934. Vienen luego unos años de poca actividad. La Comisión continúa funcionando con algunos geólogos extranjeros: John Butler, Thomas Clements, Wallace Fetzer, entre ellos. Es probable que el Gobierno Nacional haya apelado a las empresas petroleras y que estas hayan prestado esporádicamente los servicios de algunos de sus geólogos. Mientras tanto, el ingeniero colombiano Benjamín Alvarado adelanta sus estudios de doctorado en geología. A su regreso se crea el Servicio Geológico Nacional y se le designa como su primer director.

El personal científico de la Comisión Científica Nacional

En la falta de científicos colombianos la Comisión encuentra sus mayores dificultades. Exceptuando a Ricardo Lleras Codazzi en sus inicios y a Benjamín Alvarado posteriormente, los investigadores son todos extranjeros y esta situación solo vendrá a superarla el Servicio Geológico Nacional en los años cuarenta.

El personal de la Comisión fue poco numeroso. En la planta de personal, el número de geólogos nunca llegó a diez, y generalmente fue inferior a cinco. Estos datos cobrarán importancia al analizar los resultados de esa institución, pero desde ahora se vislumbra que la calidad y la dedicación de los científicos compensaron en buena parte la falta de personal. Los grandes aportes de la Comisión Científica Nacional fueron obra de los alemanes Robert Scheibe, Otto Stutzer, Emil Grosse, Ernest Scheibe y Enrique Hubach, y de los colombianos Ricardo Lleras Codazzi y Benjamín Alvarado. La Comisión contó además con la colaboración del geólogo alemán Wilhelm Kehrer, quien adelantó estudios sobre la estratigrafía de cordillera Oriental y publicó un estudio sobre el Carbonífero de Colombia.

En las páginas siguientes se hace una síntesis de la vida y la obra de los principales actores de la Comisión. Enrique Hubach y Benjamín Alvarado serán tema del capítulo sobre el Servicio Geológico Nacional.

Robert Scheibe (1859–1923)

Robert Scheibe nació en Gera (Turingia, Alemania) el 29 de septiembre de 1859 y adelantó estudios de geología en Halle y Gotinga, culminados en 1882. En 1914, siendo profesor en la Universidad de Charlottemburg, una

compañía minera alemana lo contrata para estudiar las minas de esmeraldas de Colombia. En ese trabajo se desempeña hasta 1916 cuando, creada la Comisión Científica Nacional, es nombrado primer director de ella. Como se dijo anteriormente, se ausentó del país entre abril de 1920 y junio de 1921, reasumiendo sus funciones hasta su muerte ocurrida en Bogotá el 3 de marzo de 1923.

Hasta hace algunos años, los datos biográficos de Robert Scheibe fueron tomados de los informes de la Comisión, publicados en el primer volumen de la *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales* (la *Compilación*), y del artículo de Jesús Emilio Ramírez (1955) dedicado a los alemanes y las ciencias geológicas en Colombia. Recientemente se encontró un artículo publicado en el *Boletín de la Sociedad Colombiana de Ingenieros* con ocasión de su fallecimiento, de autoría de Roberto Bunch (1924), el cual añade datos importantes y numerosos sobre la carrera y la vida del científico Robert Scheibe. También Botero (1978) hace algunas observaciones sobre su obra científica.

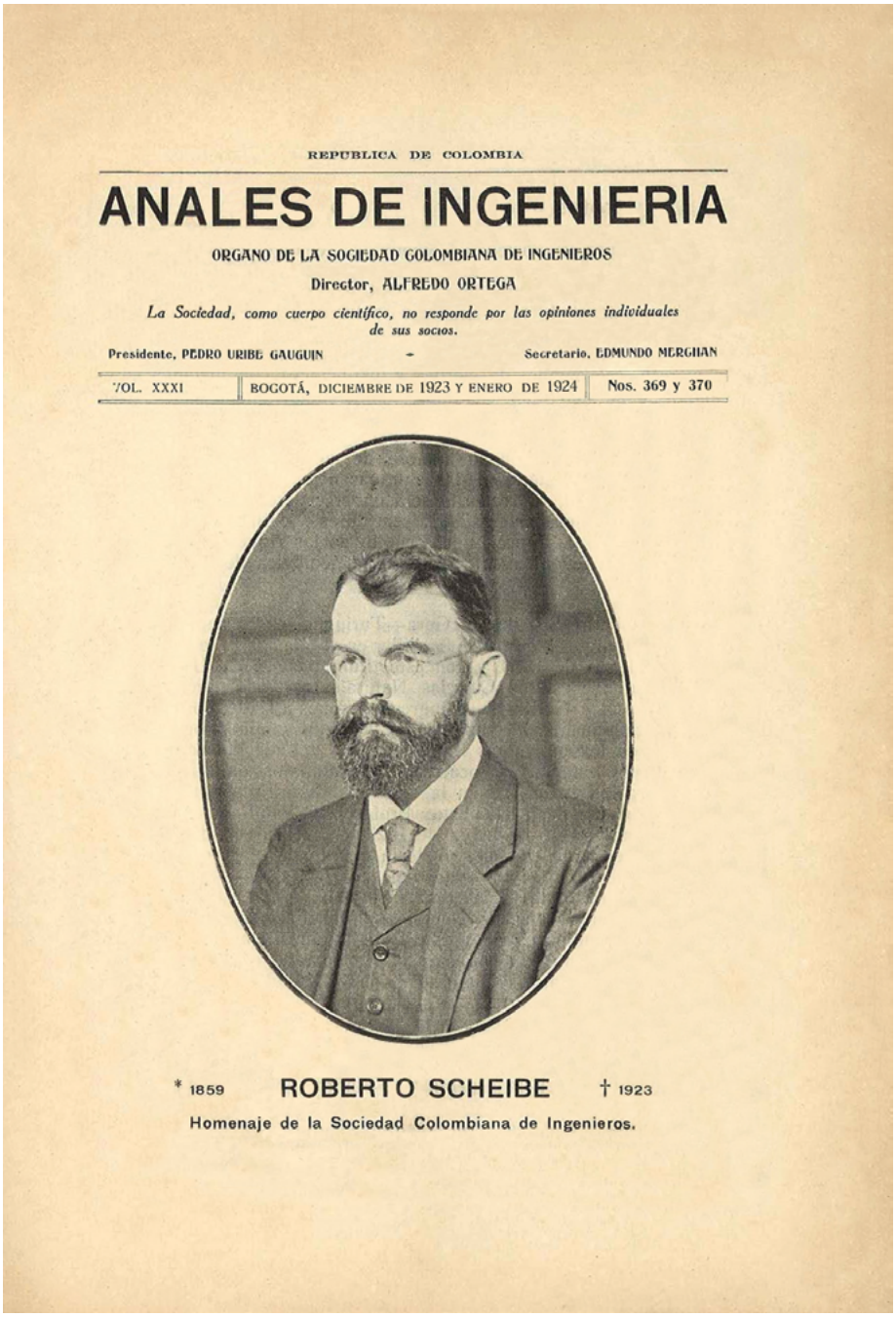
Entre los datos aportados por Bunch (1924) los que tienen que ver con la vida y obra de Scheibe en el periodo anterior a su viaje a Colombia provienen de uno de sus colegas alemanes, el profesor H. Rauff (están contenidos en un discurso pronunciado por él en un acto de homenaje en la Universidad de Charlottemburg poco después del fallecimiento) y son por lo tanto muy confiables. Los de la etapa posterior vienen de Roberto Bunch quien estuvo muy cerca de él y por lo tanto también lo son. Scheibe inició su carrera como profesor en la Universidad de Charlottemburg en 1883, cargo en el cual sobresalió porque, según Rauff, era un profesor nato. En 1885 pasó al Instituto Geológico de Prusia en Berlín como ayudante del profesor Weiss en las colecciones mineralógicas y paleontológicas; tras la muerte de Weiss fue nombrado profesor en propiedad en 1890. Desde 1895 hasta su fallecimiento fue profesor de número de la Academia de Minas y en 1910 fue nombrado consejero privado del Gobierno alemán en el ramo de minas. Entre los últimos años del siglo XIX y su viaje a Colombia, Robert Scheibe adelantó investigaciones detalladas sobre yacimientos minerales en varios países de Europa y de África: oro en Portugal en 1898, manganeso en Macedonia en 1907 y diamantes en el suroeste de África en 1908–1909. De regreso a Alemania, enriqueció las colecciones de la Academia de Minas con abundantes y valiosos materiales recogidos por él. Desafortunadamente, publicó pocos de sus valiosos resultados; los principales tuvieron por tema minerales asociados a las mineralizaciones que estudió y trabajos geológicos en Alemania en compañía de otros autores. Según Rauff, el recuerdo que Scheibe dejó en Alemania es el de un gran científico, un gran maestro y un hombre de gran corazón. En 1914 una compañía minera alemana contrata a Scheibe para el estudio de las minas de esmeraldas de Chivor y durante ese año estudió también las de Muzo y luego una de oro en el Tolima. En 1915 fue llamado a Bolivia a estudiar yacimientos de estaño; al terminar su trabajo encontró que la situación derivada

de la Primera Guerra Mundial le impedían regresar a Alemania, entonces decidió volver a Colombia. Scheibe guardó siempre un sentimiento de gratitud hacia nuestro país por haberle acogido en ese momento de dificultad. Por su propia cuenta, siguió estudiando las minas de Muzo y plasmó sus resultados en un trabajo que regaló al Gobierno colombiano; según Bunch, una parte fue publicada en la *Memoria del Ministerio de Hacienda* en 1916, otra parte se perdió. En ese año por solicitud del presidente de la República fue nombrado profesor honorario de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá. Aparentemente la presencia de Scheibe en Colombia y sus generosas contribuciones fueron factores determinantes en la creación de la Comisión Científica Nacional, de acuerdo con apreciaciones de Bunch (1924). Esta fue creada, como se anotó, en diciembre de 1916. En 1917 Scheibe fue nombrado Socio Honorario de la Sociedad Colombiana de Ingenieros. En 1921, tras su regreso de Alemania, inició una nueva serie de trabajos entre los cuales están los de las salinas de Cundinamarca y Boyacá, las fuentes termales de Tabio y Nemocón, los yacimientos de hierro de La Pradera, Pacho, Zipaquirá y Nemocón, el cinabrio del Tolima y la estratigrafía de la cordillera Oriental.

La obra geológica de Robert Scheibe en Colombia cubrió los campos de la geología básica y de la geología aplicada. En el primero, su contribución está contenida en el trabajo titulado *Geología del Sur de Antioquia*, solicitado por el Gobierno Nacional por petición del entonces gobernador de Antioquia don Pedro Nel Ospina (Bunch, 1924) en 1918. El estudio fue iniciado en diciembre de ese año y publicado en 1933 en el primer volumen de la *Compilación*. En la parte aplicada, Scheibe dejó varios estudios. Se trata en general de trabajos puntuales, resultados de visitas que le eran ordenadas por el Ministerio, en los cuales la búsqueda de recursos minerales fue casi siempre la preocupación esencial. Además, como ya se dijo, Scheibe dejó un importante trabajo sobre los yacimientos de esmeraldas de Muzo (el primer estudio moderno sobre ese tema), producto de sus primeras exploraciones geológicas en Colombia realizadas entre 1914 y 1916. Las colecciones que Scheibe organizó y llevó a Europa fueron estudiadas por especialistas. El tomo I de la *Compilación* contiene un estudio óptico sobre las esmeraldas por Ferdinand Bernauer y otro de Willy Rintisch sobre los filones de oro de El Recreo (Tolima) en 1933.

A la importante obra escrita de Robert Scheibe hay que añadir su actividad docente, ejercida en la Universidad Nacional de Colombia desde 1916, como ya se dijo.

Robert Scheibe fue un personaje altamente apreciado en la sociedad colombiana de su época. El 12 de abril de 1920, el diario *El Tiempo* anuncia su viaje a Alemania y resalta la gran labor que adelantó durante su permanencia en Colombia desde mediados de 1914. Ese escrito, como otros que le fueron dedicados, destaca la gran sencillez de Scheibe y su total dedicación a la ciencia, por encima de toda vanidad humana. Señala sus investigaciones sobre las minas de esmeraldas de Muzo, de sal en Cundinamarca, de hierro en Pacho, La Calera y La Pradera, y otras en la



REPUBLICA DE COLOMBIA

ANALES DE INGENIERIA

ORGANO DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA DE INGENIEROS

Director, ALFREDO ORTEGA

La Sociedad, como cuerpo científico, no responde por las opiniones individuales de sus socios.

Presidente, PEDRO URIBE GAUGUIN — Secretario, EDMUNDO MERCHAN

VOL. XXXI | BOGOTÁ, DICIEMBRE DE 1923 Y ENERO DE 1924 | Nos. 369 y 370

* 1859 ROBERTO SCHEIBE † 1923

Homenaje de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

Con ocasión del fallecimiento de Robert Scheibe en 1923, la Sociedad Colombiana de Ingenieros le hace un homenaje en la portada de los números 369 y 370 de su bien conocida revista *Anales de Ingeniería*. Contiene la nota biográfica de Scheibe, con autoría de Roberto Bunch.

región de Ibagué. El artículo dirige críticas al Gobierno Nacional por no haber dado a la Comisión el apoyo financiero que requerían sus importantes trabajos, y por haber dejado perder el estudio sobre las esmeraldas de Muzo. En 1923 la muerte de Robert Scheibe, ocurrida el 3 de marzo como consecuencia de una apendicitis aguda, fue noticia nacional difundida en los medios de comunicación impresos del momento en notas que, una vez más, resaltaron su notable contribución al país. El Presidente de la República decretó honores a su memoria y a sus funerales asistió la sociedad bogotana. Bunch (1924) cita una frase pronunciada por Robert Scheibe cuando construía su casa en Nemocón: "aquí viviré mis últimos días y dormiré también mi último sueño".

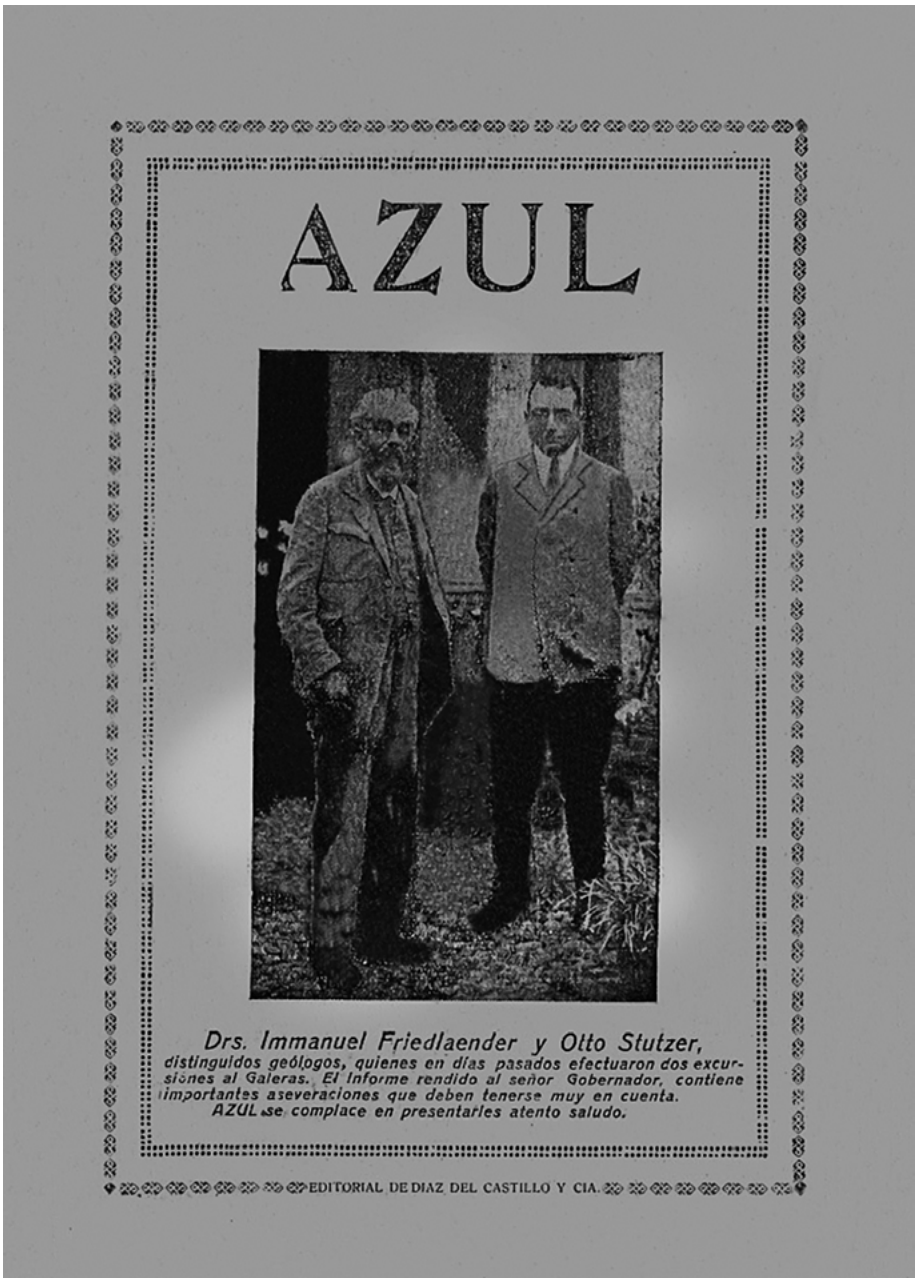
Otto Stutzer (1881–1936)

Los datos biográficos de Otto Stutzer son aún más escasos que los de Robert Scheibe. Era profesor de la famosa Escuela de Minas de Freiberg en Sajonia, que tanta importancia había tenido en la minería y en la geología mundiales en siglos anteriores, cuando en 1924 fue contratado por el Gobierno colombiano para dirigir la Comisión. En uno de sus escritos cuenta haber estado en Colombia de 1920 a 1922 (Stutzer, 1934d). Su permanencia total fue bastante corta. En 1926 regresó a Alemania, pero en tan breve periodo recorrió parte del territorio colombiano (valles del Cauca y del Patía, costa atlántica, cordillera Occidental, extensas áreas de la cordillera Oriental y valle del Magdalena) y publicó muy rápidamente sus observaciones, entre 1925 y 1927 en Alemania, en la revista *Neues Jahrbuch für Mineralogie*. Su obra mirada simplemente desde ese punto de vista es ya ejemplar, pero además sus contribuciones científicas fueron muy importantes. Sus publicaciones alemanas fueron traducidas por Enrique Hubach y publicadas en 1934 como primera parte del tomo II de la *Compilación*.

Los estudios hechos por Stutzer entre 1924 y 1926 muestran que las condiciones habían cambiado notablemente con relación a la época de Robert Scheibe, y en un sentido positivo. Stutzer pudo hacer estudios de mayor envergadura, cubriendo amplias regiones del país y elaborando síntesis geológicas. Aparentemente, liberado de las solicitudes del Ministerio de Industrias (probablemente estas estuvieron a cargo de Ernest Scheibe), tuvo la autonomía requerida para hacer una verdadera obra científica, de utilidad para el país. En los trabajos de Stutzer, como se verá más adelante, están los primeros pasos para un conocimiento de las unidades geológicas de Colombia. En esa línea de ideas, sus estudios más notables son los titulados *Sobre la geología de la parte media del valle del Magdalena* y *Contribuciones a la geología de la fosa Cauca–Patía*, ambas publicadas en el tomo II de la *Compilación*.

Emil Grosse

La calidad y la pertinencia de los trabajos de Emil Grosse son tan notables que hacen de



Otto Stutzer, a la derecha, en compañía del famoso vulcanólogo Emanuel Friedlaender durante la visita de este último a Colombia en 1925; Stutzer le acompañó en una correría por el sur del país. La fotografía fue tomada en Pasto en noviembre de 1925 y publicada por la revista *Azul* de esa ciudad.

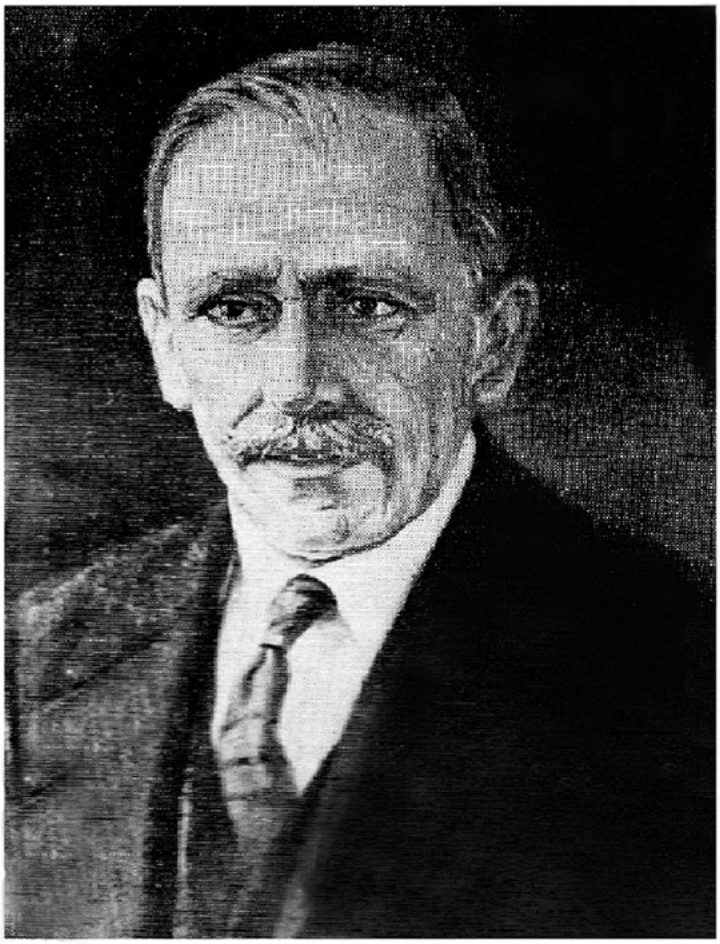
él un personaje fundamental en la historia de la geología colombiana. No se conoce el año de nacimiento y muerte de Grosse, pero se sabe que llegó al país en 1920 contratado por el Ferrocarril de Antioquia para estudiar las formaciones carboníferas de esa región. De su trabajo, que se prolongó hasta 1923, nos quedó el muy conocido estudio que lleva por título *Estudio geológico del terciario carbonífero de Antioquia* (1926), publicado en Berlín en castellano y alemán. Esta obra clásica de la geología colombiana no ha sido superada aún en muchos aspectos.

De 1927 a 1931, Grosse fue director de la Comisión Científica Nacional. Durante ese periodo realizó sus mejores trabajos, en particular el estudio sobre la cuenca del Patía. Después de 1931 se pierde su huella. Según informaciones del doctor Robert Wokittel (Raúl Ordóñez, comunicación personal), Emil Grosse fue llamado a Alemania al empezar la Segunda Guerra Mundial, ocupó un alto cargo en el Servicio Geológico Alemán y, después de la guerra, trabajó en Brasil. Quien mejor lo conoció fue el doctor Benjamín Alvarado; según él, Emil Grosse trabajó en la siderúrgica de Salsgitter al regresar a Alemania, estuvo algún tiempo en Venezuela y luego trabajó en Brasil, donde escribió varios trabajos sobre yacimientos de hierro de ese país. Había nacido hacia 1885 y había estudiado en la Escuela Superior Técnica de Charlottemburg, donde había sido discípulo de Robert Scheibe, y en la Universidad de Berlín. Antes de venir a Colombia había hecho estudios geológicos en varias partes del mundo; se conoce una publicación suya sobre la geología de Katanga, en el actual Zaire. Los pocos datos conocidos sobre Emil Grosse provienen de la introducción del tomo III de la *Compilación*, que contiene sus trabajos del periodo 1927–1931, y del estudio de Botero (1978) en el cual se señalan los periodos en que Grosse trabajó con la Comisión, se relacionan sus más importantes estudios y se hace hincapié en la gran calidad de los trabajos de ese autor. Otra de sus contribuciones importantes, pero poco conocida, es la organización y publicación (tomo III de la *Compilación*) del catálogo de muestras de la Comisión, que a la postre se convertiría en la base del Museo Geológico Nacional.

Ricardo Lleras Codazzi

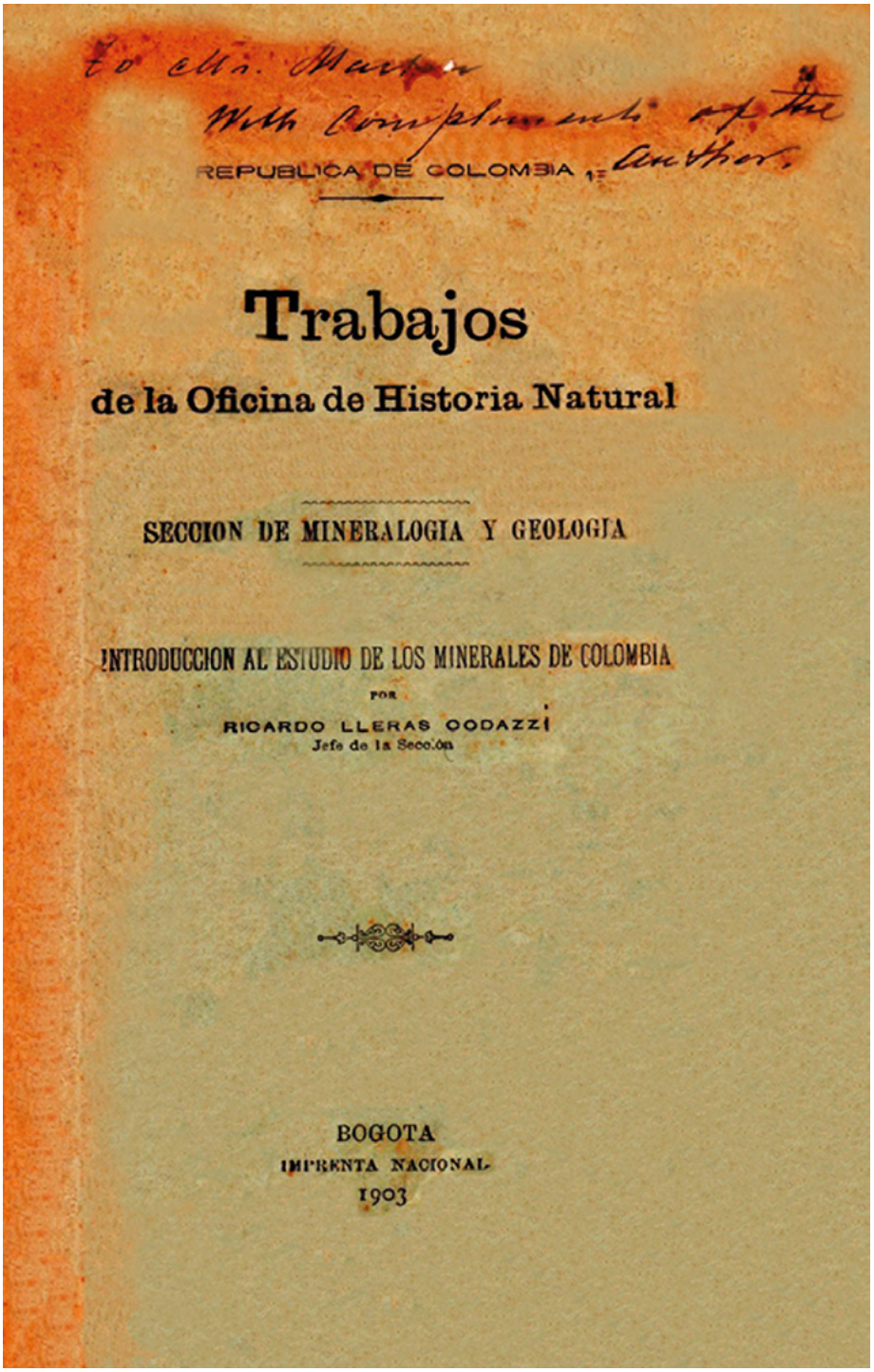
Fue el único geólogo colombiano de la primera época de la Comisión. Había estudiado en la Escuela de Minas de Medellín, había dirigido el Laboratorio de Toxicología y había fundado el de Merciología. Fue profesor de la Universidad Nacional de Colombia y geólogo de la Sección de Minas del Ministerio de Industrias. Antes de su vinculación a la Comisión, Lleras Codazzi escribió obras importantes. Una de ellas es la *Introducción al estudio de los minerales en Colombia*, publicada en 1903, siendo el autor jefe de la Sección de Mineralogía en la Oficina Nacional de Historia Natural. *Los minerales de Colombia* data de 1927 y *Las rocas de Colombia* de 1928.

Los trabajos de Lleras Codazzi correspondientes al periodo de la Comisión Científica Nacional están incluidos en el tomo I de la *Compilación*. La geología colombiana ha



Doctor RICARDO LLERAS CODAZZI (1869-1940) segundo Director de la Comisión Científica Nacional, miembro fundador de la Academia Colombiana de Ciencias, presidente honorario de la Sociedad Colombiana de Ingenieros.

Retrato de Ricardo Lleras Codazzi. Durán (1974).



Portada de la obra *Introducción al estudio de los minerales en Colombia* de Ricardo Lleras Codazzi (1903). El documento incluye una dedicatoria del autor.

honrado la memoria de Ricardo Lleras Codazzi dando su nombre al premio concedido por la Sociedad Colombiana de Geología a los mejores trabajos sobre la geología nacional.

Acosta (2007) aporta detalles sobre la vida y la trayectoria de Lleras Codazzi. Según ese autor, Lleras Codazzi fue ingeniero de minas y civil de la Escuela Nacional de Minas de Medellín y, posteriormente, estudió en la Escuela de Ciencias Naturales de la Universidad Republicana en Bogotá. Desde 1904 fue profesor de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, en las cátedras de geología y mineralogía, y de la Universidad del Rosario. Fue director del Museo Nacional de Colombia (1925), geólogo jefe de la Sección de Minas del Ministerio de Industrias (1929) y corresponsal de museos europeos y norteamericanos a los cuales enviaba muestras de rocas y minerales colombianos. Dejó una extensa obra escrita que le hizo merecedor de la Legión de Honor de Francia. Fue cofundador del Gimnasio Moderno de Bogotá, del cual fue profesor por largo tiempo. Acosta (2007) señala otras publicaciones de Lleras Codazzi: *Notas mineralógicas y petrográficas*, *Notas geográficas y geológicas* y "Mapa de mineralogía de la República de Colombia", publicado en la *Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales*.

La *Compilación* dedicó el tomo XIV en 1993 a las publicaciones de Ricardo Lleras Codazzi. Dos artículos de su autoría habían sido incluidos en tomos anteriores (tomos XI y XII).

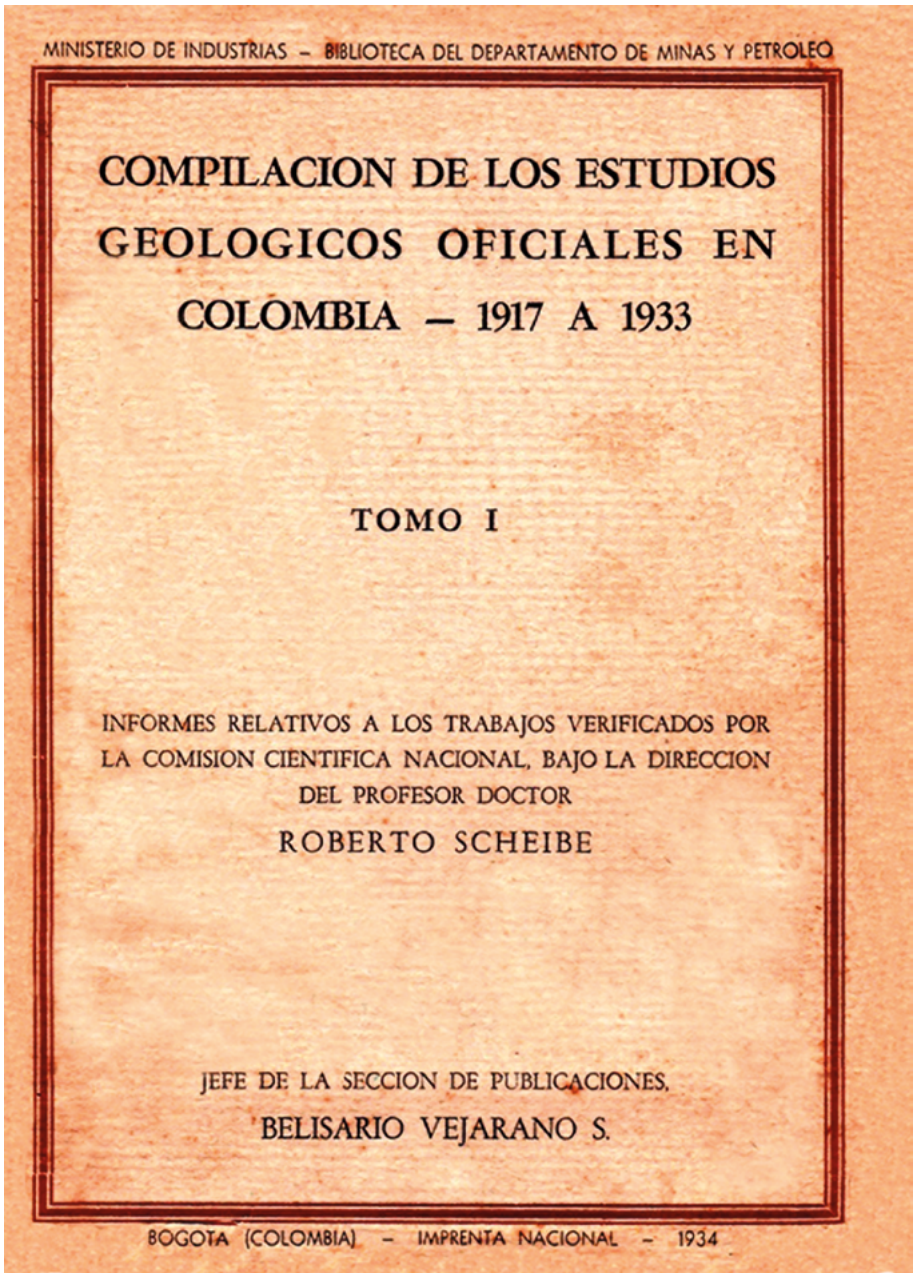
Un buen indicador de la extensa obra de Ricardo Lleras Codazzi se encuentra en la bibliografía sobre geología y geofísica de Colombia de Jesús Emilio Ramírez (1957), en la cual figuran sesenta y tres obras de su autoría, entre libros y artículos publicados en revistas científicas.

Resultados de la Comisión Científica Nacional

A pesar del escaso personal y de las normales dificultades de la época en materia de comunicaciones y otros aspectos, la Comisión se caracterizó por un alto rendimiento en términos de cantidad y calidad de sus informes y publicaciones. Seguramente otros factores, además del alto nivel científico de los investigadores, jugaron en favor de la Comisión, entre ellos el clima de tranquilidad que vivió el país en aquella época y probablemente un aparato burocrático estatal pequeño y manejable.

Publicaciones

La Comisión Científica Nacional ofrece un ejemplo excepcional en la historia de la ciencia colombiana, no solamente por haber publicado la gran mayoría de sus trabajos, sino por haber recogido los más importantes en una sola colección, la ya mencionada *Compilación*. Esta obra, considerada por muchos como una de las mayores contribuciones hechas por la geología colombiana al desarrollo del país, fue ordenada en 1933 por el entonces ministro de Industrias, doctor Francisco José Chaux, y su iniciación



Portada del tomo I de la *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*.

estuvo a cargo del Ingeniero Jorge A. Perry, jefe de la Sección Técnica del Departamento de Minas y Petróleos del mismo ministerio. El plan inicial solo contemplaba la publicación de cinco tomos, correspondientes a los trabajos terminados hasta ese entonces. Ese objetivo fue alcanzado en 1938 en cuatro tomos, exceptuando los trabajos de Enrique Hubach. En 1942 el entonces recientemente creado Servicio Geológico Nacional continuó la publicación de la serie, que incluiría más tarde los trabajos de Hubach. El último tomo de la *Compilación* se dio a luz en 1960 con el número X. En 1992 INGEOMINAS inició una segunda serie bajo la dirección del geólogo e historiador de la geología Ricardo De la Espriella, con la misma numeración y llegando al tomo XXII en 1995.

La Comisión Científica Nacional no esperó la aparición de una gran revista (la *Compilación*) para dar a conocer sus resultados. Muy pronto empezó la publicación de una serie de cuadernos titulados *Documentos de la Comisión Científica Nacional*, auspiciada por el Ministerio de Industrias. Esta serie ha sido desafortunadamente casi olvidada por la geología colombiana. El número 4 apareció en 1928 y contiene trabajos de Robert Scheibe y Ferdinand Bernauer sobre las esmeraldas de Colombia. El tomo I de la *Compilación* está conformado por los cuatro primeros fascículos de los *Documentos de la Comisión Científica Nacional*, más un cierto número de informes adicionales que aparecen bajo el título de Informes varios. Además, algunos informes apenas estuvieron terminados fueron publicados en el *Diario Oficial*, en el *Boletín de Minas y Petróleo* o en documentos oficiales del Ministerio de Hacienda.

Los trabajos realizados por la Comisión entre 1917 y 1923 son el tema del primer tomo de la *Compilación* . La mayoría tienen autoría de Robert Scheibe, unos cuantos están firmados por Ricardo Lleras Codazzi y dos de ellos fueron hechos por especialistas alemanes sobre muestras recogidas por Scheibe y enviadas a Alemania. La búsqueda de recursos minerales, los problemas planteados por la minería existente y el trazado de vías férreas son las principales preocupaciones de la época. La Comisión no tiene entonces las condiciones para hacer sus propios planes sino que, más bien, atiende las solicitudes del Gobierno. El único trabajo de geología básica es el estudio de Scheibe sobre la geología del sur de Antioquia. Los trabajos adelantados entre 1924 y 1926 por Otto Stutzer y Ernest Scheibe son recogidos en el siguiente tomo de la *Compilación*. Como se dijo antes, las condiciones en este periodo son mejores que las del periodo anterior, lo que permite a Otto Stutzer iniciar trabajos de geología con un enfoque más amplio. Con el tomo III de la *Compilación* se termina prácticamente la publicación de los trabajos de la Comisión Científica Nacional. El tomo contiene los estudios adelantados entre 1927 y 1931 por Emil Grosse. Quedan para publicaciones posteriores los trabajos de Enrique Hubach y Benjamín Alvarado de la época 1928–1935, aproximadamente. Algunos ya habían sido publicados en el *Boletín de Minas y Petróleo* y otros lo serán más tarde en tomos de la *Compilación*, cuando esta ya es órgano del Servicio Geológico Nacional.

La contribución y la vida de la Comisión Científica Nacional a través de sus informes

Por pertinentes y brillantes que hayan sido las publicaciones de la Comisión Científica Nacional, la producción científica global de la institución las sobrepasa. Además de las notables publicaciones señaladas en los párrafos anteriores, quedó una extensa producción de informes. Una parte de ella fue publicada y la otra reposa en los fondos documentales del Servicio Geológico Colombiano, organizado en un Fondo de Documentos Originales y disponible en la página web de la Institución. El conjunto de los informes publicados e inéditos da un vívido panorama de la contribución de la Comisión al funcionamiento y al desarrollo del país. Se puede percibir cómo ella respondía a las diferentes necesidades del Estado y de la comunidad en muchos asuntos de urgencia, casi diariamente en algunos temas y casos. También muestra muchas facetas de la vida y de la cotidianidad institucional.

Alicia Venegas (1960) publicó en la *Compilación*, tomo IX, una completa bibliografía de los informes de la Comisión Científica

Informes de la Comisión Científica Nacional clasificados por temas

Tema	Aspectos notables	Número de informes
Exploración geológica básica	Estudios puntuales y primeros estudios regionales de enfoque amplio	72
Exploración minera y yacimientos	Investigaciones para el abastecimiento de carbón, primeras exploraciones de hierro, caliza y otros minerales industriales	72
Exploración de petróleos	Primeras exploraciones regionales y primeros estudios para una refinería nacional	24
Fenómenos geológicos dañinos	Sismos de 1917 y 1939; destrucción de Sativanorte y La Paz por deslizamientos, y daños en Nocaima, Mongua, Guacamayas y Bolívar	20
Obras de infraestructura	Estudios geológicos para ampliación de la red de ferrocarriles, vías y proyectos hidroeléctricos	13
Aspectos institucionales históricos	Antecedentes del Museo Geológico Nacional y de empresas petroleras del Estado	14
Abastecimiento de agua	Búsqueda de agua superficial para varias ciudades y poblaciones	14
Temas generales varios	Exposiciones, excursiones y otros	13
Paleontología–estratigrafía	Primeros estudios sistemáticos de paleontología de Colombia	11
Ingeniería geológica	Estudios para túneles, socavones, puentes	7
Química–mineralogía	Análisis químicos de minerales, rocas y otros	6
Geología para carreteras	Problemas geológicos en vías y geología para diseño de obras civiles	5
Agricultura	Suelos agrícolas y abonos	4
Minerales y rocas industriales	Arcillas, mármoles y agregados	3
Fuentes termales	Primeras descripciones	2
	Total	280

Nacional y del Servicio Geológico Nacional. Algunas estadísticas simples y el análisis del contenido de los informes, por grandes temas, dan una visión de conjunto del enfoque y la amplitud de los trabajos en las dos épocas de la Institución. En lo que concierne a la Comisión Científica Nacional, esta produjo oficialmente 280 informes durante su periodo de funcionamiento: 1917–1938. Agrupados por temas y por cantidad de informes se obtiene la tabla anterior.

Como se ve en la tabla, en la exploración geológica básica y la exploración de recursos mineros se concentra el grueso de las actividades de la Comisión. Sin duda, los requerimientos del Gobierno y de la sociedad estaban centrados en la búsqueda de nuevos yacimientos y en la evaluación de los ya conocidos, tarea a la cual se dedicó la Comisión hasta los primeros años de los treinta aproximadamente. Sin embargo, la Institución no podía cumplir ese propósito sin un conocimiento básico del territorio y manejando esa dualidad transcurrió su vida activa. La mayoría de los demás temas fueron apareciendo, ya sea por solicitudes de la comunidad, de las autoridades (fenómenos geológicos dañinos, geología del petróleo, problemas de abastecimiento de agua, entre otros) o por planteamientos científicos (estratigrafía–paleontología, mineralogía).

En los párrafos que siguen se intenta presentar una síntesis analítica de la contribución de los informes de la Comisión Científica Nacional en los temas más relevantes para el desarrollo del país y de las ciencias de la Tierra. Se citan los informes con su autor, año en que fueron escritos y número del informe según la bibliografía de Venegas (1960).

La exploración geológica básica

Al analizar los informes sobre exploración geológica se constata que estos se pueden agrupar en varias categorías: a) aquellos que se ocupan de problemas geológicos específicos en zonas puntuales o en pequeñas regiones, que sin duda respondían a solicitudes hechas por el Gobierno en sus diferentes estamentos; b) algunos que tienen autoría de científicos que no pertenecían a la planta de la Comisión, casi todos geólogos extranjeros, y c) los estudios regionales organizados por la propia Comisión, con su personal de planta y con objetivos bien definidos.

En los estudios locales predominan aquellos que, con ocasión de alguna exploración de recursos mineros, pudieron entrar a tratar temas básicos. Entre ellos están las exploraciones de Robert Scheibe en la región de Tocaima (1918a, b, c, 379, 545, 552) y las de Lleras Codazzi (1919, 258). Los estudios que fueron hechos por científicos extranjeros cubren un periodo en el cual la Comisión estaba reducida a uno o dos científicos de planta y, como ya se dijo, es probable que se hayan iniciado o ejecutado totalmente en las empresas petroleras. Por lo menos, es el caso de los informes de Enrique Hubach sobre la región al norte de Buenaventura (1925, 152 y 153) y sobre Urabá (1929, 179), ya que Hubach había adelantado exploraciones en esas regiones antes de vincularse a la Comisión.

Sin duda, los estudios más importantes fueron los de la última de las categorías. Se buscaba en estos últimos trabajos, que cubrían regiones bastante amplias del territorio nacional, definir las grandes unidades geológicas y explorar preliminarmente su potencial como fuente de recursos mineros. En ellos se pueden ver los primeros esfuerzos de la Comisión para cumplir su objetivo fundamental, el conocimiento sistemático del territorio nacional. Los más antiguos fueron iniciados por Enrique Hubach y Otto Stutzer (1925, 388 y 389) con exploraciones entre Girardot y Cartago, y entre Cali y Buenaventura. Continuó Stutzer el mismo año con su ya citada investigación sobre la fosa de Cauca–Patía, pero los estudios sistemáticos y de gran amplitud fueron los de Grosse (1935, 133, 129), ya mencionados, sobre la geología básica del Caquetá y de la cuenca del Patía. También está entre ellos el estudio del sur de Antioquia hecho por Robert Scheibe (1933).

La exploración minera y los yacimientos minerales

En el momento de la fundación de la Comisión Científica Nacional la mayor necesidad de materias primas minerales a nivel nacional estaba en el abastecimiento de carbón para los ferrocarriles nacionales. En los informes de la Comisión el tema aparece siempre como el trasfondo y, hasta 1925 aproximadamente, es ampliamente predominante. Van apareciendo, luego, nuevas necesidades u opciones: metales preciosos, cromo, hierro, azufre, fosfatos y otros.

En la meseta cundiboyacense los yacimientos de carbón venían siendo explotados a pequeña escala, lo cual bastaba para suplir las necesidades (los primeros estudios de Robert Scheibe tienen por tema yacimientos puntuales de esa zona del país), pero el caso era diferente en otras regiones en las cuales los ferrocarriles estaban ampliando sus redes. Es aparentemente entre 1925 y 1934 cuando, principalmente gracias a los trabajos de Enrique Hubach y Benjamín Alvarado, se logra dar un paso decisivo. Esos trabajos tomaron el relevo del gran esfuerzo dado en Antioquia por el ferrocarril del mismo nombre, con la muy notable contribución de Emile Grosse, quien había coronado su obra con *El Terciario Carbonífero de Antioquia* (1926), y Hubach y Alvarado lo hacen con su *Geología de los departamentos de Valle y Cauca en especial del carbón* (1934, 224; la *Compilación*, 1994).

El hierro se había explotado puntualmente en ferrerías como las de Subachoque y Samacá desde las últimas décadas del siglo XIX, pero hacia 1920 era casi totalmente importado. Aunque el paso decisivo se dará en los años cincuenta con el Proyecto Paz de Río, la Comisión contribuyó con estudios generales o puntuales. Robert Scheibe inicia con su estudio *Yacimientos de hierro en Colombia* (451), publicado en 1931, mientras que Enrique Hubach (1926, 173; 1927, 440) estudia yacimientos en Zipaquirá y Guatavita. Por su parte, un estudio de Butler (1937, 60) analiza un yacimiento en Guasca (Cundinamarca).

La caliza, roca industrial por excelencia, era muy poco explotada al iniciar los trabajos

la Comisión Científica Nacional, pero ya en 1925 existe una incipiente industria cementera en Bogotá (Cementos Samper) que utilizaba técnicas simplificadas (Poveda Ramos, 1978); así mismo, otras aplicaciones de ese material empiezan a vislumbrarse (farmacia y otras). El primer estudio sobre calizas es el adelantado por Enrique Hubach en 1929 (175) sobre un yacimiento de Cementos Samper. En 1937 ya la industria cementera emplea técnicas más adelantadas de horno rotatorio continuo (Poveda Ramos, 1978) y, dos años después, la Comisión presenta un estudio sobre las calizas del río Suárez (Clements, 1939, 68).

Aunque los metales preciosos, particularmente el oro, habían sido explotados de manera más o menos intensiva desde la época colonial, pocos estudios formales se habían adelantado sobre el tema. Debemos a la Comisión investigaciones sobre yacimientos muy conocidos como los de Remedios y Segovia en Antioquia: Brun (1935, 55), Cadavid (sin fecha, 66) y Lleras Codazzi (sin fecha, 259), y Marmato en Caldas: White Uribe (1932, 417) y Ernest Scheibe (1934, 368), así como algunos estudios sobre nuevos yacimientos. Es notable el interés por los yacimientos de platino del Chocó, a los cuales la Comisión dedica dos estudios sobre su génesis (Alvarado, 1938, 15; Kehrer, sin fecha, 247) y uno relativo a los de Nóvita (Kehrer, 1921, 249), además de una reseña sobre la región platinífera de Colombia con autoría de Enrique Hubach (1925, 147).

El interés en encontrar nuevos recursos se hace evidente en varios trabajos como la exploración de azufre en Gachalá (Gast, 1934, 117), el potencial de cromo en Colombia (Ernest Scheibe, 1926, 367), los asfaltos en la parte central de Boyacá (Grosse, 1928, 124) y los yacimientos de fosfato de calcio (Alvarado, 1936, 20).

De gran importancia es el inicio de una exploración sistemática del territorio a través de comisiones a diferentes regiones, como la del Caquetá y Putumayo (Díaz Galindo, 1934, 100; White Uribe, 1934, 419), además la del Chocó (Grosse, 1930, 121).

Se incluye como anexo a este capítulo una tabla que presenta los estudios de exploración mineral de la Comisión, clasificados por temas y en orden cronológico. Es un documento de gran interés que permite ver cómo las necesidades del país iban apareciendo y cómo la Comisión iba dando respuesta a ellas a través de sus estudios.

Los inicios de la exploración petrolera

Las primeras concesiones petroleras en Colombia datan de los inicios del siglo XX, cuando la administración del general Rafael Reyes otorgó a Roberto de Mares y a Virgilio Barco autorización para explotar campos en el Magdalena y en el Catatumbo (concesiones de Mares y Barco). El interés del país en evaluar el potencial de ese recurso se hace evidente en esas décadas y, desde 1922, la Comisión acomete la tarea de explorar en forma preliminar diferentes regiones, a medida que los estudios geológicos básicos van permitiendo definir blancos de exploración. El Caquetá y el Putumayo (Hubach,

1922, 236), el río Magdalena (Hubach, 1928, 167), la sabana de Bogotá, (Hubach, 1930, 186) y Urabá (Hubach, sin fecha, 228) son tema de los primeros trabajos de exploración. También hay que anotar que grandes estudios de exploración geológica regional fueron motivados por la evaluación del potencial petrolífero de las zonas en cuestión; es el caso del estudio de Grosse sobre la cuenca del Patía (1931, 129; la *Compilación*, 1935a), según lo dice el autor en su informe.

Además de estudios de exploración, la Comisión hace visitas a concesiones otorgadas a compañías extranjeras, establece balances de la explotación del petróleo en el país (Hubach, 1928, 171) y adelanta los primeros estudios para la instalación de una refinería nacional (Ospina, 1936, 282).

En el desarrollo de una geología del petróleo, la Comisión tuvo la fortuna de contar con el geólogo Enrique Hubach (de quien se hablará en el capítulo siguiente), gran científico que había llegado al país contratado por empresas petroleras y que había hecho exploraciones de hidrocarburos en varias regiones de Colombia.

Ingeniería geológica

En un país poco habitado, poco industrializado y con una arquitectura aún bastante tradicional (durante el periodo de la Comisión el edificio más alto de Colombia era la iglesia del Voto Nacional en Bogotá), los problemas de ingeniería geológica eran pocos, pero empezaban a vislumbrarse. Los primeros se presentan en los últimos años de la década de los veinte con la seguridad en el túnel de Cuítiva (Grosse, 1928, 120), la estabilidad de un edificio de Bogotá (Hubach, 1929, 185) y las condiciones geológicas en los barrios Las Cruces y San Cristóbal de la misma ciudad (Hubach, 1933, 220).

Algunos temas básicos relacionados con las vías aparecen muy pronto: materiales pétreos (Alvarado, 1936, 11) y problemas geológicos en su construcción (Alvarado, 1936, 16). Algunos problemas de ingeniería geológica en explotaciones mineras ya son temas de informes (Grosse, 1928, 378).

Obras de infraestructura

La contribución de la Comisión al diseño y al mantenimiento de obras de infraestructura se hace notable ya desde la década de los veinte. Los problemas geológicos de las vías férreas, de las carreteras y de los proyectos hidroeléctricos fueron estudiados por la Comisión a medida que se iban presentando.

En los años veinte, particularmente bajo la administración de don Pedro Nel Ospina (1922–1926), se dio serio impulso a la ampliación de la red de los ferrocarriles nacionales, como ya se dijo. Robert Scheibe estudia en 1923 la prolongación de las líneas Alto Aire–Boquerón (383); Ernest Scheibe la de la línea Nemocón–Chiquinquirá y el trazado de la de Moniquirá–Bucaramanga (1925, 376, y 1926, 127), y Enrique Hubach el de la línea Bogotá–bajo Magdalena (1927, 159). Otro informe de 1925 (Gutiérrez, 137)

estudia el empalme de los ferrocarriles del Pacífico y el Tolima.

Varias vías importantes de la época fueron estudiadas geológicamente. Entre ellas están la de Bogotá–Pandi (Hubach, 1927, 156), Bogotá–Cambao (Hubach, 1927, 157), Pacho–Rionegro (Alvarado, 1930, 2) y Dabeiba–golfo de Urabá (Hubach, 1927, 163). Los estudios geológicos para represas hidroeléctricas también se iniciaron tempranamente con los de Alicachín (Hubach, 1931, 202) y el río Coello (Butler, sin fecha, 58). La Comisión abordó temas tan estratégicos como los de la geología del canal Napipí–Truandó (Hubach, 1929, 184) y del puerto de Buenaventura (Hubach, sin fecha, 1925?, 153).

Los problemas del agua

Desde muy temprano en la historia de la Comisión Científica Nacional se plantearon dificultades de abastecimiento de agua en diferentes ciudades y poblaciones de Colombia. Varias zonas de Bogotá y la ciudad en su conjunto fueron temas de estudios de exploración. En algunos casos estos fueron puntuales: en los barrios Belén, La Picota, Chapinero y Suba (Hubach, 1927, 1929 y 1931, 170, 181, 196) y, en otros, se buscó abastecimiento de agua para toda la ciudad: Acequia río Blanco (Hubach, 1932, 211), Proyecto Teusacá (Hubach, 1933, 214), embalse La Regadera (Hubach, 1933, 216; Merrit, 1935, 264) y estudio de provisión de agua para Bogotá (Hubach, 1937 164).

También se hicieron exploraciones de agua para Cúcuta (Hubach, 1929, 174), Zipaquirá (Merritt, 1935, 261) y el Carmen de Bolívar (Holguín Sarasty, 1939, 144). En la época de la Comisión Científica Nacional se buscaron en casi todos los casos aguas superficiales; más adelante el Servicio Geológico Nacional tendrá que acometer la búsqueda de aguas subterráneas.

Estudios sobre fenómenos geológicos destructores

A pesar de que sus objetivos estaban enfocados a la geología básica y la exploración de recursos mineros, la Comisión Científica Nacional empieza a dar respuesta a un tema que, con el tiempo, se tornará cada vez más álgido en la historia del país, el de los fenómenos dañinos de origen geológico (amenazas geológicas en la terminología actual). Durante los años 1917 a 1938 la Comisión entregó veinte informes sobre varios fenómenos geológicos destructores en diversas regiones del territorio colombiano. Los deslizamientos ocupan la mayor parte de los casos, pero otros fenómenos fueron también tema de observaciones e informes.

Ya se mencionó la serie de sismos destructores que en 1917 afectó a Bogotá, y su región sur y suroriental: páramo de Sumapaz y localidades cercanas, Fusagasugá, Pasca, Pandi y otras, causando daños severos en Bogotá y en el piedemonte llanero. Los sismos ocurrieron desde la noche del 29 de agosto, con el evento principal el 31 de ese mes; fueron sentidos incluso hasta en la región de Manizales. Los grandes deslizamientos ocurridos

en la región de Laguna Verde, hoy municipio de Nazareth (Cundinamarca), suscitaron todo tipo de comentarios e inquietudes en los cuales la prensa hizo eco durante varios días. El Gobierno apeló a la entonces recién creada Comisión Científica Nacional para que investigara lo sucedido en aquella región. Los geólogos Ricardo Lleras Codazzi y Jesús Jiménez, después de visitar la región, rindieron un informe, ya mencionado en este capítulo, que fue ampliamente divulgado por la prensa (Lleras Codazzi, 1917, 552A). En él concluyen que no hubo fenómenos volcánicos asociados al sismo y que los deslizamientos fueron consecuencia de este. Robert Scheibe también dio declaraciones a la prensa, publicadas en artículos como este:

> Lo que dice el profesor doctor Scheibe sobre los temblores del 29, 30 y 31 de agosto
>
> El señor profesor Scheibe, quien no estaba en los últimos días en Bogotá y sintió personalmente apenas los temblores, por haberse encontrado en una zona lejana del resto de movimiento hizo las declaraciones siguientes basándose solamente en los datos que ha podido recoger hoy aquí en Bogotá. Según su opinión se trata de un movimiento tectónico, es decir de un choque producido por el movimiento y el deslizamiento de una parte de la corteza terrestre a lo largo de una dislocación (grietas geológicas que se forman cuando se pliegan las capas de la tierra). La cuestión, si todo el peligro ya ha pasado, o si se repetirá dentro de poco un golpe fuerte, nadie puede decirlo con certeza, pero la experiencia ha mostrado que fuertes movimientos tectónicos no han sido frecuentes en Colombia, y por esto se puede esperar que un semejante golpe fuerte no se repetirá en un futuro próximo y probablemente pasaran otra vez años de calma. Por esto no hay razón suficiente para vivir al campo libre y exponer su salud a mayores peligros que puedan sobrevenir con este cambio de la vida ordenada. Si tenemos cuidado de no alojarnos en habitaciones ya vencidas, que con un pequeño movimiento pueden destruirse más, entonces no hay motivo para tener miedo y perder los nervios. Transoceánico, septiembre 2 de 1917, Bogotá, página 1.

También en los actuales departamentos de Quindío y Risaralda fueron señalados supuestos efectos de deslizamientos disparados por el sismo. Se comprobó luego que esos fenómenos habían sido exagerados y la Comisión no hubo de ocuparse de ellos.

En 1917 se dio una fallida ocasión para desarrollar una geología de los sismos en Colombia, como sí había ocurrido en Estados Unidos tras el terremoto de San Francisco en 1906. Ni las solicitudes hechas al Gobierno por las autoridades de Cáqueza para que se estudiaran los enormes deslizamientos y otros efectos inducidos del sismo en la región, ni las informaciones que llegaron del piedemonte llanero sobre los tremendos efectos geológicos observados en las cabeceras del río Ariari pudieron ser atendidas por la Comisión Científica Nacional. Esta da, no

obstante, un paso innovador unos años más tarde, cuando hace un primer informe sobre la falla de Bogotá (Clements, 1940, 69).

Quizás los casos más graves de destrucción por fenómenos geológicos ocurrieron en noviembre de 1933, cuando en el término de pocas semanas y tras un periodo de lluvias excepcionalmente fuertes que afectaron a todo el país, dos poblaciones boyacenses, Sativanorte y La Paz, sufrieron daños por deslizamientos, tan graves que obligaron a desalojarlas y reubicarlas en sitios cercanos. Enrique Hubach y Benjamín Alvarado se desplazaron inmediatamente a La Paz y, tras un estudio sobre las causas de los deslizamientos y las condiciones geológicas del sitio, dieron recomendaciones para la ubicación de la nueva población (Hubach y Alvarado, 1933, 222). Esta cambiaría de nombre, porque su reconstrucción se hizo tras la firma del Tratado de Paz firmado en Río de Janeiro el 24 de Mayo de 1934, después de la corta guerra de 1932 entre Colombia y Perú; es la actual Paz de Río. En Sativanorte, también los dos científicos hicieron estudios para reubicar la población (Hubach y Alvarado, 1933, 221), que es conocida ahora como Sativanuevo. Ambas investigaciones fueron publicadas (*Boletín de Minas y Petr*óleo, 1933; la *Compilación*, 1945).

Durante las décadas siguientes muchas ciudades y poblaciones colombianas se vieron amenazadas por deslizamientos y, en esos casos, el Gobierno apeló a la Comisión Científica Nacional para dar conceptos sobre la estabilización o el desplazamiento de las localidades afectadas; entre ellas están Nocaima en Cundinamarca (Hubach, 1933, 218); Mongua (Pichelmayr, 1936, 285; Butler, 1937, 57 y 65) y Guacamayas (Sandoval, 1935, 342) en Boyacá, y Bolívar en el Cauca (Alvarado, 1939, 5).

También hay que anotar que en algunos periodos, con ocasión de fenómenos destructores, la sociedad colombiana pidió en forma apremiante el apoyo de la geología pero, por absoluta falta de personal científico, la Comisión no pudo responder. El caso más claro ocurrió en la región de Gachalá en diciembre de 1923. El día 22 de ese mes un fuerte sismo, que alcanzó a causar daños en Bogotá, dejó semidestruidas a las poblaciones de Gachalá, Gachetá, Junín y otras. El sismo presentó una característica excepcional: el proceso de las réplicas, que duró varios años, fue aumentando paulatinamente los daños hasta terminar con la destrucción total de Gachalá y obligó a sus habitantes a huir a las montañas cercanas. En medio del desconcierto, los habitantes pidieron al Gobierno el envío de geólogos, pero este no pudo responder a la solicitud (Espinosa, 2012).

En Túquerres se dio una situación similar en 1936. Tras una serie de sismos que duró varios meses, e incluso años, la ciudad de Túquerres quedó casi totalmente destruida por el sismo del 14 de julio del año mencionado. En el proceso de reconstrucción se trataba, ante todo, de definir si la ciudad se podía mantener en su sitio o si había que desplazarla. La comunidad nariñense se dirige al Gobierno Nacional a través de una delegación encabezada por políticos de la región afectada, pero el Gobierno solo puede promover un estudio general de ingeniería a cargo de Julio De Mier Restrepo (1936, 76)

y Otto Pichelmayr (1936, 284). Los estudios geológicos regionales y locales, indispensables para la toma de decisiones, quedan pendientes.

Una fallida vulcanología

Las notables erupciones del volcán Galeras, en los años 1924 y 1925, llamaron la atención de la comunidad, de las autoridades y de investigadores de otros países. Desafortunadamente, no se pudieron dar en Colombia los desarrollos científicos lógicos en ese tipo de situaciones, una vez más por falta de personal calificado. Las erupciones de 1925 coincidieron con la visita del más famoso vulcanólogo del mundo en la época, el alemán Emanuel Friedlaender, quien recorrió la región en octubre de ese año después de visitar muchos de los edificios volcánicos del país, en compañía del director de la Comisión Científica Nacional, Otto Stutzer, como ya se dijo. En otro contexto, la visita hubiese dado lugar al nacimiento de la vulcanología en nuestro país, pero en ese campo Friedlaender, quien mostró gran generosidad intelectual y disposición para ayudar a la ciencia local, no pudo encontrar una contraparte colombiana. Las prioridades del país estaban enfocadas en la búsqueda de recursos mineros y los pocos geólogos estaban respondiendo a ese cometido. En un campo muy particular de la vulcanología, el de la historia de las erupciones volcánicas, sí hubo un investigador que respondió a las enseñanzas de Friedlaender, el sacerdote jesuita Luis Forero Durán. Sus investigaciones sentaron las bases de esa disciplina en nuestro país (Espinosa, 2001; 2012).

Aspectos institucionales históricos y antecedentes del Museo Geológico Nacional

En los informes de la Comisión Científica Nacional se observa que esta vislumbró con frecuencia las necesidades institucionales del país en temas relacionados con la geología y ciencias afines. En 1925 un informe plantea la necesidad de una institución geológica con el enfoque del petróleo (Hubach, 237), a la cual llama Servicio Nacional de Geología de Petróleo.

La organización de colecciones de rocas y minerales se inició muy pronto. En 1932 Hubach y Heider (231) preparan un catálogo de rocas colectadas en varias regiones de Colombia. Emil Grosse (1935b) publica un catálogo de rocas recogidas por la Comisión, que constituye una base para el Museo Geológico, fundado más tarde en la época del Servicio Geológico Nacional. Butler, por su parte, describe en 1938 (63) una colección nacional de minerales.

Otros temas nacientes

La necesidad de una ciencia básica para cumplir los objetivos de la Comisión se ve claramente en el nacimiento de los primeros estudios de estratigrafía y paleontología. Ya en 1914–1915 se produce una investigación sobre la paleontología de Colombia (Cortés, 70),



Ruinas de la iglesia de Gachalá (Cundinamarca) tras el terremoto del 22 de diciembre de 1923. Sarasola (1924).



Fotografía de las ruinas de Túquerres (Nariño) tras los sismos de 1936. Banco de la República (1989).

pero es solo en 1926 cuando aparece el primer estudio detallado (lamelibranquios de la cordillera Oriental, Dietrich, 102) y, hasta 1939, se adelantan varios estudios sobre esos temas. Aparentemente, las iniciativas y los expertos vinieron del mundo del petróleo.

La agricultura, específicamente los suelos agrícolas y el abastecimiento de abonos, también empezaron a ocupar a la Comisión. Dos estudios sobre cada uno de esos temas (Hubach, 1929 y 1934, 178 y 235; Scheibe 1919, 547 y Hubach y otros, 1930, 189) figuran entre los informes de la Institución.

La Comisión da los primeros pasos en investigaciones sobre fuentes termales (Scheibe, 1918, 380; Hubach, 1933, 215); sobre minerales y rocas industriales (Merritt y Uribe White, 1935, 266; Alvarado y Gutiérrez, 1944, 25; Alvarado, 1944, 27), y sobre química de asfaltos (Kohn Olaya, 1928 y 1932, 253 y 252).

Una mirada al papel de la Comisión Científica Nacional en el desarrollo de la infraestructura y la industria nacionales

Los resultados la Comisión Científica Nacional expuestos en este capítulo muestran que la institución rápidamente desbordó los objetivos que le habían sido asignados, en respuesta a las necesidades del desarrollo industrial y de la infraestructura, además de su notable aporte en el tema de los fenómenos geológicos dañinos. En otras palabras, el país se quedó corto al fijar los campos de acción de la geología oficial; las realidades nacionales se encargaron de ampliarlos y de empezar a ubicarlos en sus reales dimensiones, proceso que se seguiría repitiendo a lo largo de la historia del Servicio Geológico Colombiano hasta años recientes.

Como se vio al inicio del capítulo, las funciones básicas de la Comisión fijadas por el acto de su creación se centraron en levantar el mapa geológico del territorio y en explorar los recursos mineros que se requerían entonces. Rápidamente, fueron apareciendo necesidades apremiantes: amenazas geológicas ya antes de 1920; exploración del potencial petrolífero desde 1922; ampliación de la red ferroviaria y otros proyectos de infraestructura en 1923; dificultades en abastecimiento de agua a partir de 1927; problemas geológicos en carreteras en 1927, e ingeniería geológica desde 1928.

La bibliografía de la Comisión muestra que esta iba respondiendo a las necesidades a medida que se iban presentando, salvo en las épocas en que, por absoluta falta de personal, no pudo hacerlo. El desarrollo industrial de Colombia debe a la Comisión los primeros estudios nacionales oficiales de exploración de hidrocarburos; las primeras búsquedas de materias primas como hierro, calizas para el cemento y carbón para el funcionamiento de los ferrocarriles; los primeros estudios sobre problemas geológicos en carreteras, aquellos para la ampliación de la red ferroviaria, y otros más.



Erupción del volcán Galeras el 10 de octubre de 1932. Tarjeta postal publicada en Pasto.

Bibliografía

Acosta, C. 2007. La historia de INGEOMINAS (1917–2007). 90 años de geología oficial en Colombia. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), Imprenta Nacional, 300 p. Bogotá.

Bernauer, E. 1933. Las llamadas maclas múltiples de esmeraldas de Muzo y sus anomalías ópticas. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia: 1917 a 1933, tomo I, p.199–230. Bogotá.

Botero, G. 1978. Apuntes para una historia de las investigaciones geológicas en Colombia. *En*: Chaparro, F. & Sagasti, F. (Editores), Ciencia y Tecnología en Colombia. Instituto Colombiano de Cultura, Biblioteca Básica Colombiana, Editorial Escala, p. 147–180. Bogotá.

Bunch, R. 1924. El profesor doctor don Roberto Scheibe. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Anales de Ingeniería, XXXI(369 y 370): 160–166. Bogotá.

Durán, L.G. 1974. Reseña histórica de la geología en
Colombia. *En*: Historia Extensa de Colombia. Academia Colombiana de Historia, XXIV: 288–309. Bogotá.

Espinosa, A. 2001. Erupciones históricas de los volcanes colombianos (1500–1995). Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Jorge Álvarez Lleras, (16), 291 p. Bogotá.

Espinosa, A. 2012. Enciclopedia de Desastres Naturales Históricos de Colombia, volúmenes 1 a 7. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales–Universidad del Quindío. 1999 p. Banco de Historia Sísmica de Colombia (Banco interactivo de sismos sentidos en Colombia entre 1550 y 2000). Edición electrónica, Bogotá.

Grosse, E. 1926. Estudio geológico del terciario carbonífero de Antioquia en la parte occidental de la cordillera Central de Colombia, entre el río Arma y Sacaojal, ejecutado en los años de 1920–1923. Dietrich Reimer, 361 p. Berlín.

Grosse, E. 1935a. Informe rendido al Ministerio de Industrias sobre un viaje por la cuenca del Patía y el departamento de Nariño. Departamento de Minas y Petróleo. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo III, p. 139–231. Bogotá.

Grosse, E. 1935b. Catálogo del Museo Petrográfico del Ministerio de Industrias, Comisiones Científica Nacional y Geológica General. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo III, p. 269–445. Bogotá.

Hubach, E. & Alvarado, B. 1994. Geología de los departamentos de Valle y Cauca en especial del carbón. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo XVIII, 320 p. Bogotá.

Lleras Codazzi, R. 1903. Introducción al estudio de los minerales de Colombia. Trabajos de la Oficina de Historia Natural, Imprenta Nacional, 58 p. Bogotá.

Lleras Codazzi, R. 1927. Los minerales de Colombia. Imprenta Nacional, 148 p. Bogotá.

Lleras Codazzi, R. 1928. Las rocas de Colombia. Imprenta Nacional, 99 p. Bogotá.

Lleras Codazzi, R. 1929. Un plan de trabajos para las Comisiones de Geología y Minería del Departamento de Minas y Petróleos. Boletín de Minas y Petróleos, tomo I, (1): 36–51. Bogotá.

Ospina, E. 1936. Instalación de una refinería nacional y consideraciones técnicas para llevar a cabo este proyecto. Comisión Científica Nacional, informe interno 282. 20 hojas. Bogotá.

Poveda Ramos, G. 1978. Políticas económicas, desarrollo industrial y tecnológico en Colombia, 1925–1975. COLCIENCIAS–Editora Guadalupe, 163 p. Bogotá.

Ramírez, J.E. 1955. Los alemanes y las ciencias geológicas y geográficas en Colombia. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, XIII(47–48): 213–218, Bogotá.

Ramírez, J.E. 1957. Bibliografía de la biblioteca del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos sobre geología y geofísica de Colombia. Banco de la República, 521 p. Bogotá.

Rintisch, W. 1933. Contribución al conocimiento de los yacimientos de oro en Colombia: los filones auríferos de El Recreo. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia: 1917 a 1933, tomo I, p. 403–470. Bogotá.

Sarasola, S. 1924. Los terremotos de Colombia en el mes de diciembre de 1923. Notas Geofísicas y Meteorológicas, apéndice 1, p. 80–84, Bogotá.

Scheibe, R. 1933. Geología del sur de Antioquia. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia: 1917 a 1933, tomo I, p. 97–167. Bogotá.

Scheibe, E. 1937. Estudios Geológicos y Paleontológicos sobre la cordillera Oriental. Ministerio de Industrias y Trabajo, Cuadernos 1–3, Bogotá.

Stutzer, O. 1934a. Contribución a la geología del foso Cauca–Patía. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo II, p. 69–140. Bogotá.

Stutzer, O. 1934b. Contribución a la geología de la cordillera Oriental. Regiones cerca a Bogotá. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo II, p. 141–182. Bogotá.

Stutzer, O. 1934c. Sobre la geología de la parte media del valle del Magdalena. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo II, p. 182–209. Bogotá.

Stutzer, O. 1934d. Acerca de algunos rastros de glaciación diluvial en la cordillera próxima a Bogotá. Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo II, p. 7–15. Bogotá.

Venegas, A. 1960. Bibliografía de los informes del Instituto Geológico Nacional. Servicio Geológico Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo IX, 587 p. Bogotá.

Notas a la bibliografía

1. En el tomo I de la *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia* aparece el año 1934 en la portada y el año 1933 en la página institucional. Se toma 1933 para no introducir confusiones bibliográficas, teniendo en cuenta que las bibliografías de Ramírez (1957) y Venegas (1960) dan ese año.
2. Por razones prácticas los numerosos informes de la Comisión Científica Nacional citados en la sección *La contribución y la vida de la Comisión a través de sus informes* no se incluyen en la bibliografía, sin embargo se pueden encontrar en Venegas (1960).

Anexo

Comisión Científica Nacional (1916–1938)

Informes de exploración minera por temas y orden cronológico.
Catálogo organizado con base en la bibliografía de Venegas (1960) s.f. sin fecha.

Carbón			
146	Hubach, E.	1925	Reseña de la región carbonífera de Zipacón en relación con el litigio del ferrocarril Girardot-Leo Kopp
149	Hubach, E.	1925	Reseña del terreno carbonífero del departamento del Valle del Cauca en "La Laguna"
366	Scheibe, E.	1925	Las carboneras de "El Salto", Lenguazaque, Cundinamarca
377	Scheibe, E.	1925	Carbones de San Jorge y Llano de Ánimas, Zipaquirá y Nemocón, Cundinamarca
373	Scheibe, E.	1926	Informe sobre los yacimientos de carbón en los terrenos de la Fábrica Nacional de Municiones, San Cristóbal, Bogotá
375	Scheibe, E.	1926	Condiciones econónicas de los yacimientos de carbón en el departamento de Caldas
370	Scheibe, E.	1927	Afloramientos de carbón en el Polígono Militar, Bogotá
168	Hubach, E.	1928	Influencias de la estructura sobre la magnitud y consistencia de los mantos de carbón. Apreciación general y derivaciones de las carboneras del Carmen-Diamante al ENE de Guachetá, Cundinamarca
128	Grosse, E.	1929	Informe geológico sobre la mina de carbón de "San Matías", Guaduas, Cundinamarca
190	Hubach, E. y otros	1930	Información complementaria sobre las formaciones carboníferas de "Doche", Alpujarra, Huila
21	Alvarado, B.	1931	Exploración entre Sevilla y Tuluá y exploración de carbón en el Valle del Cauca
193	Hubach, E. y Alvarado, B.	1931	Los yacimientos carboníferos del departamento del Valle del Cauca
194	Hubach, E. y Alvarado, B.	1931	Informe sobre las minas de carbón de los Chorros de propiedad del Ferrocarril del Pacífico, Valle del Cauca
200	Hubach, E.	1931	Indicaciones para facilitar la exploración de yacimientos de carbón y cinabro en el departamento del Valle del Cauca
239	Hubach, E.	1931	Descripción de los terrenos carboníferos situados entre Sevilla y Tuluá, Valle del Cauca
384	Scheibe, R.	1933	Apreciación de las propiedad minera en "El Recreo", San Miguel, Tolima
341	Sandoval, J.	1935	Informe de una visita hecha a los yacimientos de carbón en los terrenos de la Fábrica Nacional de Municiones, San Cristóbal, Bogotá
169	Hubach, E.	1938	Apuntes sobre la existencia de carbón explotable y sobre la fuente termal en la punta sureste del cerro de Suba, Cundinamarca

Hierro			
173	Hubach, E.	1926	El carbón y el hierro de la hacienda El Carrizal, Zipaquirá, Cundinamarca
440	Hubach, E.	1927	Informe preliminar sobre el yacimiento de hierro de Guatavita, Cundinamarca
60	Butler, J.W.Jr.	1937	Informe sintético sobre el reconocimiento del yacimiento de hierro de "Pericos" Guasca, Cundinamarca
Caliza			
175	Hubach, E.	1929	Informe relativo a la cubicación del banco de cal de la Siberia perteneciente a la compañía de Cemento Samper, Cundinamarca
68	Clements, T.	1939	Depósitos de piedra caliza en el valle del río Ariari, Meta
Sal–evaporitas			
369	Scheibe, E.	1922	Informe sobre las minas de sal de Nemocón, Cundinamarca
101	Díaz, F.	1930	Estudio de las fuentes salinas de la hacienda Sisavista, Cucutilla, Norte de Santander
265	Merritt, P.	1935	Asociación de yeso y alunógeno en el municipio de Pauna, Boyacá
Esmeraldas			
546	Scheibe, R.	1922	Esmeraldas de Nemocón, Cundinamarca
676	Scheibe, R.	s.f.	Informe geológico sobre la mina de esmeraldas de Muzo, Boyacá
Metales preciosos			
249	Kehrer, G.	1921	Informe sobre los depósitos primarios y secundarios auríferos y de platino en las propiedades al sur de Nóvita, Chocó
147	Hubach, E.	1925	Reseña región platinífera de Colombia
299	Rintisch, W.	1928	Contribución al conocimiento de los yacimientos minerales de oro en Colombia. Los filones del mineral aurífero de El Recreo
417	White, E. y Arango, M.	1932	Informe sobre Supía y Marmato, Caldas
368	Scheibe, E.	1934	Minas de Supía y Marmato informe geológico económico
55	Brun, L.	1935	Las minas de oro de Remedios, Antioquia
108	Fetzer, W.	1935	Programa para la investigación preliminar conducente a obtener una beneficioación económica de las minas auríferas "refractarias"
67	Cardona, E.	1936	Interesante estudio de las regiones auríferas del río Ariari, Meta
15	Alvarado, B.	1931	Los metales del platino
66	Cadavid, C.	1931	Minas de Segovia, Antioquia
140	Halder, H.	s.f.	Estudio de la compañía South American Gold and Platinum
259	Lleras, R.	1900	Esquema de beneficio de minerales de la mina Marmajito, Segovia, Antioquia
247	Kehrer, G.	s.f.	Los yacimientos de platino de la República de Colombia
234	Hubach, E.	1826	Memoria sobre un nuevo método para ensayar y extraer el oro de la pirita, Mariquita, Tolima

Cromo			
367	Sheibe, E.	1926	Dictámen sobre minerales de cromo en Colombia
Azufre			
117	Gast, E.	1934	Conseción de exploración de minerales de azufre en el municipio de Gachalá, Cundinamarca
Legislación minera			
244	Jaramillo, J.	1933	Mineral resources and mining regulations of Colombia
Asfaltos			
124	Grosse, E.	1928	Informe sobre los asfaltos en la parte central de departamento de Boyacá
Fosfatos			
20	Alvarado, B.	1931	Yacimientos sedimentarios de fosfatos de calcio
Exploraciones regionales sistemáticas			
121	Grosse, E.	1930	Determinación de las rocas colectadas por la comisión minera del Chocó
416	White, E.	1932	Informe general sobre los estudios mineros correspondientes a los municipios de Mazanares, Marulanda, Pensilvania, Samaná y Marquetalia, Caldas, y Fresno y Mariquita, Tolima
100	Díaz, F.	1934	Informe sobre la comisión exploradora de las regiones del Caquetá y Putumayo
419	White, E.	1934	Comisión de estudios en las comisarías del Putumayo y Caquetá
418	White, E.	1935	Informes mineros de los departamentos de Caldas y Tolima
415	White, E.	s.f. 1932?	Estudios mineros practicados en algunas zonas de los municipios de Casabianca, Fresno, Villahermosa y Líbano, Tolima



Capítulo 4

El Servicio Geológico Nacional (1938–1968) y el Inventario Minero Nacional (1963–1968)

MPO

Registrado para Tarifa Reducida en el Servicio Postal Interior. Licencia Nº 23.

— AÑO 44 — No. 15.478

OCTUBRE 11 LUNES

2.000 Invitados a la Inauguración de Paz de Río

El Presidente Rojas y el Ministro Francés Presidirán los Actos

Lujosa delegación extranjera se hará presente.—Hoy llegan a Bogotá la mayor parte de los invitados.—El programa.

Las noticias suministradas por la Jefatura de relaciones públicas de Paz de Río, a cargo del doctor Carlos Pérez, indican que a la ceremonia de inauguración de la siderúrgica nacional, que comenzará exactamente a las 10 y 3 minutos de la mañana del 13, concurrirán 2.000 invitados.

El presidente de la república, teniente general Gustavo Rojas Pinilla, y el ministro del aire de Francia, en representación del presidente del consejo de ministros Pierre Mendes-France, presidirán las ceremonias, que serán imponentísimas.

GRAN ACTIVIDAD

Tanto el doctor Jaramillo Ferro, gerente general de Paz de Río, como su señora esposa doña Elena de Jaramillo Ferro, y la jefatura de relaciones públicas, han venido trabajando más de 12 horas diarias para que no se escape ningún detalle de la inauguración, que es un hecho trascendental e histórico para Colombia. Efectivamente, a partir de la bendición de la siderúrgica nacional, Colombia entrará a vivir la etapa de la industria pesada. Ayer entrevistamos a Carlos Pérez entre una montaña de tarjetas de invitación personal, el Armagnac. Sin embargo, por un gesto de cortesía, todos los delegados a las ceremonias de inauguración se hospedarán en el hotel Tequendama, donde la siderúrgica ha hecho las reservaciones del caso.

LOS DELEGADOS

Entre los invitados de Francia figura el nombre de Carmencita Sorel, la cantante más solicitada de la canción francesa.

La lista completa de delegados extranjeros es la siguiente: Jean Marie Louvel, ex-ministro; Coulson, diputado; H. Roseur, general Valin, inspecteur des armées; P. Nepoux, ministere des Finances; Travaux Publics, Pellet, Ministere des Pays-Bas; P. Le Margerie, Y. Pellet, Ed. Froward; J. d'Yerville; J. Wetmel, L. C. Larroque, P. I. C.; Fivet, G. Larroque, P. I. C.; Schwartz, A. Schwartz, Bolssel; A. Merc & Rochbaix, Sidel Laurent, Sidel Mme. P. Frelt, M. Perpoll, B. Exterieur; Compagnie surances "Le Nation Paz Figaro"; Lombia; M. rrez, Mar Río; Mar ce Soir; rique York. tries Lathuile ort Ia



La Misión Francesa Llega Hoy a Bogotá

La componen el Ministro de Aviación y cuarenta personajes más.—El viaje a Belencito.

La XI Asamblea de la SIP se Reunirá en Nueva Orleans

Elegido Presidente para 1955.

Río de Janeiro, octubre 10 (UP.) Nueva Orleans fue escogida hoy como sede de la convención anual de la Sociedad Interamericana de Prensa del año próximo.

La reunión semanal de la junta directiva se efectuará en marzo de 1955 en Guatemala.

Paulo Bittencourt, del diario "Correio da Manhã" de Río de Janeiro, será presidente de la sociedad en 1955, secundado por James Stahlman del Nashville Banner como primer vicepresidente y Luis Miró Quesada de "El Comercio" de Lima como segundo vicepresidente. Leo Fermuy del "Trinidad Guardian" fue designado secretario y Robert U. Brown de "Editor & Publisher" fue reelegido tesorero de la institución.

Fue Condenado Ex-Canci

Fue quien ejerció los funci durante el Gobierno de

Teherán, octubre 10. (A Fatemi, ex-ministro de R tores del derrocado Gob tor Mossadegh, y uno de lmente líderes nacion fue condenado a muer nal militar de Teherán Dos veces se habl la vida de Fatemi: L fue derrocado el Gob el año pasado. Pero ta logró huir gra fugiarse en la c funda con otras principios de esa

La Exposición de Flores se Inicia el 16 en Manizales

Delegados de Bogotá asistirán al certamen nacional.

El 16 de los corrientes se inaugura en Manizales la segunda gran exposición nacional de flores, que ha sido organizada por la Sociedad de Mejoras Públicas de aquella capital, por el club de jardinería y por un destacado grupo de damas de la sociedad manizalita. Las noticias que llegan indican que se va a realizar un verdadero despliegue a fin de presentar las más bellas plantas y flores que se cultivan en el departamento de Caldas y que han convertido este región en una importan-

(Continúa en la página veinte)

Varias Provincias Visita Ahora el Comité de Acción Santandereana

...corro y Charalá.—Grande entusiasmo en to... ...der.—Discursos de los miembros del ...numerosos problemas.

...presentó un informe ...arrolladas por el ...ior Espinosa ...que lo ...adores

SALARIO FAMILIAR

Al ser interrogado por el director de Tribuna Universitaria en la siguiente forma: "¿que nos puede informar su señoría a los estudiosos del país sobre programas inminentes del ministerio a su cargo?", el ministro respondió: "Bastante les puedo informar. En primer término que el lunes próximo se inician aquí los estudios previos para la implantación del salario familiar en todo el país. Esta iniciativa, vieja, en cuanto yo mismo la presenté a la consideración del senado en años anteriores, fue acogida con simpatía por

(Continúa en la página veinte)

DECRETO 617

...creto 617, dictado por el mi... ...rdo Averbe, confirió a los in... ...del trabajo la facultad de co... ...de los despidos de trabajadores ...zaban del fuero sindical. Al ser ...en práctica, se han encontrado ...es vacíos. Interrogado el minis... ...sobre este punto, declaró que en ...idad tanto el código sustantivo co... ...el de procedimiento del trabajo co... ...erían una revisión y que el minis... ...rio estaba dispuesto a adelantarla. ...ara tal fin, declaró que había cons... ...tituido una junta de especialistas que ...estudiaría a fondo las reformas nece... ...sarias.

En la década de los cuarenta del siglo XX, los acontecimientos mundiales traen consecuencias directas para Colombia. La situación global con todas sus contingencias, particularmente las dificultades del comercio de materias primas, coloca a nuestro país ante la necesidad de autoabastecerse en esos materiales y en productos manufacturados, la mayoría de los cuales eran entonces importados. Se repite así una situación histórica, la de la Primera Guerra Mundial, que había conducido a la fundación de la Comisión Científica Nacional. Por otra parte, el desarrollo de las redes de comunicaciones exige cada vez mejores estudios y la industrialización adquiere dimensiones más o menos importantes. El crecimiento general del país lleva a una especialización cada vez mayor en las instituciones: ya a finales de los años treinta, en razón del desarrollo de la industria petrolera, el Ministerio de la Economía Nacional, que se ocupa de la minería y la energía, se torna insuficiente, lo cual lleva al Gobierno a crear el Ministerio de Minas y Petróleos.

En ese contexto, el Gobierno entiende la necesidad de ampliar las actividades de la Comisión Científica Nacional transformándola en una nueva institución, el Servicio Geológico Nacional (Servicio Geológico). El país cuenta con muy pocos geólogos. Uno de ellos, Benjamín Alvarado, se ha especializado en el exterior, como se mencionó en el capítulo anterior, y un grupo de ingenieros está dispuesto a hacerlo. Por otro lado, durante la posguerra varios eminentes geólogos europeos llegan a Colombia, lo que es una nueva circunstancia favorable para la creación y el desarrollo de una geología nacional.

El Ministerio de Minas y Petróleos

El Ministerio de Minas y Petróleos tiene sus orígenes, como ya se dijo, en el desarrollo de la industria petrolera. En los años treinta el país no poseía una industria minera importante; más

bien, se vislumbraban las necesidades que en ese campo se iban a presentar, de tal suerte que al crear el ministerio el Gobierno aspira dar el manejo adecuado al ya existente sector petrolero, e iniciar el desarrollo de una industria minera.

Las primeras concesiones petroleras del país datan del gobierno del general Rafael Reyes; en 1905 y 1906 se entregan las concesiones Barco y De Mares en Norte de Santander y el Valle del Magdalena respectivamente. Después de varias décadas en las cuales solo se logra un modesto desarrollo, en los años 1925–1935 el país parece tomar conciencia de la importancia del recurso, siendo esos años decisivos en la política petrolera nacional.

En 1940, por Decreto 968, el Gobierno Nacional crea el Ministerio de Minas y Petróleos. Las funciones del nuevo estamento se sitúan en dos áreas principales: la formulación de políticas para la explotación de recursos mineros y petroleros y la búsqueda de nuevos recursos. El ministerio actualiza las legislaciones minera y petrolera; la primera estaba vigente desde 1887 (Ley 37) y la segunda desde 1931 (Ley 37). También modifica el Código de Minas en 1947 (Decreto 805), posteriormente en 1954 (Decreto 2514) y en 1967 (Ley 60), y actualiza el Código de Petróleos en 1961 por medio de la Ley 10. La búsqueda de nuevos recursos es encomendada a una nueva institución, el Servicio Geológico Nacional. La creación del Instituto de Fomento Industrial (IFI) es simultánea con la del Servicio Geológico y las dos instituciones trabajan conjuntamente en el desarrollo de los más importantes proyectos mineros e industriales del país en las décadas que siguen.

El Ministerio de Minas y Petróleos continúa la publicación de la revista *Boletín de Minas y Petróleo*, iniciada en 1929 por la Sección Técnica del Ministerio de Industrias. La importancia de esta publicación es muy grande ya que a través de ella se difunden no solamente las leyes y decretos relacionados con la minería y el petróleo y los contratos firmados por el Gobierno en esas materias, sino también los resultados de estudios técnicos hechos por el Ministerio. El *Boletín* es publicado hasta 1950, luego es reemplazado por el *Boletín de Petróleo* y el *Boletín de Minas*, que empiezan a aparecer respectivamente en 1951 y 1954.

El Servicio Geológico Nacional (1938–1968)

El Decreto 2404 de diciembre 31 de 1938, que reestructura el Departamento de Petróleos del Ministerio de la Economía Nacional, transforma la Comisión Científica Nacional en el Servicio Geológico Nacional como una de las secciones del citado departamento. Hay que anotar que ya en 1929 existió un estamento dentro de la Sección Técnica del Ministerio de Industrias llamado Servicio Geológico Nacional según informe del jefe de esa sección, Ricardo Lleras Codazzi, citado en el capítulo anterior.

Al fundarse en 1940 el Ministerio de Minas y Petróleos, el Servicio Geológico pasa al nuevo ministerio, con las mismas funciones

y dentro de la Sección Técnica. Las dimensiones del Servicio son modestas: seis geólogos más el personal auxiliar. En 1940 la planta de personal es modificada sin ninguna ampliación, para organizar los grupos de trabajo según propuesta del director. Se forman tres grupos: Geología Económica, Geología de Petróleos y Geología Aplicada a la Ingeniería.

Los objetivos del Servicio Geológico Nacional son fijados por el Decreto Ley 1404 de 1938, que, en términos generales, mantiene los de la Comisión Científica Nacional, añadiéndoles la creación y organización del Museo Geológico. Los objetivos incluyen también lo estipulado por la Ley 37 de 1931, que había asignado a la Comisión el estudio de las reservas de petróleo. De esta forma, al Servicio Geológico corresponden cuatro funciones a nivel nacional: levantamiento del mapa geológico, estudio de los recursos minerales, estudio de reservas petroleras y organización y conservación del museo geológico.

Establecida su primera estructura interna por Decreto 24 de 1938, el Servicio es reorganizado internamente o reestructurado varias veces. Ya se mencionó la reorganización interna de 1940; la siguiente transformación ocurre en 1947: se crean las divisiones de Geología General, Geología Económica y Administración, con diferentes secciones cada una. En 1949 se añade la Sección de Servicio de Aguas. La reestructuración de 1951 es importante en cuanto da otra orientación al Servicio Geológico (Decreto 3758); la Institución consta de seis secciones más el museo, pero la geología económica queda asociada a la geología general y solo cuenta con un profesional. En 1953, el Servicio Geológico pasa a llamarse Instituto Geológico Nacional sin ninguna modificación interna, como parte de la reestructuración del Ministerio de Fomento al cual pertenece. En 1957, nuevamente bajo la dirección de Benjamín Alvarado, el Decreto 365 le da una nueva estructura y una nueva planta de personal. La geología económica vuelve a ser sección con siete geólogos; el Servicio Geológico tiene ahora diecinueve geólogos y, en 1960, por el Decreto 2613 se reestructura la institución sin aumentar la planta, quedando siete secciones: Geología Económica, Hidrogeología e Ingeniería Geológica, Estratigrafía y Paleontología, Paleobotánica, Petrología, Mineralogía, Fotogeología y Museo. Al crearse el Inventario Minero Nacional en 1963, el Servicio Geológico sigue funcionando paralelamente con la misma estructura y con la misma planta de personal.

En líneas generales, la historia del Servicio Geológico se puede dividir en tres grandes periodos: el de los años 1938 a 1950, el que va de 1950 a 1957 y el de 1957 a 1968.

1938 a 1950. En esta etapa el Servicio Geológico trabaja en grandes comisiones de exploración del territorio nacional. Es una época de pioneros, que tiene el mérito de dar inicio a un estudio sistemático y organizado del territorio con énfasis en la exploración minera. Se adelantan estudios de exploración en grandes regiones del país como Nariño, Boyacá, Caldas, Atlántico y otras. En los archivos del Servicio Geológico se puede constatar que esos trabajos responden a un

plan estructurado que busca cubrir el territorio de la forma más sistemática posible y siguiendo un orden de prioridades establecido de acuerdo con los posibles recursos mineros. En opinión del autor este es un periodo crucial en el conocimiento geológico del subsuelo colombiano.

1950 a 1957. Bajo la dirección de Enrique Hubach el Servicio Geológico vive su edad de oro. Se trabaja más bien en proyectos específicos y se logran estudios de gran importancia y de alta calidad, quizás más enfocados hacia aspectos básicos sin que la búsqueda de recursos mineros y los demás aspectos aplicados hayan sido abandonados.

1957 a 1968. La geología económica vuelve al primer plano y, como nuevo ingrediente en el desarrollo de la institución, se inicia la cooperación internacional a nivel institucional a través de convenios. El más importante es el convenio con la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), que opera en los años 1963 a 1969, gracias al cual se inicia el Inventario Minero Nacional. Los convenios internacionales serán en adelante un componente importante en el progreso geológico–minero del país.

En las diferentes etapas del desarrollo del Servicio Geológico intervienen varios factores, de los cuales dos parecen predominar: los requerimientos del país en cuanto a materias primas y obras de infraestructura, y la personalidad de los directores de la institución. En este sentido, dos grandes personajes marcan la historia del Servicio Geológico, Benjamín Alvarado y Enrique Hubach. Ambos son científicos de alto valor, el primero más orientado hacia la ingeniería geológica en un sentido amplio, y el segundo hacia la geología básica, orientación que en realidad proviene de la formación básica de cada uno de ellos (ingeniería civil y geología respectivamente). La figura de Benjamín Alvarado con su grupo de colaboradores, todos ingenieros civiles orientados por él y con la misma trayectoria profesional, domina dos periodos, 1939–1950 y 1957–1968. Enrique Hubach lo hace entre 1950 y 1957 con la ayuda de expertos extranjeros de alta formación científica. Las sucesivas reorganizaciones y reestructuraciones del Servicio Geológico son consecuencia de tal situación.

El personal científico del Servicio Geológico Nacional

En relación con la Comisión Científica Nacional, el Servicio Geológico cuenta con un personal más numeroso. En los años cuarenta, con el grupo de ingenieros colombianos que se especializa en geología en el exterior, el país cuenta con una base para el buen funcionamiento del Servicio Geológico. Sin embargo, el personal nacional no es todavía totalmente suficiente, especialmente en los altos niveles técnicos y es así como, hasta 1960 aproximadamente, estos deben ser ocupados casi siempre por extranjeros. En 1944 el Servicio Geológico cuenta solamente con cuatro geólogos en el país, y unos cuantos especializándose afuera. El total de profesionales en la nómina no pasa de diez. En 1953 el número ha pasado a quince y en 1958, como se vio anteriormente, se logra que llegue a diecinueve,



Trabajos de campo en la época del Servicio Geológico Nacional. Fondo Documental Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano, fotografía tomada en los años cuarenta.



Enrique Hubach al borde de la caldera del volcán Puracé en 1935.
Tomado del n.° 2 de la revista *PAN* de Cali (1935).

al reestructurar el entonces Instituto Geológico Nacional y darle de nuevo su antiguo nombre. A partir de ese momento, sigue trabajando con cinco secciones incluyendo el museo. La reestructuración de 1960 amplía el número de secciones a seis más el museo, y el número de geólogos se mantiene en diecinueve. En las actividades del Servicio Geológico se conjugaron los esfuerzos del personal nacional y el extranjero. Especial mención merecen los aportes de Enrique Hubach, Benjamín Alvarado, Hans Bürgl, José Royo y Gómez, Thomas Van der Hammen, Robert Wokittel, H. W. Nelson y A. C. Raasveldt.

Enrique Hubach (1896–1968)

Las contribuciones científicas hechas por Enrique Hubach dentro del Servicio Geológico Nacional hacen de él la figura más importante en la geología básica colombiana en el siglo XX, sin que sus aportes a la exploración minera y a otras ramas de la geología hayan sido menores. Su obra geológica fue tema de estudios de Espinosa (1993) y De la Espriella y Espinosa (1997).

Enrique Hubach nació en Osorno (Chile) en 1896 y adelantó estudios de geología en la Universidad de Berlín. Llegó a Colombia en 1923, (fue contratado al mismo tiempo que Ernest Scheibe) y trabajó durante varios años en exploraciones petroleras en el Darién, Catatumbo y Chocó. Se vinculó a la Comisión Científica Nacional y llegó a dirigirla de 1931 a 1934, tras la salida de Emil Grosse. Unos años después, regresó a la geología del petróleo y en 1945 se estableció en Popayán. Fue llamado en 1950, a dirigir el Servicio Geológico, en cuya dirección permaneció hasta 1957. Después de su retiro, regresó a Popayán en 1959, donde vivió hasta su muerte en 1968. Durante los años en que vivió en esa ciudad hizo estudios geologicomineros para el Instituto de Fomento Industrial.

Los trabajos geológicos más importantes de Hubach fueron realizados durante la época de la Comisión Científica Nacional, de 1931 a 1934, y varios de ellos fueron publicados más tarde por el Servicio Geológico. En ese periodo trabajó con Benjamín Alvarado, con excelentes resultados. Su más importante obra de síntesis (*Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia*) fue redactada en la época en que dirigió el Servicio Geológico y es resultado de todos sus trabajos anteriores.

La obra científica de Enrique Hubach se caracteriza por su diversidad, su alta calidad y su pertinencia. En su época satisfizo totalmente las necesidades de un país que estaba en sus fases iniciales de industrialización, de construcción de carreteras y represas hidroeléctricas, y en una etapa de ampliación de la red ferroviaria. Se requerían entonces no solamente estudios puntuales aplicados sino también buenos estudios básicos.

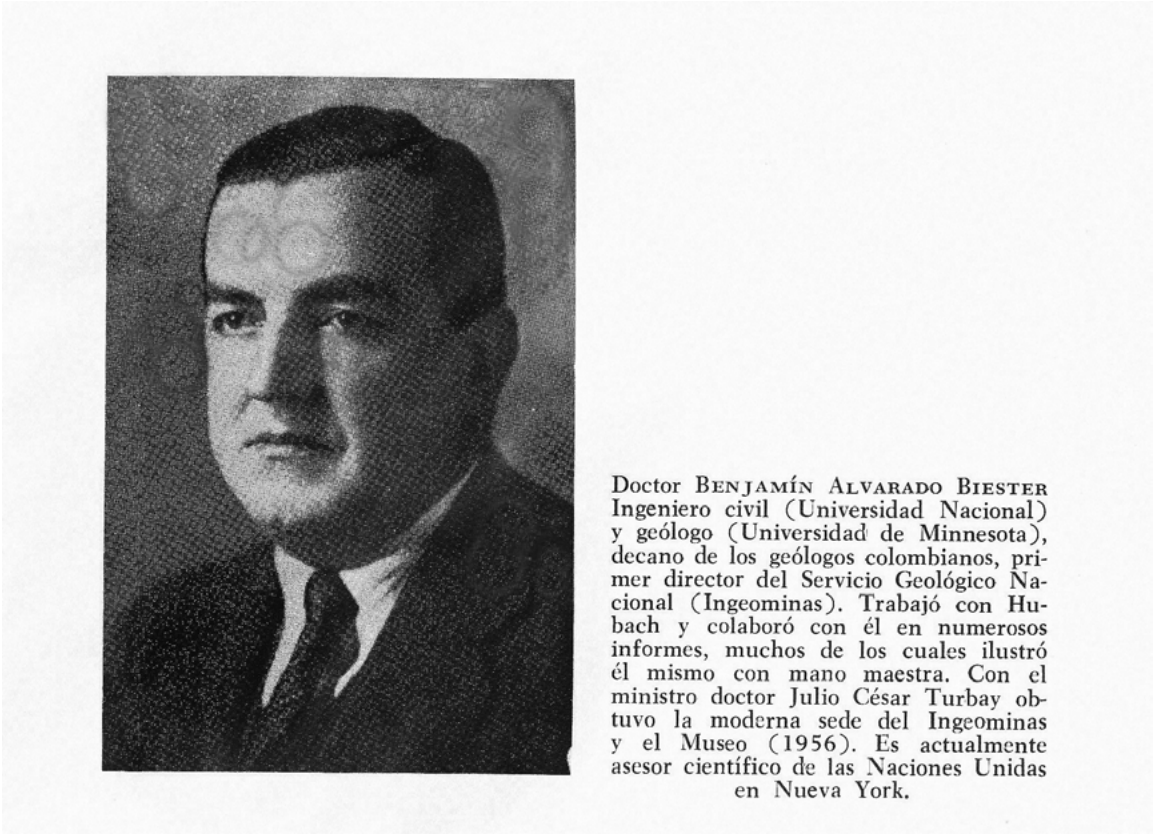
Entre las contribuciones de Hubach, nada despreciable es la organización científica y administrativa que implantó en el Servicio Geológico cuando estuvo a su cabeza, y que hicieron de él una institución modelo no solamente a nivel nacional.

Benjamín Alvarado (1908–1993)

El aporte institucional de Benjamín Alvarado tiene las mismas dimensiones que el aporte científico de Enrique Hubach; además, su contribución científica (hecha en buena parte junto con Hubach) fue también importante.

Benjamín Alvarado nació en Bogotá. Terminados sus estudios de ingeniería civil en 1928 ingresó al Ministerio de Industrias como ingeniero topógrafo y ayudante de geología, trabajo que adelantó hasta 1935. En esa importante época tuvo la suerte de acompañar a Emil Grosse y luego a Enrique Hubach. Con este último tuvo una estrecha colaboración, plasmada en varios trabajos que son ahora clásicos en la geología de Colombia. En 1935 viajó a Estados Unidos a especializarse en geología en la Universidad de Minnesota, donde obtuvo títulos de magister y doctorado en 1937 y 1938 respectivamente. En ese último año regresó a Colombia y fue nombrado primer director del recién fundado Servicio Geológico Nacional.

Hasta 1944, Benjamín Alvarado dirigió el Servicio Geológico. Se retiró para iniciar en el Instituto de Fomento Industrial una serie de estudios fundamentales para el país, aquellos que conducirían a la creación de la siderúrgica de Paz de Río (estudio de los yaci-



Doctor BENJAMÍN ALVARADO BIESTER
Ingeniero civil (Universidad Nacional) y geólogo (Universidad de Minnesota), decano de los geólogos colombianos, primer director del Servicio Geológico Nacional (Ingeominas). Trabajó con Hubach y colaboró con él en numerosos informes, muchos de los cuales ilustró él mismo con mano maestra. Con el ministro doctor Julio César Turbay obtuvo la moderna sede del Ingeominas y el Museo (1956). Es actualmente asesor científico de las Naciones Unidas en Nueva York.

Retrato de Benjamín Alvarado, primer director del Servicio Geológico Nacional. Durán (1974).

mientos de hierro, carbón, caliza y arcillas en la zona). Establecida la siderúrgica Paz del Río en 1948, fue nombrado su geólogo jefe y subgerente técnico, cargo que ejerció hasta 1957. En ese año se retiró Enrique Hubach del Servicio Geológico y fue llamado por segunda vez a la dirección. Posteriormente, de 1958 a 1960, fue experto de las Naciones Unidas en Uruguay. Tras unos años como consultor independiente regresó a las Naciones Unidas como consejero técnico en geología y minería en la sede de Nueva York en 1966, donde permaneció hasta 1973. A partir de entonces, hasta su muerte, fue geólogo consultor con sede en Bogotá.

Benjamín Alvarado fue autor de 280 trabajos: 140 sobre geología económica, 64 sobre ingeniería geológica y los demás sobre geología general y del petróleo. De ellos, 31 fueron publicados en la *Compilación*. En el campo de lo aplicado, sobresalen los relacionados con Paz de Río; en geología básica, aquellos escritos en compañía de Enrique Hubach, especialmente el que trata sobre la Geología del Valle del Cauca y el Cauca (Informe 234) y La altiplanicie de Paletará (departamento del Cauca) publicado en 1945 en la *Compilación*.

Colombia debe a Benjamín Alvarado grandes contribuciones, entre las cuales sobresalen la fundación y organización del Servicio Geológico, y la ejecución de los estudios conducentes a la creación de Acerías Paz del Río, así como su activa participación en la organización de esa empresa. Los méritos anteriores fueron considerados dignos de ser recompensados con la Cruz de Boyacá, orden que se otorga a los grandes servidores de la patria y le fue entregada por el Gobierno Nacional al inaugurarse Acerías Paz del Río.

Hans Bürgl (1907–1966)

Al tomar la dirección del Servicio Geológico Enrique Hubach, consciente de la necesidad de contar con científicos de alto nivel para desarrollar las diferentes áreas de la geología y la exploración minera, se propone traer al país una serie de expertos extranjeros. En 1951 logra la vinculación del paleontólogo austriaco Hans Bürgl, cuya obra tendrá muy benéficas consecuencias en el desarrollo de los estudios geológicos y mineros, así como en la enseñanza de la geología en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. El doctor Bürgl se integra al Servicio Geológico con veinte años de experiencia en empresas petroleras, después de estudios de geología coronados con un doctorado en la Universidad de Viena.

Dentro del Servicio Geológico correspondió a Hans Bürgl organizar y dirigir la sección de paleontología, en la cual trabajó hasta su muerte sucedida en Bogotá en 1966. Paralelamente, fue profesor de geología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia, y luego en la Facultad de Geología (la que él había contribuido a fundar), donde hizo un aporte muy notable en la formación científica de varias promociones de geólogos.

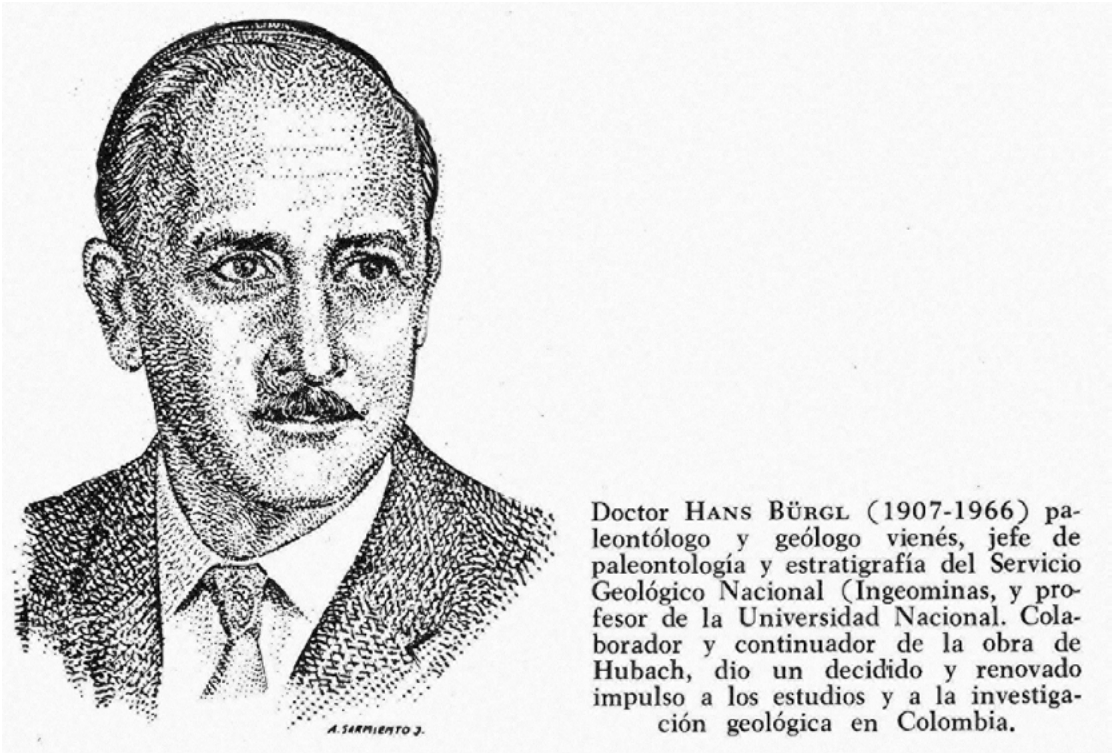
Los trabajos del doctor Bürgl se sitúan en dos campos: la paleontología y la estrati-

grafía, el más importante, y la geología aplicada. Su obra maestra, la *Historia geológica de Colombia,* publicada en 1961 por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, es un trabajo clásico de la geología colombiana, aún valido en muchos aspectos. Publicó además unos quince trabajos en la revista del Servicio Geológico. Los más importantes son: *Catálogos de las amonitas en Colombia*, Parte I, Pulchellidae (1956) *Bioestratigrafía de la sabana de Bogotá y alrededores* (1957) y *Sedimentación cíclica en el geosinclinal cretáceo de la cordillera Oriental de Colombia* (1961a). Una parte de la obra de Hans Bürgl está aún inédita. Un análisis de su contribución, con un listado bibliográfico, fue hecho por Julivert (1968).

José Royo y Gómez (1895–1961)

El geólogo español José Royo y Gómez llegó a Colombia en 1939 con vastos conocimientos y experiencia adquiridos en Europa, especialmente en España y Francia.

Royo y Gómez nació en Castellón de la Plana, provincia de Castellón–Comunidad Valenciana, el 14 de mayo de 1895. Se graduó como doctor en ciencias naturales en 1921 en la Universidad de Madrid,



Retrato de Hans Bürgl, paleontólogo y geólogo austríaco que fue jefe de la Sección de Paleontología y Estratigrafía del Servicio Geológico Nacional. Sobre todo hizo aportes en la bioestratigrafía de amonitas de Colombia. Durán (1974).

con Premio Extraordinario. Se especializó en paleontología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales en Madrid; en el mismo museo fue profesor de mineralogía y geología desde diciembre de 1922, dirigiendo simultáneamente las secciones de Paleontología y de Geología. Fue agregado al Instituto Geológico de España para la preparación del Mapa Geológico de ese país.

Entre 1937 y 1939 fue director del Museo de Antropología, Etnografía y Prehistoria de Madrid; fue miembro del Consejo de Minas y vicesecretario de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Había sido vicepresidente de la Sociedad Geológica de Francia en 1927 y director general de minas de la República Española en 1936–1937. Entre los cargos honoríficos ocupados por José Royo y Gómez están los de secretario adjunto de la Sociedad Española de Historia Natural y secretario de la Sección de Ciencias del Ateneo Científico y Literario de Madrid. Adelantó investigaciones geológicas en Portugal, Francia, Suiza, Alemania, Bélgica e Inglaterra.

Royo y Gómez emigró a Colombia al final de la Guerra Civil Española, en 1939, año en que precisamente inició labores el Servicio Geológico Nacional, al cual entró como jefe de la sección de Paleontología y Estratigrafía el 27 de abril del citado año. Sus actividades fueron muy variadas; su experiencia anterior y su formación básica lo llevaron a ocuparse permanentemente de las colecciones paleontológicas, y a organizar y dirigir durante varios periodos el Museo Geológico, hoy Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez. En el Museo está, sin duda, su mayor contribución a la geología colombiana y al país en general. Pero esta contribución no fue la única; sus estudios geológicos fueron numerosos e importantes, tanto en los temas básicos como en los aplicados. Recorrió muchas regiones del país en exploraciones geológicas básicas y en busca de recursos minerales. Todo ese trabajo quedó plasmado en gran cantidad de informes publicados en la *Compilación* o recogidos en la biblioteca del Servicio Geológico y en el Mapa Geológico de Colombia. Este último fue publicado en 1944 con autoría del Servicio Geológico, y fue en buena parte obra suya. Con esa contribución el Servicio Geológico obtuvo el Premio Lorenzo Codazzi, otorgado por la Sociedad Colombiana de Ingenieros en 1945. También debemos a Royo y Gómez la primera bibliografía geológica de Colombia, publicada en el tomo VI de la *Compilación*.

Se conocen noventa y seis estudios geológicos escritos por Royo y Gómez sobre diversas regiones colombianas y con varios enfoques. En el Museo Geológico dejó documentos valiosos, incluido material fotográfico clasificado; todo fue catalogado por Espinosa (1995) como Fondo Documental Royo y Gómez.

En 1951 el doctor Royo y Gómez se estableció en Venezuela y en la Universidad Central, en Caracas, siguió ejerciendo sus actividades de investigación y docencia hasta 1961, año en que murió. En Venezuela, lo mismo que en Colombia, dejó una obra importante.

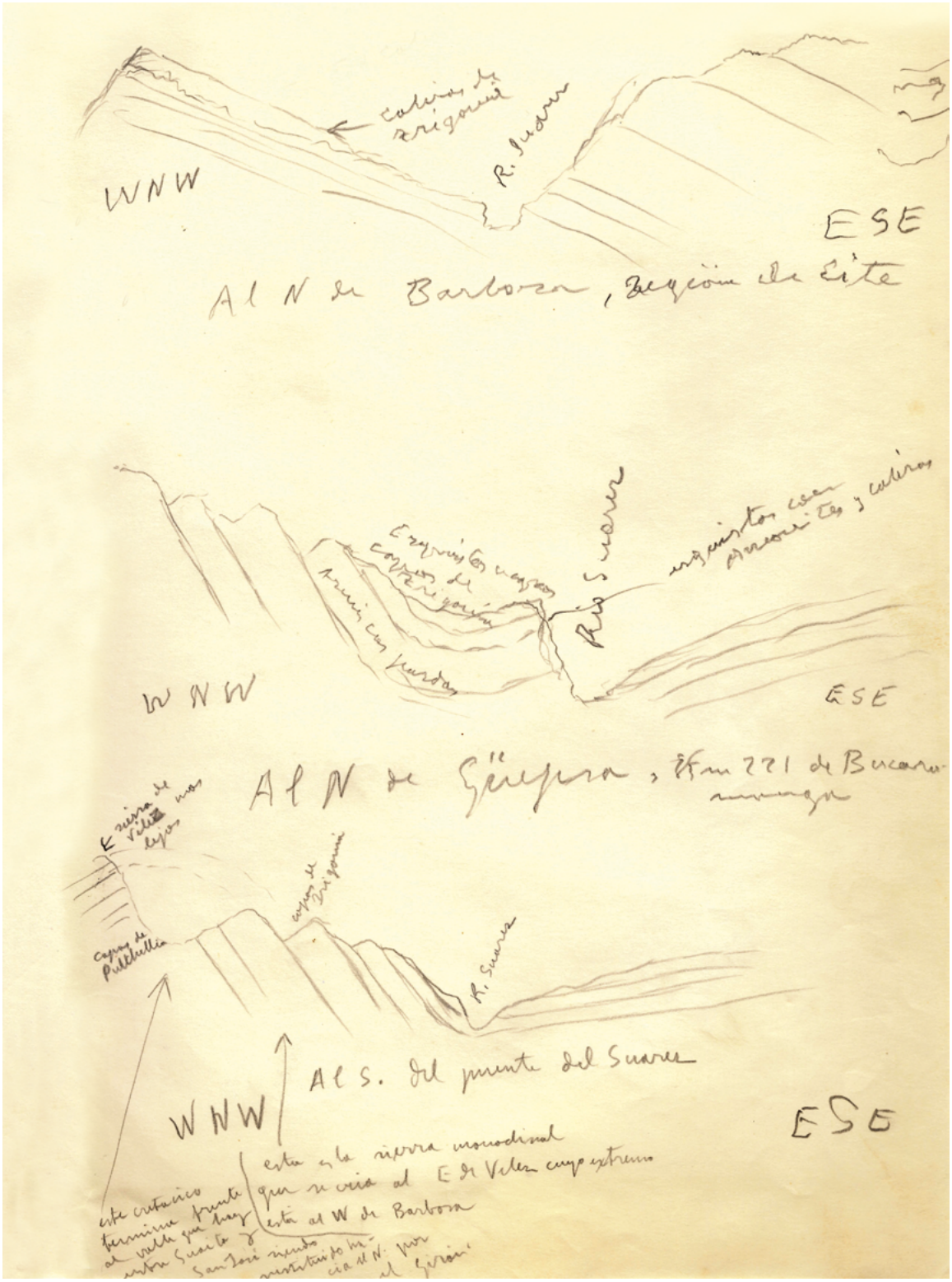
Con ocasión del centenario del nacimiento de José Royo y Gómez en 1995, varias

celebraciones fueron organizadas en España y en Colombia. El tomo XXII de la *Compilación* fue dedicado a algunos de sus más importantes trabajos hasta entonces inéditos. El tomo incluyó un artículo sobre su vida y su obra (Espinosa, 1995). En un acto oficial organizado por el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS), el Museo Geológico Nacional recibió el nombre de Royo y Gómez.

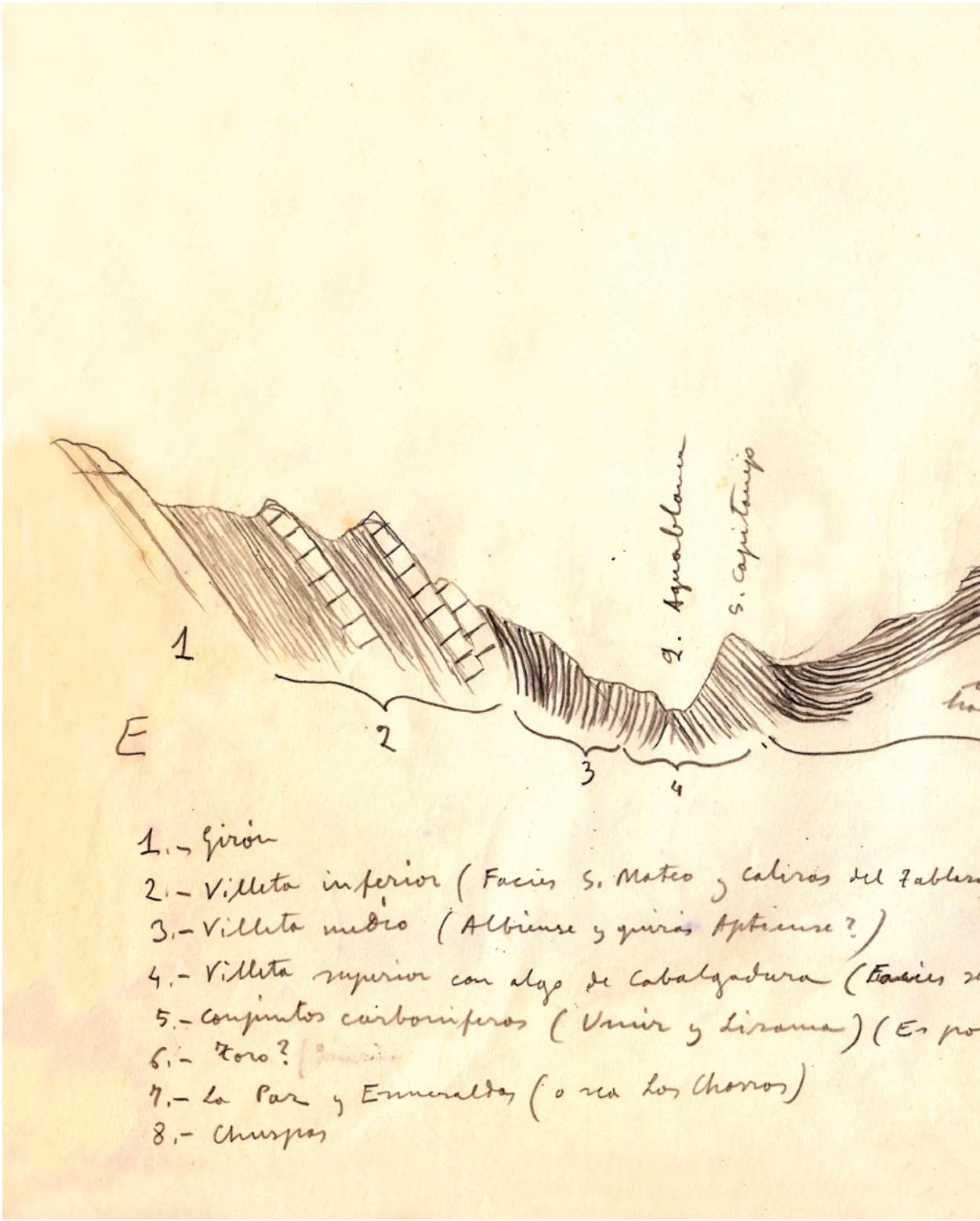
Benjamín Alvarado (1961), en un obituario de Royo y Gómez, le describe como "un excelente amigo, un caballero a carta cabal, un compañero inmejorable y un verdadero admirador de nuestro país que llegó a amar como a su segunda patria". Quien esto escribe pudo, por su parte, al estudiar todos los materiales que hoy conforman el Fondo Documental Royo y Gómez, admirar el extraordinario rigor científico de su autor, su impecable sentido de la organización y la total dedicación a su obra científica.

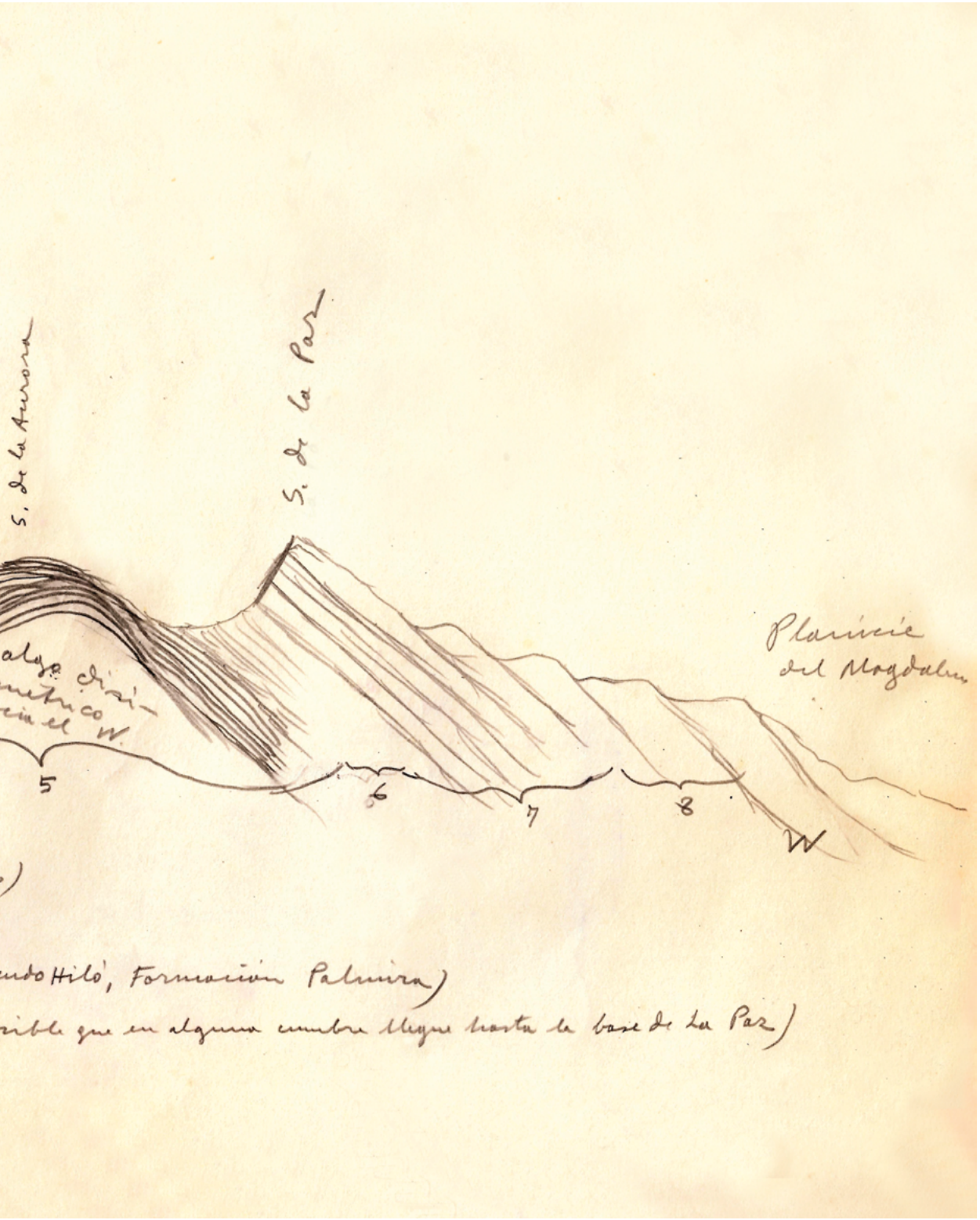


Despedida de José Royo y Gómez del Museo Geológico Nacional en 1951; fotografía tomada en los locales del Museo Geológico. Royo y Gómez está sentado tercero de izquierda a derecha.



Páginas de la libreta de notas de campo de José Royo y Gómez.
Fondo Documental Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano.


E
1
2
3
4
9. Aguablanca
S. Capistrano
1.- Girón
2.- Villeta inferior (Facies S. Mateo y calizas del Tabler
3.- Villeta medio (Albiense y quizás Aptiense?)
4.- Villeta superior con algo de Cabalgadura (Facies
5.- conjuntos carboníferos (Umir y Lisama) (Es po
6.- Toro?
7.- La Paz y Esmeralda (o sea los Chorros)
8.- Churuspa



Páginas de la libreta de notas de campo de José Royo y Gómez.
Fondo Documental Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano.

Thomas Van der Hammen (1924–2010)

Especialista de la palinología, empezó a trabajar en Colombia en la época de Enrique Hubach y lo siguió haciendo hasta su muerte ocurrida en Chía (Cundinamarca) el 10 de marzo de 2010. Su contribución fue decisiva para resolver grandes problemas estratigráficos del Cretácico y el Cenozoico colombianos. Sus publicaciones son numerosísimas; una parte de ellas ha aparecido en el *Boletín Geológico*, revista del Servicio Geológico de la que se hablará más adelante y que 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.

Con ocasión de su fallecimiento, la revista *Geonotas,* de la Sociedad Colombiana de Geología, publicó un breve resumen de su vida y de su desempeño profesional. Thomas Van der Hammen nació en Schiedam (Holanda) el 27 de septiembre de 1924. Estudió geología en Leiden, con énfasis en paleontología y botánica, y en 1951 terminó su doctorado. Ese mismo año viajó a Colombia y se vinculó al Servicio Geológico Nacional donde se desempeñó hasta 1959 como jefe del Departamento de Palinología y Paleobotánica. Fue cofundador de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá, en la cual fue profesor de palinología, paleobotánica y geología física. Dirigió más de cincuenta tesis de doctorado, publicó cerca de cuatrocientos trabajos científicos, fue coeditor de *El Cuaternario de Colombia*, de *Estudios de ecosistemas tropandinos* y de *Estudios en la Amazonía colombiana*. Fue miembro del consejo editorial de las revistas *Phytocoenologia, Acta Botánica Mejicana* y *Journal of Nature Conservation*.

Thomas Van der Hammen fue miembro de número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y recibió varios reconocimientos científicos, entre ellos el Premio Luis Guillermo Durán–Padre Jesús Emilio Ramírez (2007), otorgado por la Sociedad Colombiana de Geología a destacados geólogos colombianos.

Robert Wokittel (1893–1970)

El geólogo alemán Robert Wokittel jugó un papel importante en la geología en Colombia, primero como profesor de la Escuela Nacional de Minas de Medellín, y luego como geólogo del Servicio Geológico durante el periodo de Enrique Hubach.

Robert Wokittel fue alumno de la Universidad Técnica de Berlín en la que 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 del 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 Robert 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 está reunido en el tomo X de la *Compilación*, publicado en 1960 bajo el título de *Recursos minerales de Colombia*.

Hans Wolfwanfg 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*.

Henri Cornelis Raasveldt

Tuvo el mérito de introducir en el país las nuevas técnicas de fotointerpretación geológica.

Los ingenieros–geólogos colombianos

Este grupo constituyó la base del Servicio Geológico. Eran todos ingenieros civiles o de minas y se especializaron en geología a nivel de magister o de doctorado en universidades norteamericanas entre 1940 y 1945. Son ellos Hernán Garcés, Gilberto Botero, Fernando Paba Silva, José Sandoval, Gilberto Manjarrés, Roberto Sarmiento y Vicente Suárez. La mayoría de ellos se especializaron en la Universidad de Chicago.

Resultados del Servicio Geológico Nacional

Los logros alcanzados por el Servicio Geológico en sus treinta años de historia fueron muy notables; varios de ellos tuvieron importancia a nivel nacional e incluso internacional. Fue tan grande el impacto del Servicio Geológico en la vida nacional que durante varios periodos de su historia no llevó ese nombre y, sin embargo, no se logró que los nuevos nombres entraran en uso corriente, incluso a veces en el ámbito oficial. En 1961, por ejemplo, su nombre es División de Estudios Geológicos, del Ministerio de Minas y Petróleos y, en su informe anual al ministro, el director anota que, aunque se le ha cambiado el nombre oficial, seguirá llamándole Servicio Geológico en todo el informe, y así lo hace.

No es tarea fácil relacionar los resultados del Servicio Geológico Nacional. Para resumirlos haremos resaltar su contribución al desarrollo del país, los grandes proyectos que ejecutó, sus publicaciones y sus informes más relevantes.

El Servicio Geológico Nacional, una institución al servicio del país

Quizás raras veces en la historia de Colombia una institución ha estado tan decididamente asociada al desarrollo del país como lo estuvo el Servicio Geológico. No es ninguna exageración decir que los grandes proyectos nacionales de los años cuarenta y cincuenta fueron liderados por el Servicio Geológico.

La creación de Acerías Paz del Río, la reversión de las primeras concesiones petroleras, el hallazgo de yacimientos de fertilizantes, calizas, hierro, carbón y otros, los estudios básicos para la construcción de represas hidroeléctricas, y el trazado de carreteras y vías férreas son los principales ejemplos de contribución del Servicio Geológico al progreso de Colombia, sin mencionar estudios básicos hechos en aquella época, que más tarde fueron fundamentales para el país, como es el caso de los adelantados sobre los carbones de El Cerrejón.

Hasta el 26 de agosto de 1951, cuando el país asume la administración de la primera concesión petrolera (la Concesión De Mares, revertida al terminar el contrato con la Tropical Oil Company), los asuntos petroleros habían estado en manos del Servicio Geológico Nacional. A esta importante página de la historia nacional no se ha dado quizás la importancia que realmente tuvo. El país no estaba preparado para enfrentar la exploración petrolera, menos para tomar en sus manos la explotación de un yacimiento, y las empresas extranjeras no tenían ni obligación ni interés en capacitar al personal colombiano. Fue una obra de titanes la que emprendieron los geólogos del Servicio Geológico, guiados por Benjamín Alvarado para obtener información y asesorar al Gobierno en ese momento histórico. Con toda razón, Benjamín Alvarado consideraba que su intervención en la reversión de la Concesión De Mares había sido una de sus mayores contribuciones al desarrollo del país. Correspondió también al Servicio Geológico, durante todo ese periodo, evaluar los informes técnicos rendidos por las compañías que explotaban petróleo o que solicitaban una concesión, y adelantar trabajos de exploración.

En la exploración de recursos minerales esta sin duda la contribución más notable del Servicio Geológico. En ese tema, la institución estuvo siempre muy consciente de su papel y así lo expresaron siempre sus directivas. En 1942, por ejemplo, el doctor Benjamín Alvarado Biéster, director del Servicio Geológico, en su informe anual al Ministro de Minas dice:

> La actual emergencia internacional ha venido a poner de presente la necesidad de dirigir los esfuerzos del Servicio Geológico primordialmente hacia la búsqueda y prospección de yacimientos de minerales metálicos y no metálicos, especialmente de aquellos de aplicación como materias primas en las industrias extractivas. Consciente de esta necesidad, el Servicio Geológico, debido a su escaso personal, ha tenido que salirse un tanto del ideal de organización que debería tener esta entidad en un país cuyo territorio está geológicamente casi desconocido, pues lógicamente debería comenzarse por la verificación de estudios regionales para confeccionar un mapa geológico que sirviera de base para los estudios de orden minero, que tal mapa automáticamente vendría a indicar. Es por esta razón, que el Servicio ha venido dirigiendo todos los esfuerzos hacia la geología económica, sin prescindir, naturalmente, de la parte

de geología areal, de la Paleontología y de la Petrografía indispensables para llegar a conclusiones científicas en los estudios de prospección.

La importancia dada por el Servicio Geológico a la exploración de recursos mineros se tradujo siempre en su estructura interna, donde la sección de geología económica ocupó siempre un lugar destacado. Se exceptúa la época de Enrique Hubach en la cual se insistió en los estudios básicos, porque además los grandes blancos de los años cuarenta ya habían sido alcanzados.

Fuera de los grandes proyectos que se comentarán más adelante, hay que destacar las exploraciones regionales de carácter general adelantadas por el Servicio Geológico. Aunque estas no tuvieron la resonancia que sí tuvieron algunos otros proyectos, no se debe olvidar que fueron muy importantes para el desarrollo regional, y a veces nacional. Algunos ejemplos son el estudio de materiales para cerámica en Antioquia realizado entre 1939 y 1940, la exploración de minerales de hierro en Cundinamarca y Boyacá, la búsqueda de calizas en Boyacá y en la Costa Atlántica, y las exploraciones de rocas fosfóricas en Boyacá y el Huila. También hay que anotar que los geólogos del Servicio Geológico visitaban las ocurrencias minerales que eran señaladas, con frecuencia por particulares, en busca de prospectos de interés. Los resultados no se hicieron esperar; buen número de yacimientos explotados posteriormente en el país fue resultado de las exploraciones del Servicio Geológico.

Las contribuciones del Servicio Geológico en todos los problemas de ingeniería geológica son otro aspecto muy relevante. Más de un acueducto debe sus estudios previos al Servicio Geológico; este acudía a atender los deslizamientos que le eran señalados, y en los años 1940–1950 fueron frecuentes, y a veces bastante graves. Los estudios para la construcción de represas hidroeléctricas y de vías de comunicación son bastante numerosos. Las intervenciones del Servicio Geológico en los desastres de origen geológico son señaladas más adelante en este capítulo.

Grandes proyectos del Servicio Geológico Nacional

Entre los numerosos proyectos ejecutados por el Servicio Geológico, muchos tuvieron alcances significativos y desembocaron en grandes realizaciones técnicas a nivel nacional. En el momento en que se crea el Servicio Geológico Nacional, el Gobierno crea también el Instituto de Fomento Industrial (IFI), institución que recibe como misión impulsar proyectos para el desarrollo industrial del país. La colaboración entre el Servicio Geológico y el IFI, muy intensa en las tres décadas de historia del Servicio Geológico, es una de las páginas importantes de su historia. Esa colaboración se planteó desde el momento de creación de las instituciones, como se observa en el informe del director del Servicio Geológico correspondiente al perído junio de 1940–junio de 1941:


Sierra de
Alto de la Moya
Alto de 3.100
Sierra de Cota
Sierra de Pan de Azúcar
Alto de la
Río Bogotá
Loma de Subana
Guadalupe supe
Guadalupe medio
Sierra de Bogotá
El Chicó
W Q. de Rosales



Perfil geológico de los cerros orientales hecho por José Royo y Gómez para los estudios de fuentes de agua para Bogotá (esta se ve en la parte derecha).
Fondo Documental Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano.

> Puesto que el Servicio se ha orientado a la prospección de minerales económicos y el Instituto de Fomento Industrial entre otras cosas, se halla interesado en el fomento de la explotación de nuestros recursos minerales, creo por demás ponderar aquí la importancia de establecer entre las dos entidades la mayor colaboración posible. Así lo ha creído el suscrito desde un principio y ha procurado colaborar con el Instituto de la forma más amplia y completa que sus conocimientos profesionales y de la geología local le han permitido. Estudiar los yacimientos minerales sin propender por su desarrollo comercial sería una labor incompleta de parte del Gobierno, como lo sería, a su vez, tratar de fomentar la explotación comercial de un yacimiento cuyas características de calidad y potencialidad son desconocidas.

La cooperación IFI–Servicio Geológico fue definitiva para Colombia, ya que gracias a ella se impulsaron proyectos que eran una necesidad urgente para el desarrollo y la industrialización del país. Entre ellos hay que mencionar especialmente la exploración de hierro que permitió la creación de la primera gran siderúrgica nacional, la exploración de calizas en el oriente del país, los estudios conducentes al montaje de la planta de soda y los primeros estudios sobre el carbón de La Guajira.

La exploración de hierro, carbón, caliza y arcilla en la región de Paz de Río fue solo el paso final de un gran proyecto llevado a cabo durante varios años en Cundinamarca y Boyacá, con el objetivo concreto de crear una gran siderúrgica. Ya en el informe del primer año de actividades el director del Servicio Geológico señala la iniciación de exploraciones, a cargo de él mismo, para buscar hierro. Se empiezan a trabajar las áreas más cercanas (La Calera, Sopó, Subachoque y otras) y sucesivamente se van descartando. Durante el proceso el ingeniero Olimpo Gallo trae muestras del área de Paz de Río y se inicia entonces un proceso de exploración, localización y evaluación del yacimiento. En todas las etapas la intervención del Servicio Geológico, y de Benjamín Alvarado personalmente, estuvo en primera línea. Como todos sabemos, después de años de trabajos preparatorios, Acerías Paz del Río es inaugurada el 13 de octubre de 1954.

La exploración de calizas en Boyacá fue otra empresa en la cual el Servicio Geológico estuvo directamente involucrado. Los esfuerzos se vieron recompensados con la creación de Cementos Boyacá. Algo similar ocurrió con la Planta de Soda de Zipaquirá. De especial interés histórico es la intervención del Servicio Geológico en la exploración del carbón en el área de El Cerrejón. La zona es objeto de un estudio geológico básico en los años 1941 y 1942 (Comisión Geológica del Magdalena a cargo del geólogo Víctor Oppenheim). En sus informes, el Servicio Geológico señala que los depósitos de carbón de El Cerrejón (que ya eran conocidos desde el siglo pasado pero no tenían ningún estudio de evaluación) presentan gran interés económico. El Servicio Geológico y el IFI se



EL TIEMPO

DIARIO NATIONAL. FUNDADO EN 1911
Fundador: A. Villegas Restrepo, 30 Enero 1911 a 30 Junio 1913 — Gerente: Fabio Restrepo, 16 Enero 1913 a 18 Septiembre 1945
Director Propietario: Eduardo Santos 1913
Director: Roberto García-Peña
Gerente: Abdón Espinosa

EL TIEMPO ES UN DIARIO LIBERAL AL SERVICIO DE LA PATRIA Y DE LA JUSTICIA, QUE LUCHA PORQUE LOS PRINCIPIOS DEMOCRATICOS QUE LA CARTA DE LOS DERECHOS HUMANOS CONSAGRA SOMO FUERO DE LOS PUEBLOS LIBRES SEAN UNA REALIDAD SEGURA PARA TODOS LOS COLOMBIANOS

POR AVION VIA AVIANCA — Apartado Nacional Aéreo 334 3633 — BOGOTA, COLOMBIA — 1954 — OCTUBRE 11 LUNES — Registrado para Exito Reducido en el Servicio Postal Interior. Licencia Nº 18. — AÑO 44 — No. 15.478 — 24 Páginas

DEPORTE POPULAR

BOGOTA.—Ayer se inició el torneo atlético obrero, bajo la organización de Prodes. En la gráfica aparece el cua'tro gran ciclista Marco Gutiérrez, una vez campeón de velocidad y ahora dedicado al atletismo. Pues para clasificar ganador en la eliminatoria de 80 metros, este el entusiasmo de un chiquillo bajo de tono de los participantes, que agita el sombrero, esperando el triunfo que viene no pues recaudado. (Foto EL TIEMPO, de Cascabuenas).

Que el Salario Familiar se Principia a Estudiar Hoy, Declaró el Ministro

Se estudiará el Decreto 617 para someterlo a revisión.—Se creará Instituto de Capacitación Obrera.

La Exposición de Flores se Inicia el 16 en Manizales

Delegados de Bogotá asistirán al certamen nacional.

La Misión Francesa Llega Hoy a Bogotá

La componen el Ministro de Aviación y cuarenta personajes más. El viaje a Belencito.

2.000 Invitados a la Inauguración de Paz de Río

El Presidente Rojas y el Ministro Francés Presidirán los Actos

Lujosa delegación extranjera se hará presente.—Hoy llegan a Bogotá la mayor parte de los invitados.—El programa.

La XI Asamblea de la SIP se Reunirá en Nueva Orleans

Elegido Presidente para 1955.

Varias Provincias Visita Ahora el Comité de Acción Santandereana

Visitaron San Gil, El Socorro y Charalá.—Grande entusiasmo en todos los sectores de Santander.—Discursos de los miembros del Comité.—Se plantean soluciones a numerosos problemas.

Fue Condenado a Muerte el Ex-Canciller Persa, Fatemi

Fue quien ejerció las funciones de Ministro de Relaciones Exteriores durante el Gobierno de Mossadegh.

A Causa de la Diplomacia Queda Desintegrado el Diconservador

Sólo quedan actuando los doctores Pérez y Albornoz.—Los ausentes. Los amigos de Ospina trabajan su jefatura única.—El viaje de Alzate Avendaño y su repercusión política.

Completo Orden en las Elecciones de Ayer en Honduras

Derrota Laborista en el Estado de Río Grande Do Sul

Los Elecciones en Brasil

Pío XII Estudia el Nombramiento de Tres Cardenales

El Estatuto del Empleado Público se Halla ya Listo

Empleado para Oficina
SE NECESITA.

EL SEÑOR DON JORGE GUTIERREZ VALENZUELA
DESCANSO EN LA PAZ DEL SEÑOR
San Diego

HUEVOS FRESCOS

LA EMPRESA SIDERURGICA NACIONAL DE PAZ DE RIO, S. A.
(ACERIAS PAZ DE RIO, S. A.)

Los Fabricantes del Vino "ORO VIEJO" y de las Pastas Alimenticias "GAVASSA"

EL INSTITUTO NACIONAL DE FOMENTO MUNICIPAL
AVISA:
Que tiene abierta la Licitación número 2-448 por tubería y accesorios de acero con destino al acueducto de Guateque (Boyacá).
Los pliegos de cargos pueden solicitarse en la calle 12, número 9-34. Oficina 605.

SAN ANDRES GOLF CLUB
Con motivo de la entrega de trofeos el 12 de octubre se servirá en el Club una ternera a la llanera.
La Junta invita a los socios y sus familias.

EL EMBAJADOR DE ESPAÑA Y LA SEÑORA DE ALFARO Y POLANCO
FIESTA DE LA RAZA

PAZ DEL RIO
se permite avisar a sus invitados a la
Inauguración de la Planta de Belencito
que deben presentar las respectivas invitaciones a la entrada a la Planta.

VENDEDORES
EQUIPOS PARA OFICINA

MUY HABIL INGENIERO DE VENTA
con experiencia y bien introducido en la industria, contratistas y constructores. Necesitase para empresa importante.

El Director de la División de Extensión Cultural del Ministerio de Educación Nacional
El Consejo Directivo y el Director Titular de la Orquesta Sinfónica de Colombia
Impresionan "DARO"
Organización de Conciertos Gérard
se permiten invitar a recibir al eminente Compositor y Director de Orquesta
PAUL HINDEMITH
quien llegará hoy Lunes, a las 5 p. m., al Aeropuerto de Techo.

PAZ DEL RIO
se permite avisar a sus invitados a la
Inauguración de la Planta de Belencito

SINUSITIS sin operación - Curación y operación AMIGDALAS

A LOS DROGUISTAS DEL PAIS
PECTORAL SAN ANDRES DE ZOILO RUIZ A.
FIDEL QUINTERO RUBIO.

INTERNATIONAL GENERAL ELECTRIC, S. A. (INC.)
DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA
Y LA
COOPERATIVA DE MUNICIPALIDADES DE CALDAS LTDA
Ponen a la disposición de los dueños de maquinaria
Caterpillar
su almacen de repuestos legítimos Caterpillar en
MANIZALES
Calle 23 Carreras 20 y 21
No se deje engañar: exija siempre repuestos legítimos
Caterpillar

El 11 de octubre de 1954, el diario *El Tiempo* de Bogotá anuncia la inauguración de la siderúrgica de Paz de Río en su primera página (arriba y a la derecha).

interesan en el tema y se inician estudios, más tarde completados por Enrique Hubach por solicitud del IFI, que a la postre permitirán el desarrollo de la gran minería del carbón que hoy conocemos en La Guajira.

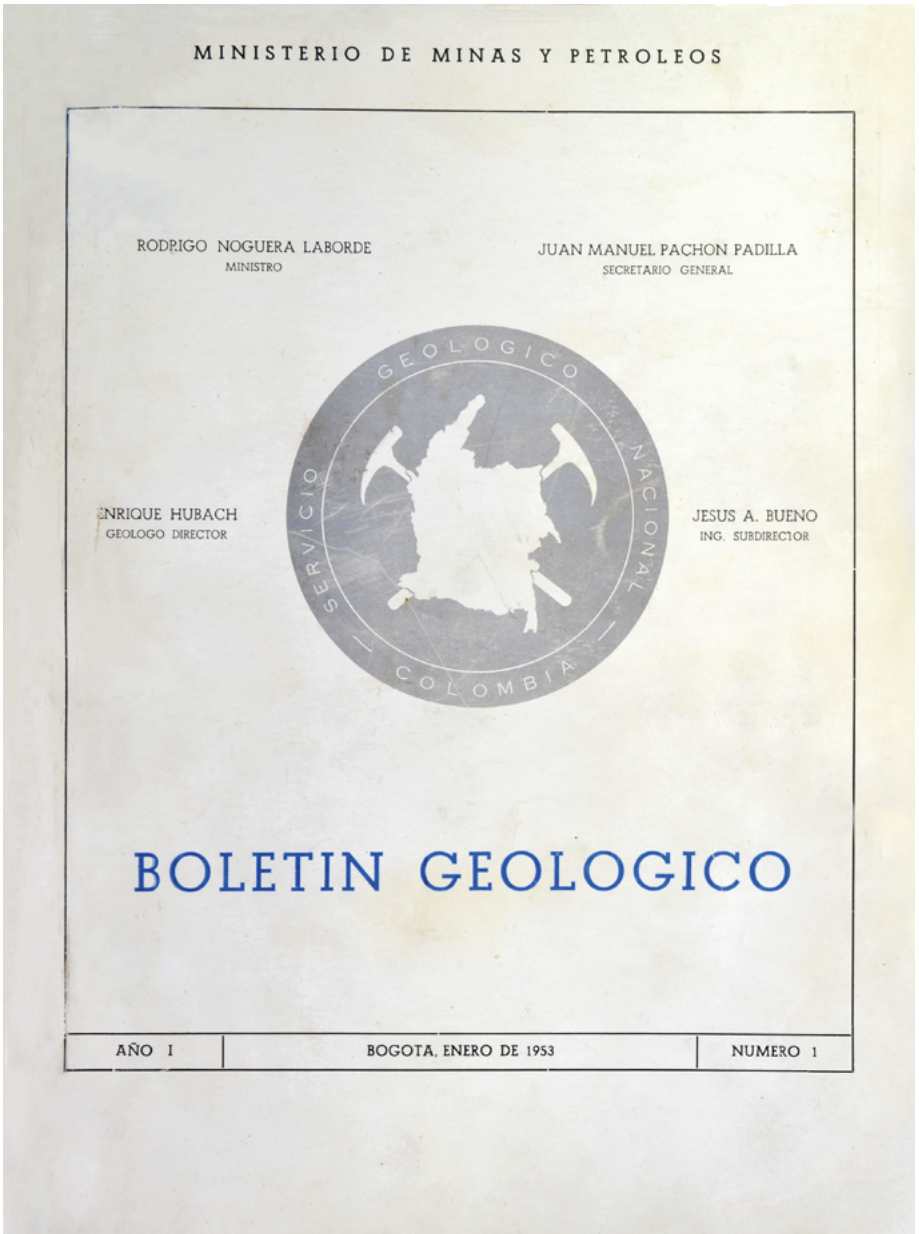
Publicaciones del Servicio Geológico Nacional

Al iniciar sus actividades en 1939, una de las primeras inquietudes del Servicio Geológico es la de difundir los resultados de sus trabajos para que estos sean de verdadera utilidad para el país. Así lo expresa su director en sus primeros informes. La nueva institución encuentra, además, un cúmulo de informes de la Comisión Científica Nacional, muchos de ellos de gran valor científico o de mucha utilidad práctica. Sobre el asunto, el doctor Benjamín Alvarado en el informe de labores del Servicio Geológico correspondiente al periodo 1940–1941 anota:

> Considero que una de las principales labores del Servicio Geológico es la de dar a la publicidad los informes de los trabajos que se verifiquen o que se hayan verificado por la antigua Comisión Científica Nacional. En la actualidad reposan en el archivo del Servicio más de 100 informes inéditos, que ningún servicio le prestan al país en el lugar donde están. Igual cosa puede decirse en relación con muchos informes publicados en boletines, memorias, y hoy agotados. Por este motivo, el suscrito se ha preocupado por preparar el mayor número de estos informes, en forma de poderlos publicar posteriormente en la Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, publicación esta que se halla suspendida desde hace varios años y que, en mi concepto debe continuarse como órgano único del Servicio.

La primera tarea del Servicio Geológico en materia de publicaciones resulta ser entonces la de revisar y dar a conocer una parte de los resultados de la Comisión Científica Nacional. De hecho, algunas publicaciones valiosas en geología básica de Colombia hechas entre 1940 y 1950 corresponden a trabajos ejecutados varios años antes. Es el caso de *La altiplanicie de Paletará* de Enrique Hubach y Benjamín Alvarado, publicado más de diez años después de su ejecución y que aún hoy en día conserva validez en muchos aspectos. Sin embargo, la información producida por el Servicio Geológico es tan abundante que colma rápidamente la capacidad de las publicaciones.

Para difundir los resultados de la Comisión y los que va produciendo el Servicio Geológico se decide continuar la excelente serie de la *Compilación* de la cual, como hemos visto, se publicaron cuatro tomos antes de 1939. Durante catorce años esa publicación sería el principal órgano de difusión del Servicio Geológico. El tomo V se da a la luz en 1942, el VI en 1945, el VII en 1947, el VIII en 1950 y los IX y X en 1960. En ellos van apareciendo los informes de los diferentes proyectos del Servicio Geológico,



Primer número del *Boletín Geológico* (año I, número 1), 1953.

prácticamente al terminar cada uno de ellos, y se les intercalan trabajos anteriores de la Comisión Científica Nacional.

En 1953 el Servicio Geológico, entonces Instituto Geológico Nacional, inicia la publicación de la serie *Boletín Geológico*, que ha seguido apareciendo hasta nuestros días. En la época del Servicio Geológico se llega hasta el volumen XVI, que sale a la luz en 1968 y es la última publicación del Servicio Geológico. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS) publica el volumen XVII en 1969 y continúa la serie.

El *Boletín Geológico*, fiel a la imagen de su fundador (Enrique Hubach), inaugura un nuevo tipo de publicación que va a perdurar hasta hoy en día, la del artículo científico, concebido este como la síntesis de un proyecto, más que como un informe técnico de él. Además, el *Boletín* da preferencia a los trabajos sobre geología básica de Colombia, orientación que ha mantenido hasta la actualidad. Paralelamente a la publicación de la *Compilación* y del *Boletín*, el Servicio Geológico participó continuamente con trabajos técnicos en el *Boletín de Minas y Petróleo*. Varios números de esa importante publicación contienen exclusivamente trabajos técnicos del Servicio Geológico.

Principales informes del Servicio Geológico Nacional

La cantidad de informes producidos por el Servicio Geológico es muy grande. En la bibliografía de Venegas (1960) aparecen 1341 informes de los cuales unos 220 son anteriores al año 1939, que arrojaría un número de más de mil informes en veinte años, es decir, más de cincuenta informes anuales. Esa cifra es muy alta si se tiene en cuenta que el número promedio de investigadores raramente sobrepasó diez. Muchos de los informes hicieron aportes al conocimiento del subsuelo del país tanto en aspectos básicos como aplicados. Se destacan los trabajos de Enrique Hubach, Benjamín Alvarado, Hans Bürgl y José Royo y Gómez en geología básica. Los estudios de Hubach y Alvarado resultaron muy importantes para el conocimiento general de la geología del país, especialmente de la parte occidental. De especial interés son *La altiplanicie de Paletará* (*Compilación*, tomo VI) y *Geología de los departamentos de Cauca y Valle, con especial referencia al carbón* (Informe 234). De Enrique Hubach es sobresaliente el Informe 1212, *Contribución a las unidades estratigráficas de Colombia*, publicado parcialmente con el título de *Estratigrafía de la sabana de Bogotá y sus alrededores* (*Boletín Geológico*, volumen 1, 1957a). Hans Bürgl contribuye con su *Historia geológica de Colombia* (*Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, n.º 43, 1961b) y con varios estudios paleontológicos. El Mapa Geológico de Colombia a escala 1:2 000 000, publicado en 1944, fue también una importante contribución del Servicio Geológico.

En la década de los años 1960 a 1970, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas inició la publicación del *Léxico estratigráfico internacional*, proyecto que fue liderado en Colombia por el Servicio Geológico Nacio-



Fotografía de una erupción del volcán Puracé vista desde Popayán en 1946. Fotografía de Vargas, Popayán.

nal. De este queda un volumen publicado en 1968, que sigue siendo una de las contribuciones más notables a la estratigrafía de Colombia.

En geología aplicada son numerosísimos los informes que valdría citar. Los de mayor trascendencia son aquellos que tuvieron que ver con Paz de Rio, El Cerrejón, los carbones de la cordillera Oriental y las calizas en el oriente del país. En 1960 Robert Wokittel resumió el conocimiento general del momento sobre recursos minerales en el tomo X de la *Compilación*, como ya se dijo. En ingeniería geológica el Servicio Geológico hizo también trabajos importantes.

Desastres de origen geológico entre 1938 y 1968

A pesar de que durante las tres décadas de vida del Servicio Geológico Nacional ocurrieron en Colombia seis desastres mayores de origen geológico, y unos veinte intermedios, la institución estuvo muy poco involucrada en estudios anteriores o posteriores a ellos. Las razones vienen de la estructura y de las funciones del Servicio Geológico: ni el país ni la institución tenían a los desastres naturales entre sus temas prioritarios.

La erupción del volcán Puracé en 1949, el terremoto de Arboledas en 1950, el deslizamiento de Medellín en 1954, los terremotos del Viejo Caldas en 1961 y 1962, y el del Huila en 1967 dejaron más de quinientos muertos y enormes pérdidas materiales. No obstante, la erupción del Puracé, que dejó un saldo de 17 muertos y dos heridos, fue tema de observaciones previas y posteriores al evento por parte del geólogo Víctor Oppenheim, quien trabajó con el Servicio Geológico durante varios años. Esas observaciones quedaron plasmadas en un artículo publicado en una conocida revista científica estadounidense (Oppenheim, 1950). El Puracé había tenido una actividad muy intensa durante los años 1940 a 1946.

El Inventario Minero Nacional (1963–1968)

A principio de la década del sesenta, Colombia cuenta ya con una minería de cierta importancia, a tal punto que ya no basta con explorar en busca de determinados recursos sino que el país siente la necesidad de un balance de su potencial minero. Con esa idea, el Gobierno Nacional firma en 1963 un convenio con la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID), que incluye asesoría técnica del Servicio Geológico de los Estados Unidos. Así nace una institución que funciona paralelamente al Servicio Geológico Nacional. Cuenta con unos cuarenta geólogos colombianos y diez expertos extranjeros, y con oficinas regionales en Bogotá, Medellín, Barranquilla y Bucaramanga.

En el cumplimiento de sus funciones, la nueva institución encuentra un obstáculo mayor: la falta de estudios básicos. A pesar del esfuerzo hecho en ese sentido por el Servicio Geológico Nacional en la época de Enrique Hubach, los estudios geológicos



EL TIEMPO

DIARIO MATINAL. FUNDADO EN 1911
Fundador: A. Villegas Restrepo, 30 Enero 1911 a 30 Junio 1913. — Gerente, Fulvio Restrepo, 1o Enero 1913 a 19 Septiembre 1945. Director Propietario: Eduardo Santos, 1913
Director: Roberto García-Peña
Administrador General: Abdón Espinosa

EL TIEMPO ES UN DIARIO LIBERAL PARA EL PUEBLO COLOMBIANO, CONSAGRADO AL CULTO Y DEFENSA DE LA LIBERTAD Y LA JUSTICIA, AL SERVICIO DE LOS PRINCIPIOS EN QUE SE BASAN LAS INSTITUCIONES REPUBLICANAS Y DEMOCRATICAS

Por Avión: Avianca, Lansa, Saeta. — BOGOTA, COLOMBIA — 1950 — LUNES JULIO 10 — Año 40 — No. 13.950 — 24 Páginas

200 MUERTOS POR LOS TEMBLORES

Cinco Poblaciones Destruídas en Norte de Santander

40.000 Damnificados Víctimas del Pánico y la Miseria, Recorren la Zona Afectada por el Sismo

Numerosas poblaciones severamente afectadas.—Llueve intensamente en las zonas devastadas.—La Cruz Roja envía auxilios.—También suevemente ayer tarde.—En Cúcuta no se registraron mayores daños.—Arboledas, Salazar y Cucutilla, destruídas.

Las poblaciones de Arboledas, Cucutilla y Salazar in las Palmas, en el departamento del Norte de Santander, quedaron casi totalmente destruídas por el fuerte terremoto de la noche del sábado. Los cálculos más aproximados hacen subir a 200 el número de muertos, y a más de 500 los heridos. 40.000 damnificados, de acuerdo con el primer informe de la Cruz Roja Nacional, reunidos de la tragedia. Drogas, víveres, vestuario y carpas fueron enviados ayer por la Cruz Roja al lugar de la catástrofe, mientras la ciudadanía toda del país se movilizo en ayuda de los afectados por el desastre. Las fuerzas militares y las autoridades del Norte de Santander están prestando toda clase de ayuda. Los habitantes de Cúcuta, Pamplona y otras ciudades y poblaciones del departamento, durante asombro a la interrupción, de- mo presentían, y el pánico se ha apoderado de todas las personas que viven en la región afectada o cerca de ella. El temblor del sábado se repitió dos veces en el día de ayer, mientras que una lluvia torrencial hace más angustiosa la situación de los damnificados.

A continuación publicamos una relación, lo más exacta posible, de la espantosa tragedia que ha afectado a una próspera región nortesantandereana, y que ha conmovido hondamente a toda la nación:

LA CRUZ ROJA EN ACCION

Ayer mañana, al tener conocimiento del desastre ocurrido en la región de Cucutilla y Arboledas, las direc- ciones de la Cruz Roja Colombiana, que presidió el presidente Jorge Bejarano, inició actividades para ayudar inmediatamente a los damnificados por la tragedia. A las diez de la tarde dentó de Bogotá un avión especial, contratado por la Cruz Roja, llevando a bordo al secretario general del Comando Nacional, señor Lozada, a la enfermera jefe de la Cruz Roja, señorita Benilda Dominguez, y a dos auxiliares y grandes cantidades de vacunas, alimentos, ropas, carpas, drogas y elementos de curitas. En el mismo avión viajaron también varios elementos de la sanidad militar, con el propósito de organizar la tarea de asistencia a los heridos, traslado de los cadáveres y prevención de epidemias. El avión llegó a Cúcuta a las cuatro y media de la tarde, y fue recibido por el personal de la Cruz Roja local con todo el entusiasmo que caracteriza a esa institución en la atención de pánicos y de mi- seria.

(Continúa en la página 22)

Suscripción para los Damnificados Abre Este Diario

Con el propósito de socorrer a todos los seres damnificados que han quedado los damnificados por el terremoto ocurrido ayer destruyó a Arboledas y Cucutilla, en el departamento del Norte de Santander, dejando más de 40.000 damnificados, EL TIEMPO abre desde hoy la suscripción para socorrer dicho- (Continúa en la página 22)

Plaza principal de la población nortesantandereana Arboledas, que quedó prácticamente destruída, por el violento temblor que azotó ayer a esta región.

En este mapa del departamento de Norte de Santander puede verse en un círculo, la región afectada por el terremoto del sábado que ha dejado un enorme balance de muerte, destrucción y miseria.

Suramérica Fue Azotada por 7 Temblores, la Noche del Sábado

Nueva York, julio 9 (U. P.). Los hombres de ciencia informaron hoy que ocurrió un terremoto en California, y una serie de 7 temblores conmovió partes de la América del Sur durante la noche.

El sismo, que duró un minuto, tuvo su centro en el distrito de East Oak Land y 9 kilómetros de Berkeley, California.

Los sismólogos que registraron el temblor en la Universidad de California, dijeron que era de intensidad moderada.

En la Universidad de Fordham, el padre Joseph Lastinch observó que los instrumentos registraron 7 sismos en un período de 8 horas, terminando ayer a las 3.31 p. m.

Los directores de la mayor parte de ellos no fue registrada, pero se cree que 2 ocurrieron a 9.500 kilómetros al sur, o sea, probablemente, en el Ecuador.

Los hombres de ciencia del observatorio de Fordham, en Weston, Massachusetts, informaron haber observado 3 temblores fuertes, y dijeron que hubo actividad sísmica en la frontera común del Ecuador, Perú y Colombia anteriormente.

Una Semana Más de Carnaval en el Hielo, en Bogotá

Los precios serán populares. Anoglará el imposse con Caracas.

Existe "Especialmente Victor Arredondo" y la empresa propietaria del local "Carnaval en el Hielo" se llega ayer a un acuerdo mediante el cual se abrirá en por una semana más el actual "Carnaval en el Hielo", que continuará funcionando en su local de la Plaza de Santander.

Don Víctor Fredriksen y don Joaquín Cuervo Cuervo manifestaron ayer que la nueva semana de "Carnaval en el Hielo" que continuará funcionando en la Plaza de Santander.

TEMPORADA POPULAR

La última semana de "Carnaval en el Hielo" será la primera considerablemente reducidos, pues la empresa aspira a que la mayoría de los residentes en la capital puedan admirar el fantástico espectáculo.

VICTORIAS AMERICANAS EN COREA

Devastadores Ataques de la Aviación y Artillería

El Batallón de EE. UU., Cercado en Puganji, se Abre Paso

Batallas navales libra la escuadra norteamericana.—No es clara la situación en el frente.—Forcialmente detenidos los Rojos.—Escasa actividad aérea de los comunistas invasores.

TOKIO, julio 10 —(AAP)— CUARTEL GENERAL DEL GENERAL MACARTHUR, en Corea: La artillería americana y los tiros de morteros continuaban ayer sin cesar, en el frente de Chonan y posiciones avanza a dos kilómetros.

Al norte de los dos ejércitos, en que ha habido confusión en los operativos del frente, ayer hubo primeros encuentros aéreos y terrestres. Hubo también distinto tiempo a los tanques.

Los aviones de reconocimiento aéreo han en perfecta coordinación con los observadores adelantados y enviaron a los tanques que se retiraban hacia el norte.

En pequeño avión de reconocimiento se mantuvo en contacto por radio con

La artillería, informaban del lugar en que se hallaban dentro de la región, y 7 submarinos fuera de la vista de los aviones.

La aviación comenzó a las nueve de la mañana cuando los aviones concentraron a apoyar los objetivos dados a los aviones en un radio cercano.

El puente, único a los comunicados a retaguardia, desde donde los aviones podían destruir los tanques, fue destruído por bombas de hombre para establecer la dirección en que se encontraban los tanques enemigos, y la artillería pudiera calcular la distancia exacta.

Los aviones dejaron caer bombas de napalm en los objetivos dados a los aviones en un radio cercano.

(Continúa en la página 22)

Esta Edición de EL TIEMPO se Publica Bajo la Censura Oficial

Síntesis de los Hechos:

1. Aunque la situación en el frente de batalla no es del todo clara, los partes del mando norteamericano indican una favorable reunión de las tropas estadounidenses y surcoreanas.
2. Las fuerzas aéreas americanas se mantienen sorprendidas por la enorme actividad aérea desarrollada por el comunismo. Transportadores han sido pilotos bombarderos se han dejado caer tras las líneas de batalla.
3. En el mar, en cambio, se han librado actividades en ambos bandos, y se ahoga que un crucero ligero fue hundido por la artillería enemiga.

Con Certificados de Cambio Importarán los Artículos Básicos

Exclusivamente mercancías del primer grupo.—En vigencia, formula para cupos comerciales.—Tres porcentajes establecía el control. Preferencia de importación para metales y productos químicos.

COMPRO Edificio Apartamentos
PARA ESTRENAR
COMPRAMOS
OCASION!
JARCANO
LOCAL
VENDEMOS
Comerciantes Damnificados del Nueve de Abril.
Espléndido Departamento Duplex
Ferias en NEIVA
MISA SOLEMNE
MARCO J. RAMIREZ
HONRAS
ALBERTO LIEVANO DE LA TORRE
Chloromycelin
10 POR CIENTO
BANCO DE BOGOTA
ASAMBLEA GENERAL DE ACCIONISTAS
FABRICA DE YESOS "LA ROCA"
AVISA A SU DISTINGUIDA CLIENTELA
USE SIEMPRE CAMISAS DE SPORT Vanidad
COMPRAMOS FIQUE
PONTIAC 48 HYDRAMATIC
ACEITE DE COCO
Necesitase cortador
FULLY FURNISHED FLAT
Acabo de llegar
REPRESENTACIONES EN CUCUTA
REALIZAMOS LOTES
Hotel Termales PAIPA
CHUMACERAS COMPLETAS
CALCULADORA DE BOLSILLO
ALMACEN EL REGALO
"FENALCO"
SEMILLA DE AJONJOLI, HIGUERILLA Y ALGODON
Consorcio Industrial de Santander S. A.
SEA UD. PREVISIVO INSCRIBA SU CLUB EN ESTOS ALMACENES 5 Y 2 PESOS SEMANALES HOY JUEGAN
Gran Sastrería Bogotá
Emporio Comercial Clubes
Almacén La Tejilla
REGALOS CRISTALERIA
M A N U E L A. C A S T R O C.

Primera página del diario *El Tiempo*, Bogotá, del 10 de julio de 1950 anunciando los graves daños causados en Norte de Santander por el terremoto ocurrido dos días antes.

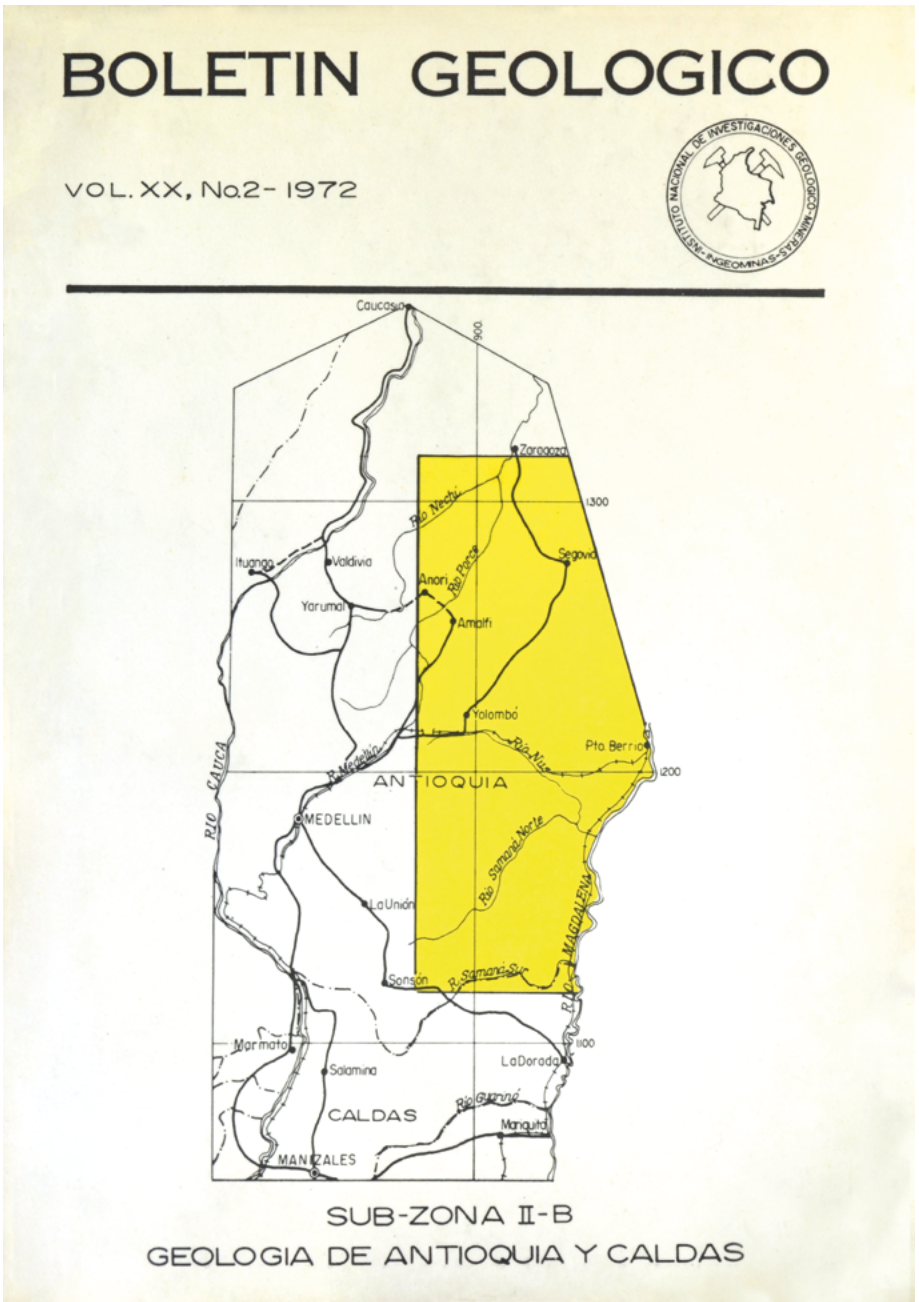
básicos eran ampliamente insuficientes; en la práctica ninguna región del país contaba con cartografía a escala mayor a 1:200 000 y en muchas regiones ni siquiera la había a esa escala. Ese obstáculo ya lo había encontrado, como se anotó anteriormente, el Servicio Geológico en sus inicios; era un problema antiguo y había que empezar a solucionarlo. Por esta razón, el Inventario Minero Nacional inició un plan de cartografía sistemática de las principales regiones del país.

Simultáneamente con la cartografía, el Inventario Minero Nacional acometió estudios de búsqueda o evaluación de recursos minerales. De especial interés fueron aquellos adelantados sobre las rocas fosfóricas, ya iniciados por el Servicio Geológico en el Huila y en Boyacá. Gracias a ellos, se descubrieron depósitos que siguen actualmente en explotación.

Los resultados del Inventario Minero Nacional fueron publicados en el *Boletín Geológico*. El volumen XV (1967) contiene los estudios sobre rocas fosfóricas. Entre 1970 y 1972 fueron publicados seis números del *Boletín* con los trabajos siguientes: *Recursos minerales de la Sierra Nevada de Santa Marta* (volumen XVIII, n.° 1, 1970), *Recursos minerales de parte de los departamentos de Santander y Norte de Santander* (volumen XVIII, n.° 3, 1970), *Recursos minerales de parte de los departamentos de Cundinamarca, Boyacá y Meta* (volumen XIX, n.° 1, 1971), *La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia* (volumen XIX, n.° 2, 1971), *Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas, Sub–zona II–A* (volumen XX, n.° 1, 1972) *y Geología de parte de los departamentos de Antioquia y Caldas, Sub–zona II–B* (volumen XX, n.° 2, 1972).

El Inventario Minero Nacional fue una institución que trajo grandes beneficios al país. Con ella se inició la cartografía geológica sistemática, cuya falta fue tan claramente sentida anteriormente. Durante los seis años que duró el Inventario Minero Nacional se cubrió una buena parte de la zona poblada del país en estudios geológicos básicos con mapas geológicos a escalas adecuadas en ese momento. Los resultados fueron publicados rápidamente y puestos a disposición del público.

Uno de los aspectos más importantes del Inventario Minero Nacional, a veces un tanto olvidado, es el intercambio entre los expertos extranjeros y los profesionales nacionales. Se puede decir que en aquella época hubo una verdadera escuela, de cuyos resultados el país se está beneficiando, ya que aún hoy algunos de los científicos que cuentan con mayor experiencia y conocimientos fueron formados en ella y contribuyen al desarrollo de Colombia.



Portada de la *Geología de Antioquia y Caldas* (1972), una de las publicaciones del Inventario Minero Nacional.

Bibliografía

Alvarado, B. 1961. Biografía del doctor José Royo y Gómez. Servicio Geológico Nacional. Boletín Geológico, VII (1–3): I–II. Bogotá.

Bürgl, H. 1956. Catálogo de las amonitas de Colombia. Parte I. Servicio Geológico Nacional. Boletín Geológico, IV (1):1–119. Bogotá.

Bürgl, H. 1957. Bioestratigrafía de la sabana de Bogotá y sus alrededores. Servicio Geológico Nacional, V (2–3):1–22. Bogotá.

Bürgl, H. 1961a. Sedimentación cíclica en el geosinclinal cretáceo de la cordillera Oriental de Colombia. Servicio Geológico Nacional, VII (1–3): 85–118. Bogotá.

Bürgl, H. 1961b. Historia geológica de Colombia. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, XI (43):136–191. Bogotá.

De la Espriella, R. & Espinosa, A. 1997. Enrique Hubach (1896–1968) y la geología colombiana. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, XXI (81): 503–519. Bogotá.

Durán, L. 1974. Reseña histórica de la geología en Colombia. *En*: Academia Colombiana de Historia. Historia Extensa de Colombia, XXIV: 288–308. Bogotá.

Espinosa, A. 1993. José María Cabal, Alejandro Humboldt y Enrique Hubach, su obra geológica y su contribución al desarrollo de Colombia. *En*: Arboleda, L.C., Arias de Greiff, J. & Espinosa, A. (Editores), Historia Social de la Ciencia en Colombia, tomo II Matemáticas, Astronomía y Geología. COLCIENCIAS, p. 339–380. Bogotá.

Espinosa, A., 1995. Don José Royo y Gómez y su contribución a la geología colombiana. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo XXII, p. I–XII. Bogotá.

Espinosa, A. 1998. Fondo Documental Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano (F–JRyG). Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). Bogotá.

Hubach, E. & Alvarado, B. 1932. Altiplanicie de Paletará (departamento del Cauca). Comisión Científica Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo VI, p. 39–59. Bogotá.

Hubach, E. 1957. Estratigrafía de la sabana de Bogotá y alrededores. Servicio Geológico Nacional. Boletín Geológico, V (2): 93–112. Bogotá.

Hubach, E. & Alvarado, B. 1994. Geología de los departamentos de Valle y Cauca en especial del carbón. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo XVIII, 320 p. Bogotá.

Julivert, M. 1968. La obra de Hans Bürgl en Colombia. Universidad Industrial de Santander. Boletín Geológico, 24: 5–32. Bucaramanga.

Julivert, M., & de Porta, J. 1968. Léxico estratigráfico de Colombia. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS), 5 (4a), 572p. Bogotá.

Oppenheim, V. 1950. The volcano Puracé. American Journal of Science, 248: 171–176. Estados Unidos de América.

Servicio Geológico Nacional. 1944. Mapa Geológico General de la República de Colombia. Escala 1: 2 000 000. Servicio Geológico Nacional, 1 hoja. Bogotá.

Venegas, A. 1960. Bibliografía de los informes del Instituto Geológico Nacional. Servicio Geológico Nacional. Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo IX, 587 p. Bogotá.

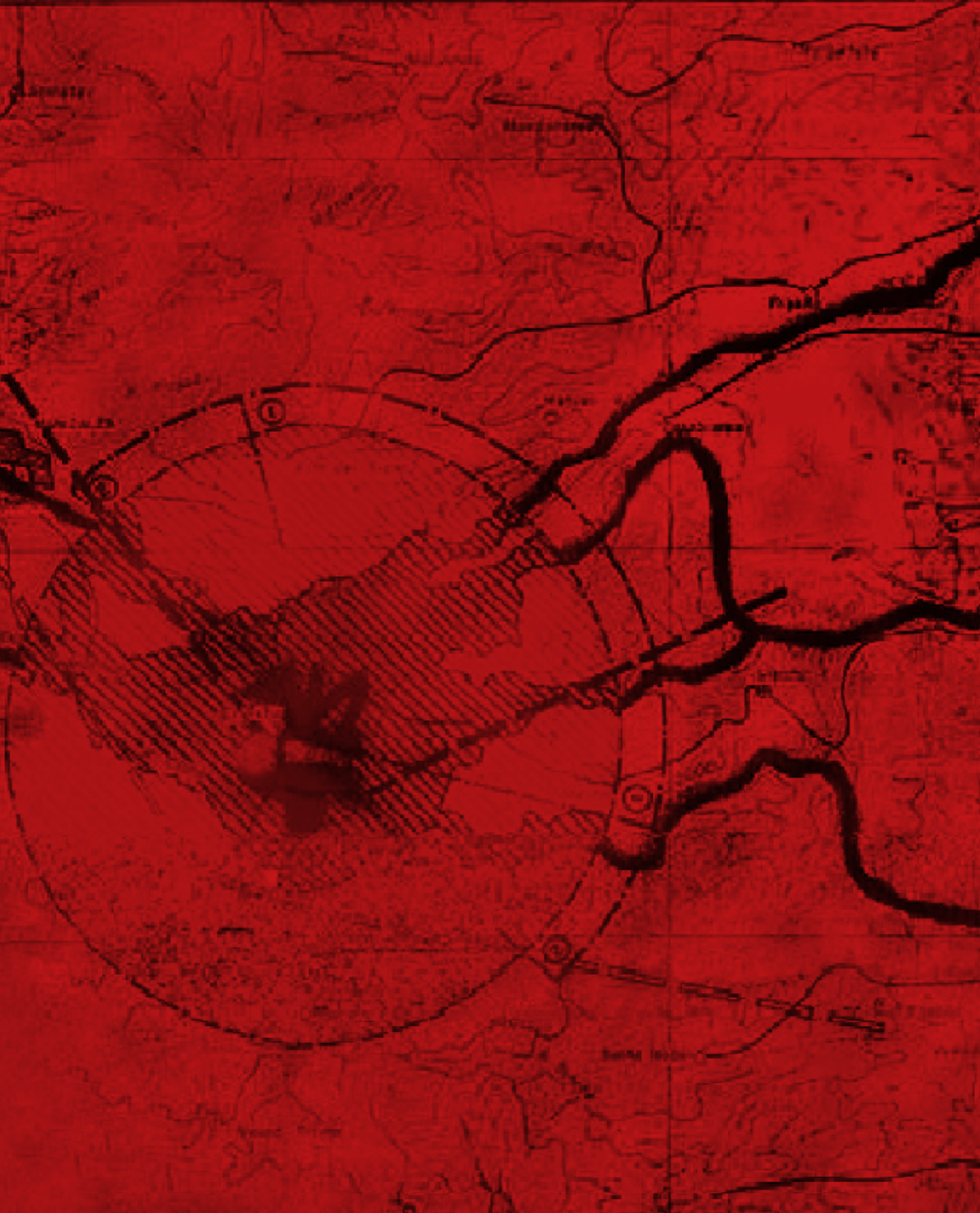
Wokittel, R. 1960. Recursos minerales de Colombia. Servicio Geológico Nacional. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia, tomo X, 393p. Bogotá.





Capítulo 5

INGEOMINAS (1968–2011)



Al terminar las actividades contempladas en el primer convenio con la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) el Gobierno Nacional considera, dentro de la gran reforma administrativa de 1968 promovida por el presidente de la República doctor Carlos Lleras Restrepo, la creación de una nueva institución en la cual se concentre todo lo relacionado con el estudio de los recursos naturales no renovables. Así nace por Decreto extraordinario 3161 de diciembre de 1968 el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS), como un instituto público descentralizado del orden nacional. La creación de INGEOMINAS obedece específicamente a la necesidad del estudio sistemático básico del subsuelo y de los recursos mineros, que se hace cada día más evidente en el país. Como se anotó en los capítulos correspondientes a la Comisión Científica Nacional y al Servicio Geológico Nacional, con frecuencia esas instituciones se vieron obligadas a acometer directamente la exploración minera obviando los estudios básicos. Al proceder de esta forma, se agotaban rápidamente los prospectos conocidos y la necesidad de estudios básicos sistemáticos se hacía cada vez más apremiante.

El nuevo instituto es el resultado de la fusión de tres entidades: el Servicio Geológico Nacional (a su vez derivado de la Comisión Científica Nacional), el Inventario Minero Nacional y el Laboratorio Químico Nacional. El Decreto 441 de 1969 (marzo 28) fija sus estatutos y sus funciones, así:

a) Investigar y evaluar los recursos naturales no renovables del país.
b) Adelantar, en el territorio nacional, los trabajos geológicos regionales con el objeto de complementar el mapa geológico del país y determinar la ocurrencia, origen y distribución de yacimientos de minerales y de rocas industriales.
c) Estudiar por métodos geológicos de superficie, geofísicos, geoquímicos y otros de naturaleza semejante, las áreas promisorias.

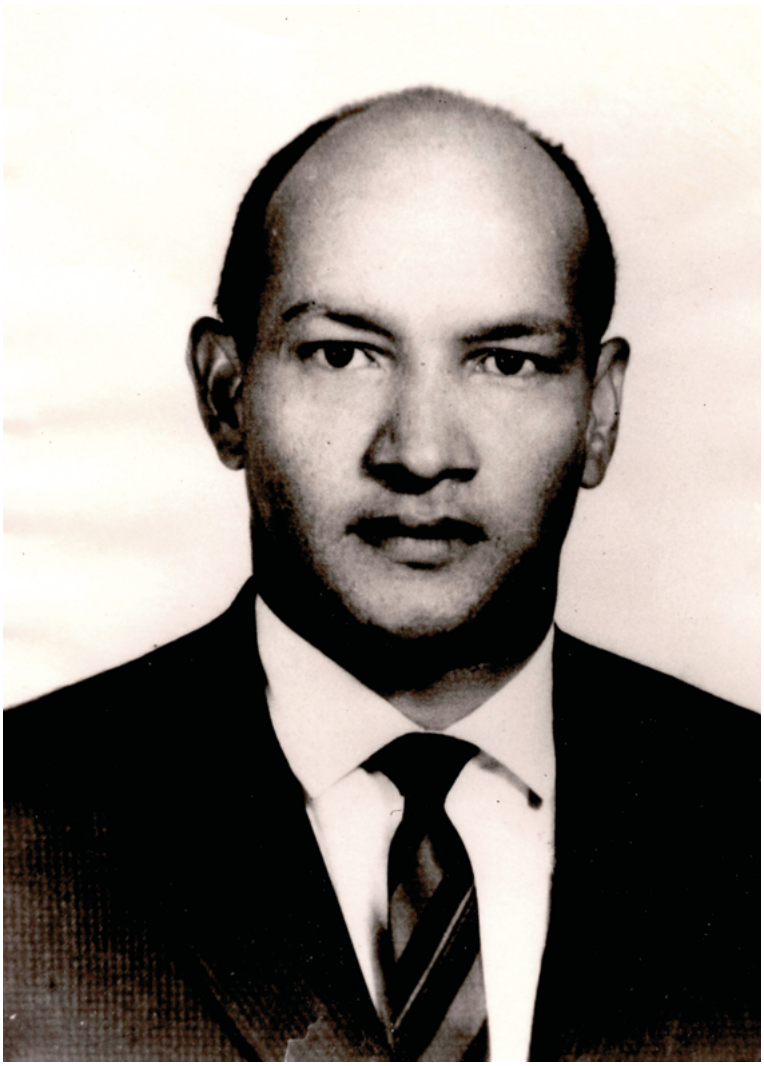
d) Evaluar técnicamente las reservas de yacimientos minerales y áreas mineralizadas con el fin de estimular inversiones en la exploración y explotación de los mismos, en desarrollo de los planes oficiales de fomento de la industria nacional y de las exportaciones.
e) Estudiar los recursos de aguas subterráneas del país.
f) Realizar trabajos de ingeniería geológica para obras civiles de entidades oficiales o particulares.
g) Ejecutar las investigaciones de laboratorios, químicas, petrográficas, mineralógicas, paleontológicas, palinológicas y demás necesarias en los estudios geológicos o mineros.
h) Efectuar investigaciones de explotación y beneficio de minerales, metales, rocas y su aplicación a usos industriales.
i) Compilar toda la información sobre trabajos geológicos, químicos y metalúrgicos realizados hasta la fecha por las entidades que entran a formar parte del instituto y divulgar aquella que la Junta Directiva estime conveniente.
j) Elaborar y publicar los informes de los estudios que se realicen.
k) Prestar asistencia técnica a entidades oficiales y privadas, en todo tipo de investigaciones relacionadas con las labores propias del instituto, y
l) Las demás funciones que le asigne el Gobierno Nacional.

Como se ve, las funciones del nuevo instituto están esencialmente enfocadas en el levantamiento del mapa geológico del país, en la búsqueda y evaluación de recursos mineros y en estudios de ingeniería geológica.

El Laboratorio Químico Nacional

Estando las historias del Servicio Geológico Nacional y del Inventario Minero Nacional suficientemente ilustradas en esta obra, conviene dar una mirada a la del Laboratorio Químico Nacional (el Laboratorio) (Osorio, 1982; Martínez Ortiz, 1998).

El Laboratorio fue creado en 1928, como dependencia del Ministerio de Industrias, por Decreto 86 de ese año. La necesidad de apoyar a la Comisión Científica Nacional y a otros estamentos técnicos del ministerio fue la razón que llevó al gobierno de don Miguel Abadía Méndez y a su ministro de Industrias don José Antonio Montalvo a fundar el Laboratorio. En 1940 este entró a formar parte del recién creado Ministerio de Minas y Petróleos, junto con el Servicio Geológico Nacional. Aunque inicialmente el Laboratorio prestó exclusivamente sus servicios al Ministerio de Industrias, la demanda de análisis químicos en el país le hizo ir ampliando su cobertura hasta convertirlo en un laboratorio de orden nacional, de utilidad para la industria y la investigación. De especial importancia fue su aporte al tema del control de calidad, en productos como carbón, textiles, azúcares, suelos, metales y aleaciones, licores, lubricantes, metales preciosos, productos químicos y materias primas, entre otros.



Doctor Andrés Jimeno Vega, primer director de INGEOMINAS (1969-1973).



SE INSTALO ESTE LABORATORIO
SIENDO PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
EL EXMO. SR. DR. DN.

ENRIQUE OLAYA HERRERA

Ministro de Industrias
FRANCISCO JOSE CHAUX
Secretario del Ministerio
ENRIQUE CASAS

Trabajaron especialmente en la instalación,
como Jefes del Departamento de Minas y Petróleo
JESUS JIMENEZ JARAMILLO
Y ALBERTO LOBO GUERRERO
Como Jefes de Sección Técnica
MANUEL ARCHILA M Y JORGE A. PERRY

Instalaron
Químico Jefe de Laboratorio. GUILLERMO KOHN OLAYA.
Químico Agrícola. JORGE ANCIZAR SORDO

Museo Geológico
Geológos, EMIL GROSSE Y ENRIQUE HUBACH | Ing de Minas, ENRIQUE WHITE URIBE
Topógrafo, BENJAMIN AIVARADO | Ing de Minas, JULIO MANUEL AYERBE

Herbario Nacional
Botánico, ENRIQUE PEREZ ARBELAEZ

1930 - 1934

PLACA COLOCADA
EN EL ANTIGUO EDIFICIO DONDE
FUNCIONO EL LABORATORIO DE
1930 A 1945

Placa conmemorativa de la instalación del Laboratorio Químico Nacional entre 1930 y 1934.
Edificio del Laboratorio, Servicio Geológico Colombiano.

El Laboratorio participó activamente junto con la Comisión Científica Nacional y luego con el Servicio Geológico Nacional en la exploración de materias primas de urgente necesidad para Colombia. Durante las décadas de los cuarenta y cincuenta encontramos al Laboratorio apoyando, conjuntamente con el Servicio Geológico Nacional, los proyectos de industrialización de Colombia liderados por el Instituto de Fomento Industrial (IFI), Acerías Paz del Río, Planta de Soda de Zipaquirá y Cementos Boyacá entre ellos. También lideró los estudios de fertilidad de suelos hasta la fundación del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en 1957.

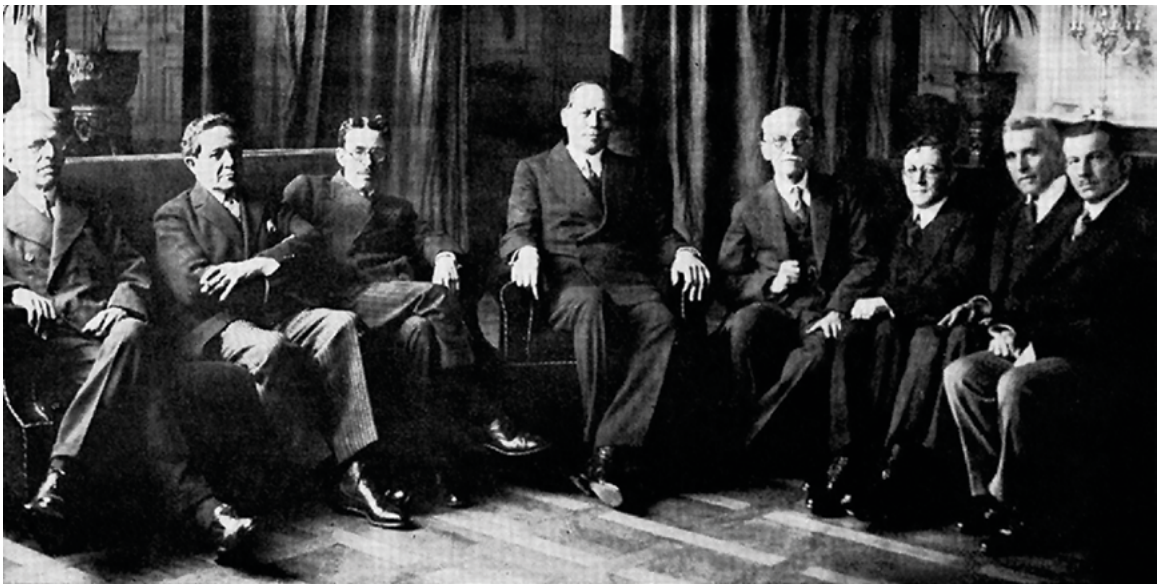
El Laboratorio había participado en la creación del IFI. El director del Laboratorio formó parte de la junta encargada de coordinar trabajos a raíz del establecimiento del catastro agrario en 1941; allí se gestó el Instituto Geográfico Militar y Catastral, hoy Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

El Laboratorio figuró pronto a nivel internacional: representó a Colombia en la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), en la Comisión Internacional de Métodos Uniformes de Análisis de Azúcar (ICUMSA) y fue elegido miembro de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales (ASTM).

Los primeros directores del Laboratorio Químico Nacional fueron dos figuras de la ciencia colombiana, Guillermo Kohn Olaya y Jorge Ancízar Sordo. Kohn Olaya había estudiado en Alemania y venía desempeñándose como químico director del laboratorio de la Fábrica de Municiones del Ministerio de Guerra, y fue el encargado de dotar al nuevo laboratorio de materiales y reactivos. En 1936 le sucedió Jorge Ancízar Sordo, quien fue un gran impulsor; durante su dirección se empezó la edificación del edificio en los predios de la Universidad Nacional de Colombia, aún hoy en día sede de la Dirección de Laboratorios del Servicio Geológico Colombiano.

Por Decreto 3161 de 1968 el Laboratorio Químico Nacional entró a formar parte del Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras parte de INGEOMINAS, donde se denominó Subdirección de Investigaciones Químicas.

El Laboratorio inició sus labores en la sede del laboratorio de la Fábrica de Municiones en una edificación al costado occidental de la carrera 15 entre calles 9 y 10 de la ciudad de Bogotá. Llegado el momento en que el laboratorio quedó ya pequeño para desarrollar sus labores y para establecer nuevas secciones, se planteó la posibilidad de ensanchar sus instalaciones. Se optó más bien por la construcción de uno nuevo y es así como catorce años más tarde se puso la primera piedra, el 25 de junio de 1942, en la sede de la Universidad Nacional de Colombia. El edificio fue construido por el arquitecto Leopoldo Rother y contó con la participación del entonces director general de Edificios Nacionales, Ignacio Álvarez Aguilar. La edificación fue inscrita como parte del patrimonio histórico y artístico de la nación el 5 octubre 1988, según la Resolución 012, y fue declarado Bien de Interés Cultural del Ámbito Nacional–Monumento Nacional, por el Decreto 1418 el 13 de agosto de 1996.



Primer Gabinete del Presidente Enrique Olaya Herrera. De izquierda a derecha, doctor Abel Carbonell, ministro de Educación; general Agustín Morales Olaya, ministro de Guerra; doctor Eduardo Santos, ministro de Relaciones Exteriores; doctor Enrique Olaya Herrera, presidente de la República; doctor Carlos Eduardo Restrepo, ministro de Gobierno; doctor Francisco de Paula Pérez, ministro de Hacienda y Crédito Público; doctor Francisco José Chaux, ministro de Industrias y doctor Tulio Enrique Tascón, ministro de Correos y Telégrafos.



Fachada principal del Edificio del Laboratorio Químico Nacional en 1945.

Cuando fue diseñado, el edificio tenía las siguientes dependencias: dirección, secretaría y laboratorio del director, sala de conferencias, biblioteca y museo, depósitos de material y reactivos, taller de reparación y construcción de aparatos y soplador de vidrio. Contaba además con laboratorios de química general, orgánica, agrícola y merciología, azúcares, tecnología de algodón y textiles, óptica y servicio petrográfico, ensayos y metalurgia, prospección minera, hidrocarburos y cerámica.

Grandes etapas en las actividades de INGEOMINAS

INGEOMINAS inicia sus actividades cumpliendo las funciones planteadas por la ley, pero las circunstancias y los acontecimientos a lo largo de las décadas siguientes van reorientando el enfoque de los estudios y llevando a reestructuraciones de la institución, como ya había sucedido con la Comisión Científica Nacional y con el Servicio Geológico Nacional.

La cartografía geológica y la exploración minera son las prioridades hasta 1980, pero a partir de entonces los fenómenos naturales, altamente destructivos en muchas regiones del territorio colombiano, plantean nuevos retos a la institución. En 1979 ocurren grandes sismos en el antiguo Caldas y en la costa pacífica de Nariño, pero el que destruye la ciudad de Popayán en 1983 es definitivo en la reorientación de la institución. Poco después, el volcán Nevado del Ruiz entra en actividad a finales de 1984 y corresponde a INGEOMINAS liderar los procesos científicos para tratar de evitar una catástrofe, que finalmente ocurrió, como bien se sabe. El papel del instituto se hará cada vez más notable en los sismos sucesivos de los años noventa: 1992 en el Atrato medio, 1994 en el Cauca, 1995 en Pereira y 1999 en el Quindío. En 1992 se crea la Red Sismológica Nacional de Colombia, que queda bajo la responsabilidad de INGEOMINAS. Por otro lado, al primer observatorio vulcanológico, fundado por INGEOMINAS en Manizales durante la crisis del Nevado del Ruiz en 1984, se le añaden sucesivamente el de Pasto y el de Popayán para conformar una red de vigilancia y monitoreo de los volcanes colombianos. En 2004 el instituto amplía el campo de sus actividades al asumir funciones de autoridad minera a través de su Servicio Minero y continúa los estudios básicos en su Servicio Geológico.

1968–1983: Cartografía geológica y exploración minera

En términos generales, durante este periodo INGEOMINAS orienta sus esfuerzos hacia el estudio básico del territorio colombiano, a través de un plan de cartografía geológica sistemática y de exploración de recursos minerales. En ese objetivo se empeñan las administraciones de los doctores Andrés Jimeno (1969–1973), Hernán Garcés (1973–1974), Alberto Álvarez (1974–1977), Carlos Prados (1977), Michel Hermelin (1977–1980) y Alfonso López Reina (1980–1986).

INGEOMINAS empieza sus actividades con una planta de ochenta geólogos en

la sede central de Bogotá y en las oficinas regionales de Bucaramanga, Ibagué, Medellín, Popayán y Sogamoso. Con esta planta y con la estructura fijada en el momento de su creación, funciona hasta 1974. Hechos destacables en esa primera etapa son:

- La firma en 1971 de un segundo convenio con la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos, para evaluar los blancos encontrados en la primera fase.
- El convenio firmado entre el Gobierno de Colombia y las Naciones Unidas para adelantar programas de metales básicos, hierro, esmeraldas y metales preciosos (1973).
- El convenio con el Gobierno holandés para el estudio de acuíferos en La Guajira, que dio un impulso definitivo a los estudios hidrogeológicos.
- La participación de INGEOMINAS en el Proyecto Nariño, coordinado por el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, gracias al cual se obtiene, por medio de estudios de sísmica, información no superada en los siguientes treinta años sobre la estructura profunda del occidente colombiano y la colisión de las placas de Nazca y Suramérica.
- El Proyecto Léxico Estratigráfico Internacional, gracias al cual se publica el segundo volumen del *Léxico estratigráfico de Colombia*.

La estructura interna inicial de INGEOMINAS, en la cual figuran cuatro subdirecciones y un cierto número de oficinas regionales, sería mantenida con variaciones menores hasta 1987. La principal modificación ocurre en 1974 y toca solamente la planta de personal que pasa a tener ciento veinte geólogos y cuarenta químicos. Una reestructuración hecha en 1979 deja la planta inmodificada pero plantea cambios de fondo en la estructura interna y en las políticas a nivel técnico–científico. Coincide con la expedición del Decreto 2772, reglamentario del Decreto 1321, por el cual se aspira impulsar la producción intelectual de los investigadores a través de la creación del estatuto del técnico–científico y de un importante esfuerzo institucional en la capacitación de sus profesionales. El Instituto adopta entonces una estructura, con cuatro subdirecciones y seis oficinas regionales (se crea la de Cali), que tiende hacia una descentralización en aspectos técnicos.

1983–1987: Amenazas geológicas y otros proyectos

Durante este periodo, que corresponde a una parte de la administración del doctor Alfonso López Reina, diversos acontecimientos nacionales llevan a una reorientación básica de las actividades de INGEOMINAS. Razones de orden presupuestal inciden en un receso de los estudios básicos y de la exploración. Los desastres naturales, que en 1983 y 1985 golpean duramente al país, colocan en cambio al Instituto ante la necesidad de acometer los estudios técnicos que permitan la prevención

y el manejo de posibles fenómenos geológicos dañinos. Así se añade a su campo de acción una vastísima área de la geología, por cierto de gran importancia para el país: las amenazas naturales de origen geológico.

El terremoto que destruyó Popayán el 31 de marzo de 1983 partió en dos la historia del país y cambió el rumbo de varios sectores de la geología y de la ingeniería. Hasta entonces, ninguna ciudad importante del país, exceptuando Cúcuta en 1875, había sufrido los efectos de un terremoto destructor; muchos de los terremotos históricos más devastadores como el de Túquerres en 1936 o el mismo Popayán en 1736, graves en su momento, resultaron leves frente al desastre económico, social y humano de Popayán en 1983. Colombia recibió súbitamente el reto de prepararse para enfrentar grandes amenazas naturales y correspondió naturalmente a INGEOMINAS tomar el liderazgo técnico en ese momento histórico. La erupción del volcán Nevado del Ruiz en noviembre de 1985 y el deslizamiento de Villa Tina en septiembre de 1987 en Medellín, cuyo balance en vidas humanas fue notablemente mayor al de Popayán, señalaron definitivamente el papel de INGEOMINAS frente al país.

Durante la fase de alerta de la erupción del volcán Nevado del Ruiz, que empezó en diciembre de 1984 y culminó con la trágica erupción del 13 de noviembre de 1985, el Gobierno Nacional asignó a INGEOMINAS el papel de coordinador de las acciones científicas. Bajo su dirección se elaboró el mapa de amenazas del volcán, que dio claridad sobre lo que podría suceder en caso de erupción.

Tras la erupción del volcán Nevado del Ruiz, por Decreto 3815 del 26 de diciembre de 1985, el presidente de la República asignó al instituto la responsabilidad del estudio y prevención de todo tipo de riesgos geológicos, responsabilidad que quedó luego plasmada en el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Este fue creado por la Ley 46 de 1985 y organizado por el Decreto 919 de 1989, que en su artículo 64 dice:

> El Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras, INGEOMINAS, es la máxima autoridad en riesgos geológicos y tiene como funciones especiales preparar los mapas de amenaza potencial, y la observación y el estudio de los volcanes del país, y las que se deriven de lo previsto en el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

Para atender sus nuevas responsabilidades, INGEOMINAS creó en Manizales el 1 de abril de 1986 el Observatorio Vulcanológico Nacional, luego Observatorio Vulcanológico de Colombia y hoy Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales, dio inicio a varios proyectos de amenaza sísmica en el sur e inició un programa de atención de emergencias. Alberto Núñez menciona:

> El Observatorio nació como la Oficina Regional Manizales (Observatorio Vulcanológico), paralelamente con la Oficina Regional Cartagena, encargada de geología marina.

Por otra parte, la cooperación técnica internacional se desarrolla intensamente en los primeros años de la década de los ochenta. INGEOMINAS establece convenios con más de diez instituciones internacionales, a través de los cuales adelanta investigaciones en muchas áreas de la geología. El de mayor trascendencia es el convenio INGEOMINAS–Servicio Geológico de los Estados Unidos, firmado en 1982, por medio del cual las dos instituciones acometen conjuntamente la evaluación de los recursos metálicos del país, con base en la información tomada en años anteriores por el Inventario Minero Nacional e INGEOMINAS, y la elaboración del Mapa de Terrenos Geológicos (Etayo y otros, 1983). Este último introduce un concepto nuevo en la geología colombiana, el de terreno geológico. Al término del convenio, los resultados son dados a la luz en las *Publicaciones Geológicas Especiales*, 14 I (*Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia*) y 14 II (*Evaluación de los recursos no combustibles de Colombia* de Albers y otros, 1983).

Uno de los principales logros alcanzados por INGEOMINAS en este periodo está en la compilación de la información para la elaboración de una nueva versión del Mapa Geológico de Colombia. El grupo de geólogos designado para el efecto adelantó los trabajos correspondientes desde 1984 hasta 1986. El mapa fue publicado en 1988, con su respectiva memoria explicativa.

Por sus contribuciones al servicio del país, la institución recibe en 1981 la Orden de Boyacá en el grado de Cruz de Plata, al completar 65 años de actividades.

1987–1990: Reestructuración, la Red Sismológica Nacional de Colombia y otros proyectos

Los efectos de la legislación nacional sobre prevención de desastres y el papel que INGEOMINAS debe asumir en esa área empiezan a quedar plasmados en la reestructuración de 1987, obra de la administración del doctor Alberto Lobo–Guerrero (1986–1988). La más notable modificación en la estructura interna de la institución es la creación de una quinta subdirección, la de geofísica. A ella queda asignado el Observatorio Vulcanológico y desde ella se coordinan en lo sucesivo los estudios sobre amenaza volcánica y sismología. Por otra parte, la antigua Subdirección de Proyectos Geológicos se convierte en Subdirección de Geología Aplicada y se ocupa de la exploración minera y de la geología ambiental. Siguen funcionando siete oficinas regionales incluyendo la de Cartagena, creada en 1986, y una nueva, la del Guainía. La planta de personal queda conformada por 642 cargos (la anterior constaba de 538) de los cuales el treinta por ciento (193 cargos) corresponde a personal técnico científico (geólogos y químicos, básicamente). Entre 1988 y 1990 ocupa la Dirección General de INGEOMINAS el doctor Luis Jaramillo Cortés.

Son hechos sobresalientes del periodo: el inicio de los trabajos para la instalación de la Red Sismológica Nacional de Colombia, el Proyecto de exploración de oro del Guainía, los estudios de amenaza de los volcanes colombianos (Nevado del Ruiz, Cumbal, Puracé y Nevado del Huila, principalmente),



Instrumentos de la Red Sismológica del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos (Pontificia Universidad Javeriana), antecesora de la Red Sismológica Nacional de Colombia del Servicio Geológico Colombiano. Parque Nacional del Café (Montenegro, Quindío). Fotografía de Armando Espinosa Baquero, 2005.

los primeros estudios detallados de amenaza sísmica y de microzonificación sísmica, la atención de emergencias de origen geológico (esencialmente deslizamientos y efectos inducidos), y la publicación del Mapa Geológico de Colombia en 1988.

La Red Sismológica Nacional de Colombia empieza a sentirse como una necesidad apremiante a raíz del terremoto de Popayán en 1983. Ya en ese momento un grupo de ingenieros de la Universidad de los Andes venía trabajando en un estudio de riesgo sísmico del país. Por solicitud del Gobierno Nacional el estudio fue completado y entregado bajo el título de *Estudio general de riesgo sísmico en Colombia* (García y otros, 1984); su contenido fue adoptado como base del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes promulgado por Decreto 1400 de 1984. Empezó entonces la tarea de concertación entre las instituciones interesadas en organizar la Red Sismológica Nacional recomendada por el estudio mencionado. Por decisión del Gobierno Nacional, la Red Sismológica fue colocada bajo la responsabilidad de INGEOMINAS. Los trabajos de preparación empezaron en 1986.

En la preparación y la instalación de la Red Sismológica Nacional participaron especialistas de varias disciplinas. INGEOMINAS inició con la tarea de capacitar personal técnico–científico en el exterior mediante un convenio con Canadá, país que asesoró el proyecto de la Red. En 1990 estaban terminados los estudios de sitio, en 1991 regresó el personal capacitado y se inició la instalación de equipos.

El Proyecto Exploración Geológica de la Serranía del Naquén (Guainía), ejecutado por INGEOMINAS a través de un contrato con ECOPETROL, fue objeto de un gran esfuerzo de la institución entre 1986 y 1989. Se buscaba identificar el potencial aurífero de la región para establecer polos de desarrollo. Se hicieron estudios geológicos detallados y se identificaron zonas potencialmente interesantes, caracterizadas por anomalías auríferas.

Varios volcanes ocuparon la atención de INGEOMINAS entre 1986 y 1990. El volcán Nevado del Ruiz siguió presentando pequeña actividad con algunos sobresaltos y el Galeras entró en una fase de actividad que causó grandes preocupaciones a nivel regional y nacional, especialmente en mayo de 1989 cuando tuvo una erupción de alguna importancia. La actividad del Galeras condujo a la creación de un observatorio vulcanológico permanente en Pasto, en varias etapas y a partir de 1989.

A través de un convenio con la Confederación Suiza se ejecutó el primer estudio interinstitucional de amenaza sísmica regional, en el Valle del Cauca (Proyecto GERSCO). Otro convenio con la Comunidad Económica Europea condujo a la primera microzonificación sísmica de una ciudad colombiana, Popayán. En ambos casos fue muy valiosa la capacitación de personal colombiano en temas científicos muy importantes para el país, neotectónica, sismicidad histórica y amenaza sísmica entre ellos.

En cumplimiento de sus nuevas funciones INGEOMINAS se ocupó activamente de las visitas técnicas en situaciones de emergencia en todo el territorio nacional; en la mayoría de los casos se trató de deslizamientos.

El nuevo Mapa Geológico de Colombia a escala 1:1 500 000 fue dado a la luz en 1988. Fue el resultado final de varios años de trabajos de compilación, a los que se hizo referencia en páginas anteriores. Fue hasta 2007 la versión más actualizada del mapa geológico del país.

1990–2004: Reestructuraciones y proyectos

En 1990 el Gobierno Nacional estableció un Plan de Modernización del Estado con el fin de adaptar las instituciones nacionales al mundo de hoy, donde la apertura, la competitividad y el servicio a la comunidad fueron elementos básicos. La administración del doctor Adolfo Alarcón Guzmán (1990–2004), ingeniero civil y primer director no geólogo en la historia de INGEOMINAS, dio inicio al Plan de Modernización y Desarrollo Institucional del instituto.

Los estatutos básicos fueron modificados por el Decreto 587 del 26 de febrero de 1991, estableciendo los siguientes objetivos generales para la institución:

1. Realizar investigaciones principalmente de carácter interdisciplinario en las áreas de geofísica, geología, recursos naturales no renovables, minería, amenazas naturales, ingeniería geológica y química pura y aplicada.
2. Generar y difundir la información y los conocimientos científicos y tecnológicos en estas áreas.
3. Asesorar al Gobierno y al Sector Privado en proyectos y problemas relacionados con las geociencias, la minería y la química.

El nombre del instituto fue modificado así: *Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química*, y se conservó la sigla INGEOMINAS. Se propuso una nueva estructura interna que fue aprobada mediante Decreto 2556 de noviembre de 1991. Esta contempla una dirección general, a la cual quedan adscritas las oficinas de Planeación e Información y Servicios, la Secretaría General, seis subdirecciones, seis oficinas regionales y dos observatorios vulcanológicos. Dentro de esta estructura hay dos novedades: la Oficina de Información y Servicios, encargada de manejar las relaciones externas y la circulación de la información producida por la institución, y la Subdirección de Ingeniería Geoambiental a cuyo cargo quedan los estudios sobre las amenazas de origen geológico.

La estructura interna, o funcional, fue complementada con una estructura por programas y proyectos; las dos estructuras, junto con los órganos de dirección y administración (Junta Directiva, Dirección General y Comité de Dirección) constituyen la estructura orgánica de INGEOMINAS, aprobada mediante Decreto Presidencial 459 de 1993. Las actividades de la institución quedan agrupadas en 24 programas y cada programa se asigna a uno de los ocho comités de programa. Un programa es un paquete de proyectos. Del cruce de la estructura funcional con la de programas y proyectos resulta una

estructura matricial. En 1992 se formula un plan estratégico y en 1993 queda aprobada una nueva planta de personal.

En 1998 INGEOMINAS asume una parte de las funciones del recientemente liquidado Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas (INEA). Una nueva reestructuración se da en 1999 a través del Decreto 1129 del 29 de junio de ese año, en la cual cambia su nombre a *Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero–Ambiental y Nuclear*, conservando de nuevo la sigla INGEOMINAS. Los Decretos 2656 y 2657 de 1999 establecen la estructura interna y la planta de personal de la institución.

Los desastres naturales, en particular los sismos, causaron daños severos durante el periodo. Tras los terremotos de Murindó en 1992, Páez en 1994, Darién en 1995 y Quindío en 1999 INGEOMINAS lideró los estudios científicos que correspondían, acompañando a las instituciones regionales en los procesos de socialización. Los volcanes siguieron siendo tema de monitoreo y observaciones; en 1993 se crea el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán (OVSPo). Desde este último se pueden adelantar las intervenciones y los estudios para la región afectada por el terremoto de Páez (6 de junio de 1994, 1100 muertos). INGEOMINAS–OVSPo, elaboró un estudio de zonificación para el uso de suelo en la cuenca del río Páez, cuyos resultados sentaron las bases para adelantar el proceso de reconstrucción a cargo de la Corporación Nasa Kiwe.

2004–2011: Geología y minería

La última etapa de la historia de INGEOMINAS se inicia en 2004 cuando, tras una nueva reestructuración, y entre otras modificaciones, se añade a sus funciones la de autoridad minera. Lo anterior le permitió acceder a una cantidad importante de recursos económicos provenientes ese ejercicio como autoridad minera, lo que dio impulso notable a la generación de conocimiento geocientífico.

El Decreto 252 de 2004, enero 28, cambia el nombre de la institución: *Instituto Colombiano de Geología y Minería* (*INGEOMINAS*) y define su nuevo objeto y sus funciones.

El objeto queda formulado así:

> El Instituto Colombiano de Geología y Minería, Ingeominas, tiene como objeto realizar la exploración básica para el conocimiento del potencial de recursos y restricciones inherentes a las condiciones geológicas del subsuelo del territorio colombiano; promover la exploración y explotación de los recursos mineros de la Nación y participar, por delegación, en actividades relacionadas con la administración de dichos recursos.

Las funciones son:

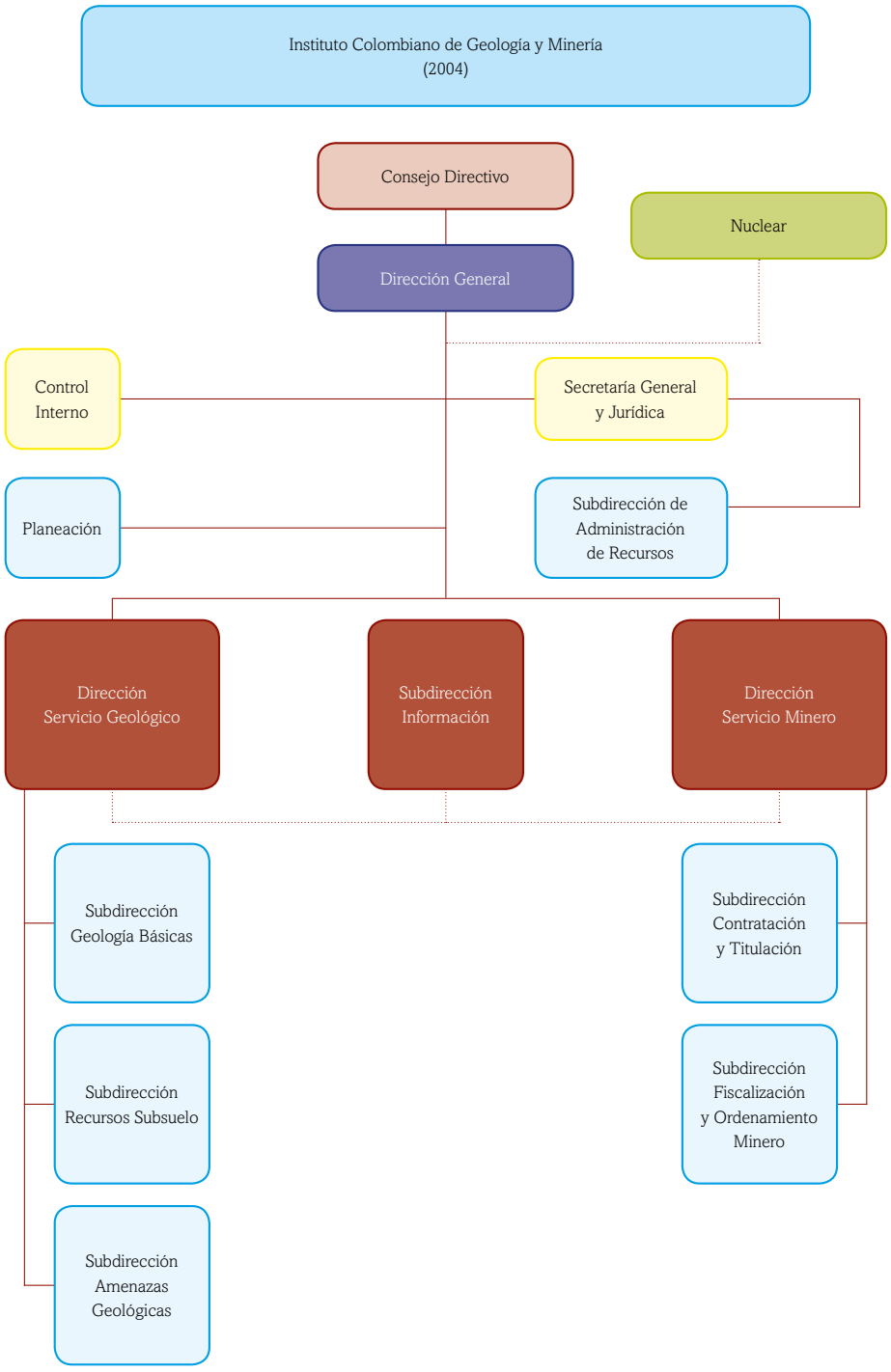
1. Proponer a las instancias pertinentes las políticas generales que en materia de Geología y Minería deba adoptar el Gobierno Nacional;
2. Adelantar programas de reconocimiento, prospección, exploración y monitoreo

del territorio con fines multipropósitos, mediante un enfoque multidisciplinario, integral y sistémico, para contribuir al desarrollo económico y social del país;

3. Desarrollar proyectos para investigar y modelar el subsuelo, e interpretar fenómenos o comportamientos fisicoquímicos en determinadas regiones o áreas específicas del territorio;
4. Generar y difundir conocimientos, información y modelos geológicos integrales de la corteza del territorio colombiano;
5. Realizar el inventario de las zonas del subsuelo más favorables para la acumulación de hidrocarburos, carbones, recursos minerales e hidrogeológicos, así como caracterizar y evaluar el potencial de dichos recursos;
6. Generar conocimientos e información sobre la identificación y el monitoreo de zonas sujetas a amenazas geológicas y realizar la evaluación de las restricciones del territorio asociadas a las condiciones geológicas;
7. Responder por el archivo nacional de datos e información básica del subsuelo, incluyendo aquella necesaria para la toma de decisiones en el sistema nacional ambiental y en el sistema de prevención y atención de desastres;
8. Participar en el desarrollo del Sistema Nacional de Información Geológico–Minera mediante sistemas automatizados y georreferenciados, buscando su integración con otros sistemas de información del territorio;
9. Generar y difundir conocimientos e información para promover y apoyar la exploración y explotación de los recursos minerales y la toma de decisiones en relación con proyectos de desarrollo minero en el marco del ordenamiento territorial;
10. Desarrollar los estudios, expedir los conceptos y prestar los servicios técnicos y científicos a que haya lugar, relacionados con el adecuado uso, manejo y gestión de los recursos minerales, así como la evaluación de los riesgos asociados;
11. Ejercer las funciones de autoridad minera que le sean delegadas;
12. Desarrollar actividades de ciencia y tecnología relacionadas con el objeto del Instituto;
13. Prestar servicios de evaluación de proyectos, de asesoría y de asistencia científica y tecnológica al Gobierno Nacional, a los entes públicos y al sector privado, en los temas de su competencia.

Se puede constatar que tanto el objeto como las funciones de la institución ponen el énfasis en la exploración y la explotación de los recursos mineros.

El Decreto 3577 de 2004 (octubre 29) modifica el decreto anterior, añadiendo el tema de los materiales radiactivos a la función 10 y adicionando la función del salvamento minero. El decreto modifica la composición de la Junta Directiva y la estructura interna: crea la Oficina de Asesoría Jurídica, elimina la Subdirección de Administración de Recursos y establece la estructura así:



Organigrama del Instituto Colombiano de Geología y Minería (2004).

El 6 de febrero de 2004 asume las funciones de director general el ingeniero Julián Villarruel Toro. El doctor Mario Ballesteros Mejía le sucede desde el 7 de marzo de 2007 hasta el 6 de septiembre de 2010 cuando es nombrado el doctor Andrés Ruiz Rodríguez. El doctor Oscar Eladio Paredes Zapata dirige la institución, inicialmente INGEOMINAS y luego el Servicio Geológico Colombiano, desde el 14 de febrero de 2011 hasta la actualidad.

INGEOMINAS trabaja a partir de 2004 en una serie de grandes proyectos. En 2007 se adelantaron los relacionados en las tablas siguientes y en los años posteriores se trabajó con el mismo esquema y con pocas variaciones.

Proyecto G1. Ampliación del Conocimiento Geológico y del Potencial de Recursos del Subsuelo de la Nación

P1 Modelo Geológico Integral en el Territorio Colombiano	Mapa Geológico de Colombia Vulcanismo Neógeno en el SW Cartografía Geológica y Muestreo Geoquímico en la Alta Guajira. Modelos Geológico Integral y Sismotectónico del NE Colombiano Muestreo Geoquímico de la Sierra Nevada de Santa Marta Macizo de Santander
P2 Potencial de Recursos en el Territorio Colombiano	Integración de la Información Geológica, Geoquímica y Geofísica de los Cinturones Esmeraldíferos E y W. Sistema Tectónico Cauca–Romeral Cartografía Geológica y Exploración Geoquímica del O Colombiano Recursos Minerales de Colombia Anomalías Geoquímicas de Colombia
P3 Potencial de Recursos Hidrogeológicos en el Territorio Colombiano	Potencial de Recursos Hidrogeológicos
P4 Desarrollo de la Infraestructura Científica y Tecnológica	Operación, Mantenimiento y Actualización Tecnológica de los Laboratorios del Servicio Geológico

Proyecto G2. Monitoreo de Amenazas Geológicas y Actualización de la Red Sismológica y Vulcanológica de Colombia

P5 Investigación y Monitoreo de la Actividad Sísmica	Investigación y Monitoreo de la Actividad Sismológica
P6 Investigación y Monitoreo de la Actividad Volcánica	Investigación y Monitoreo de la Actividad Volcánica
P7 Investigación y Monitoreo de Movimientos en Masa	Investigación y Zonificación de Movimientos en Masa

Proyecto G3. Actualización de la Red Sismológica y Vulcanológica de Colombia

P8 Compra de Equipos para el Sistema Sísmico y Volcánico	Compra de Equipos para el Sistema Sísmico y Volcánico

Proyecto G4. Construcción del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto

P9 Construcción del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto	Licitación para la Construcción del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto

Proyecto G5. Implementación Red Nacional de Estaciones Permanentes Geodésicas GPS para Estudios e Investigaciones Geodinámicas

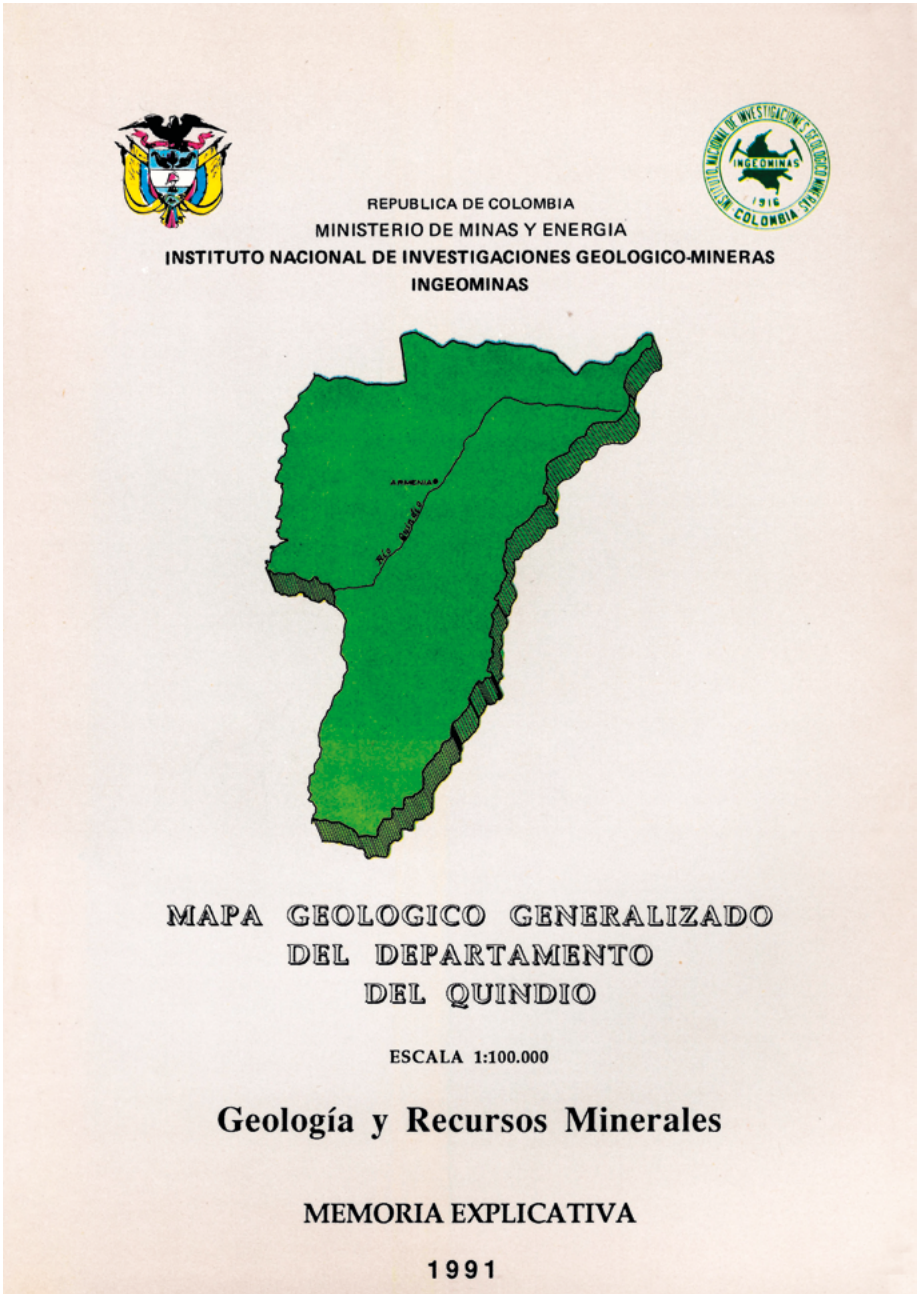
P10 Implementación y Desarrollo de la Red Geodésica
P11 Mapa Desplazamientos Relativos

Resultados de INGEOMINAS

Las contribuciones de INGEOMINAS al desarrollo del país han sido numerosas e importantes. Las más notables están relacionadas con la cartografía geológica, la búsqueda y evaluación de yacimientos minerales, las amenazas geológicas, las investigaciones y servicios en el campo de la química, el museo y la biblioteca.

Cartografía Geológica

Hasta 1995 el instituto cubrió aproximadamente el setenta por ciento de la zona andina, a escala 1:100 000, correspondiente al veinticinco por ciento del territorio continental del país. En 1976 se publicó una versión del *Mapa Geológico de Colombia* (Barrero y otros), a escala 1:1 500 000, y esa versión fue actualizada en 1988 (Vargas y otros). En los últimos años de INGEOMINAS, debido a la ampliación de funciones y a la diversificación del instituto, las labores de cartografía disminuyeron con relación al resto de actividades. Con la adquisición de modernos equipos para el análisis digital de imágenes de satélite y con la aplicación de métodos modernos, como los sistemas de información geográfica, el Instituto buscó suplir la disminución de personal en esa área y avanzar más rápidamente en el



Portada de la *Memoria del Mapa Geológico Generalizado del departamento del Quindío* (1991).

cubrimiento cartográfico del país. En el año 2000 la superficie del territorio cubierta por la cartografía sistemática (escala 1:100 000) llegó al treinta y tres por ciento y en 2011 se alcanzó la cifra del cincuenta y dos por ciento.

Las investigaciones básicas, derivadas de la cartografía, mostraron interesantes progresos. Varios hallazgos llevaron a mejores interpretaciones de la génesis de la cadena andina: esquistos azules, magmatismo básico del Cretáceo inferior en la cordillera Oriental, lavas komatiiticas fanerozoicas, por ejemplo. En 1983 se presentó el *Mapa de terrenos geológicos de Colombia*, que propuso una nueva interpretación de la geología del país. Desde la década de los ochenta del siglo XX, INGEOMINAS empezó a publicar mapas geológicos de diferentes divisiones políticas de Colombia, como ciudades y departamentos.

El *Proyecto Mapa Geológico de Colombia* (2004–2011) ha buscado sintetizar la geología del país en mapas de menor escala que los de la cartografía sistemática. Una novedad del proyecto está en que en la última década se convierte en una actividad permanente de síntesis y actualización; los anteriores mapas geológicos de Colombia habían sido tema de proyectos específicos.

La iniciativa de preparar una nueva edición del Mapa Geológico de Colombia nació en 2002. En 2004 se conformó el grupo de trabajo con el objetivo de compilar y sintetizar la cartografía geológica generada por INGEOMINAS y otras instituciones, así como todas las publicaciones científicas de Colombia, con el fin de obtener versiones periódicas del Mapa Geológico de Colombia en escala 1:1 000 000 y de las 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia a escala 1:500 000. También se propuso mantener actualizadas las bases de datos asociadas y propender para que el SIG implementado mejore continuamente, de acuerdo con los avances en la materia.

Los primeros resultados del proyecto se materializaron en agosto de 2007, cuando se finalizó el Mapa Geológico de Colombia a escala 1:1 000 000 (Gómez y otros, 2007a) y el Atlas Geológico de Colombia a escala 1:500 000 (Gómez y otros, 2007b). La respectiva versión en inglés se concluyó a mediados de 2008. La edición 2007 mereció el premio Lorenzo Codazzi, otorgado por la Sociedad Colombiana de Ingenieros el 29 de mayo de 2008. El 4 de junio del mismo año se hizo el lanzamiento y entrega oficial al país en la Casa de Nariño por parte del presidente de la República de Colombia, doctor Álvaro Uribe Vélez.

En febrero de 2010, como un reconocimiento a los resultados del proyecto, el geólogo Jorge Gómez Tapias, su coordinador, fue nombrado secretario general de la Comisión del Mapa Geológico del Mundo (CGMW) y coordinador, junto al doctor Carlos Schobenhaus del Servicio Geológico de Brasil (CPRM), del Mapa Geológico de Suramérica a escala 1:5 000 000 y del Mapa Geológico y de Recursos Minerales de Suramérica (MGRMS) a escala 1:1 000 000.

Recursos Minerales

El área de Recursos Minerales ejecutó proyectos de gran importancia. Ya en 1969 el



Lanzamiento del Mapa Geológico de Colombia 2007 en el Salón Bolívar del Palacio de Nariño (Bogotá) el 18 de junio de 2008, con la presencia del presidente de la República de Colombia doctor Álvaro Uribe Vélez. De izquierda a derecha: Edwin González Moreno, Hernán Martínez Torres (ministro de Minas y Energía), Álvaro Nivia Guevara, Mario Ballesteros Mejía (director general de INGEOMINAS), María Lucía Tejada Avella, César David López Arenas, Álvaro Uribe Vélez, Jorge Gómez Tapias, Nohora Emma Montes Ramírez, Yanneth Montaña Barrera y César Augusto Madrid Montoya.

Instituto hizo las primeras evaluaciones del potencial del carbón de El Cerrejón. En la década de los setenta, gracias a un convenio de cooperación técnica con las Naciones Unidas (PNUD), se adelantó un gran programa de exploración, con proyectos de metales básicos, metales preciosos y esmeraldas. Una serie de blancos fue el resultado del programa. Mocoa, Pantanos–Pegadorcito y Acandí, en metales básicos, fueron los más importantes. Posteriormente, INGEOMINAS adelantó estudios más detallados, llegando en algunos hasta la fase de prefactibilidad.

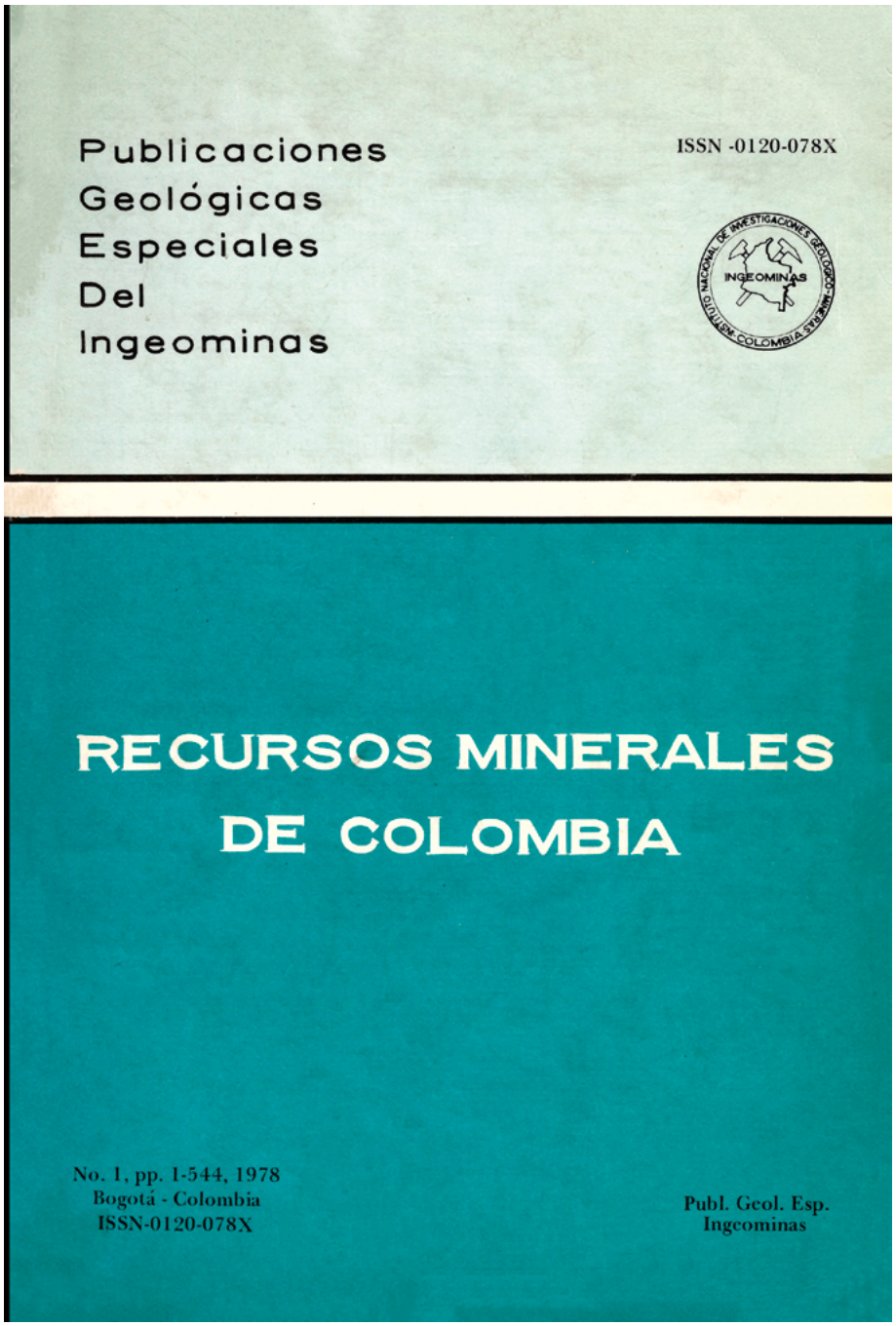
Gracias a una serie de convenios con diferentes países, se exploraron varias áreas que mostraban buenas posibilidades para depósitos de interés económico. Entre ellas están la zona de Almaguer (convenio con Japón), Iró–Condoto (convenio con Alemania), y Valle del Cauca (convenio con Gran Bretaña). En cooperación con el Servicio Geológico de los Estados Unidos se creó en 1983 un banco de datos de geoquímica y se hizo una *Evaluación de los recursos minerales no combustibles*, publicada en la serie de las *Publicaciones Especiales de INGEOMINAS* (Albers y otros, 1983). En la misma serie se publicó en 1978 la primera edición de la obra *Recursos minerales de Colombia*.

La *hidrogeología* es uno de los campos donde INGEOMINAS ha sido líder en el país y obtuvo resultados de gran beneficio social. Muchos municipios de Colombia pudieron ser abastecidos de agua gracias a los proyectos de búsqueda de agua subterránea. Los casos más importantes son los de Riohacha, varios municipios de los departamentos del Magdalena y de La Guajira, y algunos municipios de la sabana de Bogotá. Los principales acontecimientos en el desarrollo del área fueron el estudio regional de aguas subterráneas en el Valle del Cauca (1967), que culminó con la creación de la Sección de Aguas Subterráneas de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), y el Convenio Colombo–holandés (1972–1986), gracias al cual INGEOMINAS adquirió métodos modernos de exploración y explotación.

Amenazas Geológicas

Las amenazas geológicas fueron un nuevo campo de acción de INGEOMINAS, en el cual tuvo que hacer grandes aportes en personal e infraestructura para responder a una urgente demanda social. El Decreto 3815 de 1985 asignó a INGEOMINAS la responsabilidad de los estudios sobre los riesgos geológicos en Colombia. A partir de 1989 el instituto actuó dentro del marco del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.

El terremoto de Popayán en 1983 marcó el inicio de las investigaciones sobre amenaza sísmica en Colombia. El estudio titulado *El terremoto de Popayán del 31 de marzo de 1983*, resultado de un proyecto interinstitucional a nivel nacional, fue publicado en 1984. Posteriormente nacieron los proyectos pilotos de amenaza sísmica del valle del Cauca (Convenio Colombo–Suizo, GERSCO) y de microzonificación sismogeotécnica de Popayán (convenio INGEOMINAS–Comunidad Económica Europea).



Portada de *Recursos minerales de Colombia* (1978).



Portada de la *Microzonificación sismogeotécnica de Popayán*, el primer estudio de ese tipo adelantado en Colombia. *Publicaciones Especiales del INGEOMINAS* (1992).

Con la instalación de la Red Sismológica Nacional, a cargo de INGEOMINAS, se dio inicio a los estudios sistemáticos sobre amenaza sísmica en Colombia.

En el campo de la amenaza volcánica, la reactivación del volcán Nevado del Ruiz en 1985 dio lugar al comienzo de los estudios; puede decirse que en ese momento nació la vulcanología en Colombia y que desde sus inicios tuvo conciencia de su función social. La primera versión del mapa de amenaza del volcán Nevado del Ruiz fue entregada oficialmente el 7 de octubre de 1985 como *Mapa Preliminar de Riesgos Volcánicos Potenciales del Nevado del Ruiz*. El del volcán Galeras fue publicado en 1989 y posteriormente se terminaron los de los volcanes Puracé, Santa Isabel, Cerro Bravo, Cerro Machín, Cumbal Nevado del Tolima y Nevado del Huila.

Los observatorios vulcanológicos y sismológicos ampliaron notablemente sus campos de acción. En marzo de 2011 el de Pasto (OVSP) hacía el seguimiento permanente de los volcanes Cumbal, Azufral, Galeras y Doña Juana. El de Manizales (OVSM) monitoreaba en 2011, además del Nevado del Ruiz, los volcanes Nevado del Tolima, Cerro Machín, Nevado de Santa Isabel y Cerro Bravo. Desde el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Popayán (OVSPo) se monitoreaban en la misma época los volcanes Puracé, Sotará y Nevado del Huila. Este último volcán presentó en los años 2007 (febrero 19 y abril 18) y 2008 (noviembre 20) sus primeros eventos eruptivos en la historia, con gran impacto en las comunidades ubicadas en su área de influencia debido a la generación de importantes flujos de lodo con grandes volúmenes, así como emisiones de cenizas que se dispersaron en toda la región.

Los deslizamientos, que ya en tiempos pasados habían exigido la atención de la Comisión Científica Nacional y del Servicio Geológico Nacional, se empiezan a convertir en un tema crítico durante la década de los ochenta. En esa época INGEOMINAS da inicio a los proyectos de zonificación, que buscaban proveer herramientas técnicas para la toma de decisiones en la planificación territorial. El más notable es el estudio *Zonificación geotécnica del Distrito Especial de Bogotá*, terminado en 1988.

Con la creación del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, que entró a operar en 1989, INGEOMINAS empezó a atender sistemática y oficialmente los deslizamientos que iban ocurriendo en diferentes regiones del país, a través de visitas de las cuales se derivaban informes técnicos. Los estudios de zonificación aumentan entonces notablemente; entre ellos hay que mencionar los de las ciudades de Ibagué (1990), Valledupar–río Guatapurí (1991), Armenia (1992) y Villavicencio (1992). Posteriormente se adelantaron estudios de aptitud y uso del suelo del casco urbano de Cartagena (1992), la *Zonificación geotécnica de las laderas occidentales de Barranquilla* (1996) y el *Estudio de las amenazas geológicas de la Isla de San Andrés* (1996). También se empezó a trabajar a nivel de cuencas hidrográficas: *Evaluación de la actividad erosiva y la amenaza geológica de la cuenca aportante a la Central Hidroeléctrica de Chivor–departamentos de Boyacá y Cundinamarca*

en 1997, y *Estudio geológico–geotécnico de la cuenca del río Combeima, departamento del Tolima* en 1993.

El departamento de Cundinamarca fue tema de un estudio de amenazas geológicas, en dos fases, en 1998 y 1999. Entre las investigaciones específicas sobresalen el *Estudio de amenazas y obras alternativas de protección para Útica, departamento de Cundinamarca* (1990) y *Susceptibilidad a avenidas torrenciales de las quebradas San Roque y Obando, del sector de la urbanización Tierra Firme, municipio de Ibagué, departamento del Tolima* (1999). Tras el terremoto del Quindío, que generó deslizamientos numerosos e importantes, INGEOMINAS participa en las evaluaciones de daños y posteriormente adelanta la *Zonificación de amenazas geológicas para los municipios del Eje Cafetero afectados por el sismo del 25 de enero de 1999.*

En la primera década del siglo XXI, INGEOMINAS continúa su trabajo sistemático de visitas de emergencia y de conceptos técnicos. Por otro lado, emprende una serie de estudios de diagnóstico y de zonificación, en la cual se destacan:

- Diagnóstico de la amenaza por deslizamientos en el macizo Colombiano, 2000.
- Zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa y propuesta de obras para la estabilización del deslizamiento del parque del municipio de La Sierra, (Cauca), 2001.
- Zonificación integral por amenazas naturales para la ciudad de Villavicencio, departamento del Meta, 2002.
- Zonificación de amenaza por movimientos en masa de tres sectores del municipio de Soacha, Fase I, 2006.
- Zonificación de amenaza por movimientos en masa de algunas laderas de los municipios de Bucaramanga, Girón, Floridablanca y Piedecuesta, 2006–2007.
- Zonificación de amenaza por movimientos en masa del municipio de Soacha, entre 2009 y 2011.
- Zonificación de amenaza por movimientos en masa de las laderas occidentales de Barranquilla en el departamento del Atlántico, 2009–2011.
- Zonificación de amenaza por movimientos en masa en el municipio de Cáqueza (Cundinamarca), 2010.

Los movimientos en masa tipo flujo fueron tema de estudios por cuencas. Los más importantes fueron los de los ríos Combeima (2009), Páez y Timaná (2010) y la quebrada La Negra, Útica (Cundinamarca, 2005).

La geodesia adquirió un notable desarrollo en INGEOMINAS desde el año 2007 a través del Proyecto Investigaciones Geodésicas Espaciales para el Estudio de la Dinámica Terrestre (GeoRED). La aplicación de la tecnología geodésica espacial con propósitos científicos surgió en Colombia con el proyecto internacional Central South and South America (CASA) GPS Project que, con el apoyo de la NASA y la UNAVCO de los Estados Unidos, permitió entre 1988 y 1998 la toma de datos en Costa Rica, Panamá, Venezuela, Colombia y Ecuador. INGEOMINAS coordinó las operaciones en nuestro



Hay muchas cosas que no se pueden averiguar mediante el pensamiento, hay que vivirlas.
MICHAEL ESDE

EL PAIS

$ 300,oo

CALI, 8 DE JUNIO DE 1994 | 40 PAGINAS 4 SECCIONES | TARIFA PARA PRENSA PERIODICA No. 82 DE ADPOSTAL | AFILIADO A SIP Y ANDIARIOS | AÑO 45-No.15.838

ESCENARIO DE LA TRAGEDIA

Valle del Cauca
Tolima
Cauca
Huila
Mosoco
Tóez
Río Páez
Yuzayú
Popayán
N

Temblor y avalancha: 370 muertos y 500 desaparecidos en Cauca y Huila

¡Catástrofe!

Cuatro poblaciones borradas de la faz de la tierra. Gaviria visita hoy la zona. Miles de damnificados viven su drama. Destruida la red vial. Dantescas escenas de rescate. Centenares de familias lloran sus muertos. Dolor.

POR ARMANDO GALVIS P.
ENVIADO ESPECIAL DE EL PAIS
CAÑON DEL RIO PAEZ

TRAGEDIA NACIONAL

El cañón del Río Páez era ayer un reguero de muerte y destrucción a lo largo de 10 poblados y caseríos de Cauca y Huila.

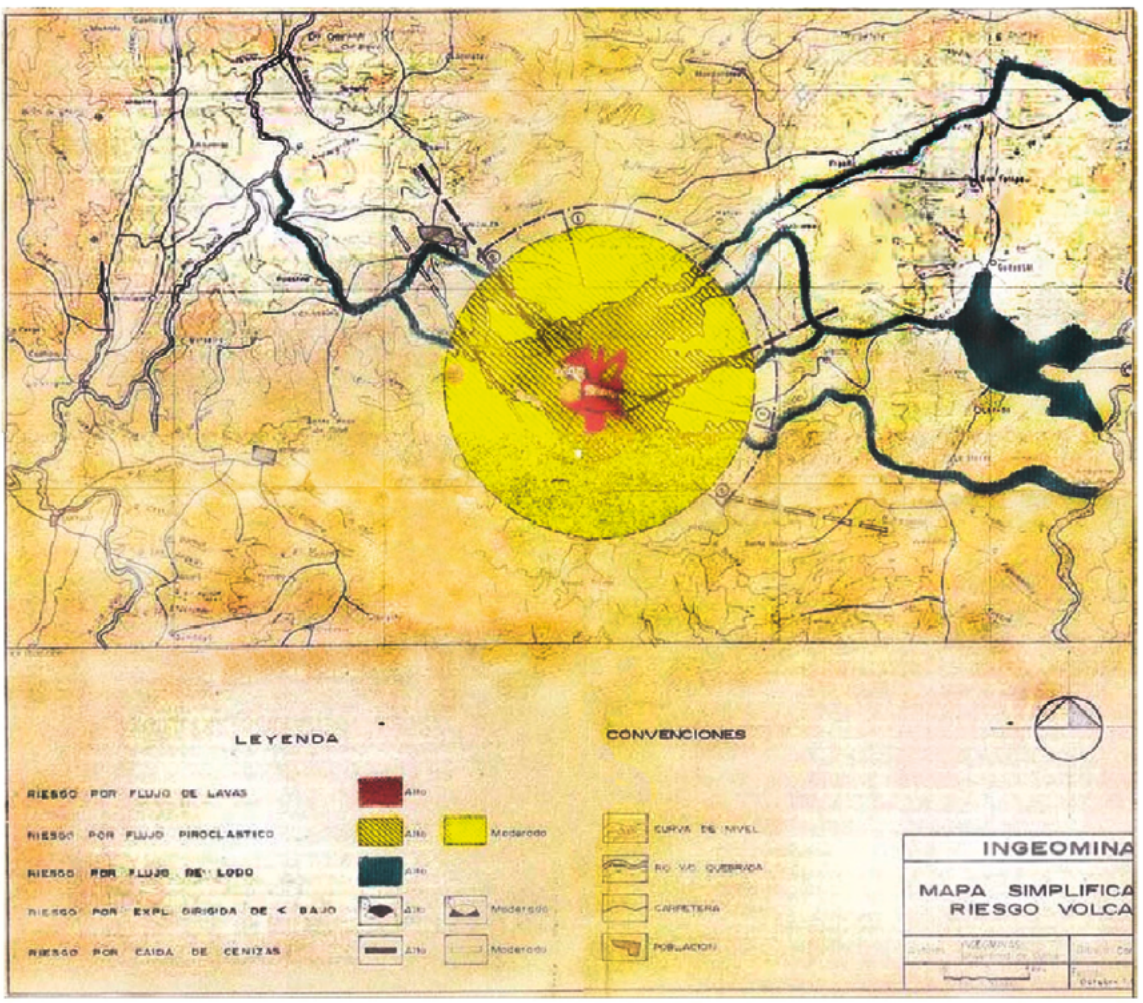
Cuatro poblaciones -Irlanda, Mosoco, Tóez y Yuzayú-, fueron borradas del mapa en el departamento del Cauca.

El desastre adquirió características de catástrofe, tras conocer un primer y dramático saldo: 370 muertos, más de 500 desaparecidos y centenares de heridos.

Toda la red vial de la región quedó inservible. Un puente aéreo, tendido desde Neiva, llevaba alimentos y primeros auxilios a miles de damnificados que deambulaban como almas en pena por toda la zona.

El presidente César Gaviria Trujillo visitará hoy el escenario de la fatídica avalancha, para hacer una evaluación personal y determinar un

Primera página del diario *El País* (Cali) anunciando los graves daños causados por el terremoto del 6 de junio de 1994 en el Cauca.



Mapa de Amenazas del Volcán Nevado del Ruiz entregado por el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS) el 7 de octubre de 1985.

país, participando activamente en la toma de datos de campo, procesamiento y análisis de los mismos, con apoyo internacional. Al finalizar el Proyecto CASA, con el propósito de continuar con este tipo de aplicaciones, se inició en 1999 un trabajo sistemático de construcción y toma de datos en estaciones de campo, abarcando incluso las zonas de los volcanes Nevado del Ruiz, Cerro Machín y Galeras, dentro del marco del Proyecto *Levantamiento de información geodinámica del territorio colombiano*, ejecutándose campañas de campo en los años 1999, 2001, 2003, 2004, 2005 y 2006. La campaña de campo de 2003 estuvo orientada a obtener información para el estudio *Microzonificación sísmica de la ciudad de Santiago de Cali*.

Investigaciones Químicas

El inicial Laboratorio Químico Nacional cambió de nombre a lo largo de las diferentes reestructuraciones: Subdirección de Química en 1991, Subdirección de Ensayos y Servicios Tecnológicos, anexándosele los Laboratorios de Geología y Geomecánica en 1999, Grupo de Laboratorios en 2004, y Grupo de Trabajo Desarrollo de la Infraestructura Científica y Tecnológica–Operación y Mantenimiento de los Laboratorios del Servicio Geológico en 2007. Se adelantaron proyectos en los campos de química y beneficio de minerales, geoquímica, química ambiental, estudio químico de carbones y su correcta utilización, y servicio de análisis y control de calidad para la industria, la minería, la agricultura, la docencia y la investigación. En 1992, cerca de seiscientas empresas de los sectores oficial y privado eran usuarios de los servicios analíticos de la subdirección. Entre las investigaciones desarrolladas se destacan: *Estudio geoquímico y mineralógico de los ambientes ferralíticos en los Llanos Orientales* (Premio Academia de Ciencias del Tercer Mundo), *Estudio de la química del mineral de yeso* (Premio Nacional de Química), *Evaluación de los carbones de las zonas de Cerrejón, Norte de Santander, Checua–Lenguazaque, la loma El Descanso*, y *valle del Cauca*, *Estudio de contaminación del río Magdalena por metales traza*, y *Evaluación de metales pesados en aguas y sedimentos del Pacífico Colombiano y su significado ambiental*.

Publicaciones

INGEOMINAS continuó la serie del *Boletín Geológico*, completando catorce volúmenes desde 1989. En 1992 apareció el volumen 32 y en 2011 se llegó al volumen 42. A partir de 1978 se inició una nueva publicación seriada, las *Publicaciones Especiales del INGEOMINAS*, que llegó al número 18 en 1995. También en 1992 apareció el primer número de una nueva serie, la revista *INGEOMINAS*, en la cual se publicaron los estudios aplicados de las geociencias y la química, mientras que en el *Boletín Geológico* se siguieron dando a conocer las investigaciones de geología básica. En 1993 INGEOMINAS dio inicio a una segunda serie de la *Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia*, que completó el tomo XXII en 1995.

El Museo Geológico y la Biblioteca

Iniciados en tiempos del Servicio Geológico Nacional, continuaron formando parte de INGEOMINAS desde 1968 y fueron ampliados y modernizados, prestando valiosos servicios a los investigadores nacionales y extranjeros, a universidades y a la comunidad en general.

Premios

Además del ya mencionado Premio Lorenzo Codazzi 2008 de la Sociedad Colombiana de Ingenieros entregado a INGEOMINAS por el Mapa Geológico de Colombia 2007, la Institución recibió:

En 1997 INGEOMINAS recibió el premio Lorenzo Codazzi, haciendo parte de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica por el *Estudio general de amenaza sísmica de Colombia*. En 1998 recibió el Premio Lorenzo Codazzi, junto con la Universidad de Los Andes, por el proyecto "Zonificación sísmica de Santafé de Bogotá".

En 2000 INGEOMINAS recibió el premio Lorenzo Codazzi, haciendo parte del Grupo de Sismología de Medellín, del cual hacían parte, además de INGEOMINAS, la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad Eafit e Integral por el proyecto "Instrumentación y microzonificación sísmica del área urbana de la ciudad de Medellín".

También en el 2000 recibió la Mención de Honor del mismo premio por el *Estudio del terremoto del Quindío y la recuperación del Eje Cafetero*, en 2009 por el *Mapa de Anomalías Geoquímicas de Colombia* y, en 2010, por el Proyecto GeoRED

Finalmente, en 2005 INGEOMINAS recibió el premio Lorenzo Codazzi por la publicación *El carbón colombiano, recursos, reservas y calidad*.

Bibliografía

Albers, J. Case, J. Bowen, R., Singer, D., Berger, B., Cox, D., Hodges, C., Etayo, F., Barrero, D, Lozano, H., Espinosa, A., Gonzalez, H., Orrego, A., Arias, A., Cedeño, C., Pulido, O., Murillo, A., Díaz, M., Zambrano, F., Duque, H., Vargas, R., Nuñez, A., Alvarez, J. Ropaín, C. Buenaventura, J., Mendoza, H., Rodriguez, G. & Jaramillo, L. 1983. Evaluación de los recursos minerales no combustibles de Colombia: Informe del proyecto cooperativo INGEOMINAS–USGS. Publicaciones Geológicas Especiales, 14 (II), 55p. Bogotá.

Barrero, D., Duque, H., Arango, J., Kassem, T. & Zambrano, F. 1976. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1 500 000. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS). Bogotá.

Etayo, F., Barrero, D., Lozano, H., Espinosa, A., González, H., Orrego, A., Zambrano, F., Duque, H., Vargas, R., Nuñez, A. Alvarez, J. Ropain, C., Ballesteros, I., Forero, H., Ramírez, C., Cardozo, E., Galvis, N., Sarmiento, L., Albers, J., Case, J., Singer, D., Berger, B., Cox, D., Hodges, C. & Bowen, R. 1983. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia. Escala 1: 1 500 000. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS). Bogotá.

García, L., Sarria, E., Espinosa, A., Bernal, C. & Puccini, M. 1984. Estudio general de riesgo sísmico de Colombia. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. 242 p. Bogotá.

Gómez, J., Nivia, A., Montes, N., Jiménez, D., Tejada, M., Sepúlveda, M., Gaona, T., Osorio, J., Diederix, H. & Mora, M. 2007a. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1000 000. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), 2 hojas. Bogotá.

Gómez, J., Nivia, A., Montes, N., Jiménez, D., Sepúlveda, M., Gaona, T., Osorio, J., Diederix, H., Mora, M. & Velásquez, M. 2007b. Atlas Geológico de Colombia. Escala 1:500 000, Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), 26 planchas. Bogotá.

González, H. & Núñez, A. 1991. Mapa Geológico Generalizado del Departamento del Quindío. Escala 1:100 000. Geología y recursos minerales. Memoria explicativa. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS), 42 p. Bogotá.

INGEOMINAS. 1978. Recursos minerales de Colombia. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS). Publicaciones Especiales del INGEOMINAS, (1–2), 544p. Bogotá.

INGEOMINAS, UNICAUCA, UNIANDES, UNIVALLE, IGAC, CVC, ISA, SENA, INSTITUTO GEOFÍSICO DE LOS ANDES COLOMBIANOS. 1984. El Sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983, 320 p. Bogotá.

INGEOMINAS. 1992. Microzonificación sismogeotécnica de Popayán. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). Publicaciones Especiales del INGEOMINAS, (2), 208 p. Bogotá.

INGEOMINAS & DAGMA. 2003. Microzonificación sísmica de la ciudad de Santiago de Cali Valle del Cauca. Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero–Ambiental y Nuclear (INGEOMINAS). Cali.

Julivert, M., & De Porta, J. 1968. Léxico estratigráfico de Colombia. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS), 5 (4a), 572p. Bogotá.

Martínez Ortiz, C. 1998. Folleto conmemorativo 70 años del Laboratorio Químico Nacional. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS), inédito, 16 p. Bogotá.

Osorio, R. 1982 Historia de la química de Colombia. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS). Publicaciones Especiales del INGEOMINAS, (11), 122 p. Bogotá.

Vargas, R. Espinosa, A., Núñez, A. Paris, G., Mendoza, J., Duque, H., Etayo, F., Orrego, A. & González, H. 1988. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1 500 000. Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS). Bogotá.

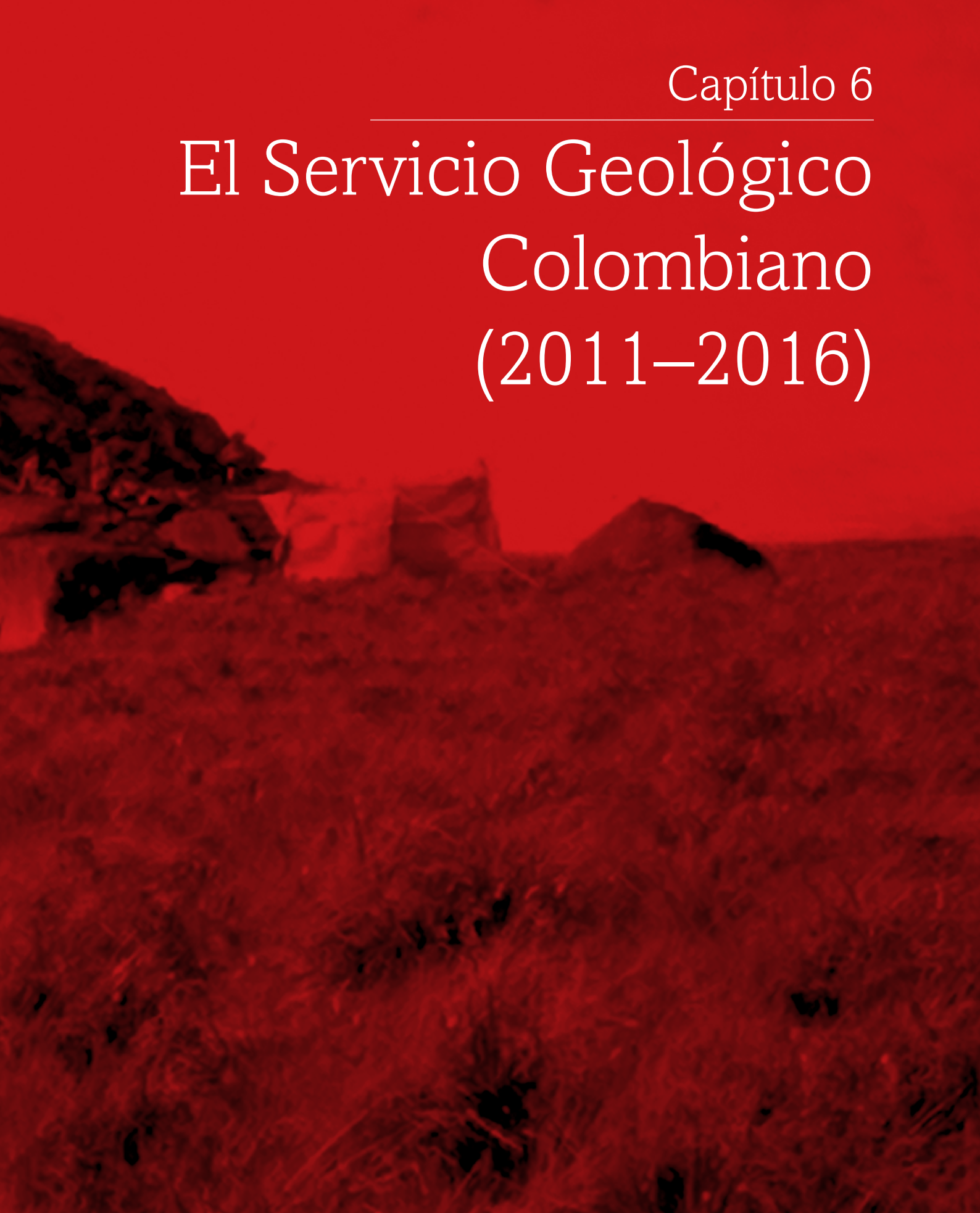


San Rafael. Primera perforación en La Corraleja. Al fondo la quebrada Los Pinos.
Fondo Documental Royo y Gómez del Servicio Geológico Colombiano.



Capítulo 6

El Servicio Geológico Colombiano (2011–2016)




MINMINAS
GOBIERNO SANTOS
ESTÁ CUMPLIENDO
MINMINAS
GOBIERNO SANTOS
ESTÁ CUMPLIENDO
MINMINAS

Inicio y reestructuración del Servicio Geológico Colombiano

Para entender el contexto en el que se genera un nuevo periodo de transformaciones del Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), es necesario tener en cuenta que el Ministerio de Minas y Energía ejerce el control administrativo y de tutela de tres sectores fundamentales para el desarrollo económico y social del país, siendo éstos el sector de hidrocarburos, el sector eléctrico y el sector minero. Cuando estos sectores se comparan entre sí, se puede apreciar el importante desarrollo institucional que los dos primeros han venido presentando en las últimas décadas, en contraste con el tercero de los mencionados que, en ese aspecto, no ha tenido un desarrollo similar.

El sector hidrocarburífero tiene una institucionalidad sólida y estable con empresas de la categoría de Ecopetrol, una institución altamente técnica que ha venido impulsando el desarrollo y explotación de los hidrocarburos en Colombia, o de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, que a pesar de ser una institución de creación reciente se ha posicionado como un eficiente administrador del recurso hidrocarburífero de la Nación, estimulando el incremento de las reservas de barriles de petróleo en el país.

A su turno, el sector eléctrico dispone para su planeación, administración y desarrollo de instituciones como la UPME, ISA, ISAGEN y GECELCA, que han alcanzado unos muy altos niveles técnicos así como estabilidad en la existencia de esas entidades, lo que se ha reflejado en un manejo eficiente del sector, a pesar de las dificultades y desafíos que los fenómenos metereológicos generan en un país que depende en gran medida del suministro de energía hidráulica.

En cambio, esas condiciones de solidez y estabilidad institucional no se han dado en el sector minero, que se ha caracterizado por la existencia de una sucesión fallida de enti-

dades que son reemplazadas por otras con nombres diferentes y propósitos similares, sin resolverse los problemas de fondo de este importante sector. Este es el caso de INGEOMINAS, a quien como se mencionó en el capítulo anterior, tras liquidarse la anterior autoridad minera, se le asignaron las mismas funciones desde el año 2004.

Durante la campaña presidencial de 2010 se hizo evidente la debilidad institucional del sector minero que debía ser una palanca fundamental del crecimiento económico del país. Existía una multiplicidad de problemas relacionados con la falta de transparencia en el otorgamiento de títulos mineros, unas veces porque los beneficiarios carecían de la capacidad técnica o de la fortaleza financiera para desarrollarlos y, en otras ocasiones, porque se concedían títulos en zonas restringidas para la minería como páramos y parques naturales. A lo anterior había que agregar el alto índice de accidentalidad, especialmente en minas que no cumplían con los requisitos mínimos de seguridad industrial. Para afrontar estos desafíos el entonces candidato presidencial Juan Manuel Santos Calderón se comprometió con una reforma institucional del sector minero, incluyendo la creación de una agencia minera que sería la encargada de administrar el sector, similar a la que existía para los hidrocarburos.

Fue así como desde inicios de la primera administración del presidente Juan Manuel Santos correspondió al ministro de Minas y Energía, doctor Carlos Rodado Noriega, emprender esa reforma, para lo cual se contó con la asesoría de *Mckinsey and Company*, una importante firma consultora internacional, con el fin de que hiciera las recomendaciones pertinentes sobre las mejores prácticas de minería a nivel mundial en aspectos relativos a la institucionalidad, articulación con los sectores ambientales y de infraestructura, así como en aspectos referentes a la generación de recursos económicos en términos de impuestos y regalías. Y, por supuesto, en algo que era trascendental para los propósitos que se perseguían: el conocimiento geocientífico del territorio nacional. De manera adicional, también se realizaron los estudios técnicos y jurídicos que permitirían posteriormente la implementación de la proyectada reforma del sector minero.

Como resultado de los estudios adelantados por el Ministerio de Minas y Energía, y utilizando las facultades que le otorgó el Congreso de la República mediante la Ley 1444 de 2011 al Gobierno Nacional para modificar la administración pública, se definió que debía crearse una institución especializada en la administración del recurso minero con el otorgamiento de los títulos, la fiscalización de la actividad y la promoción del recurso y, transformar a INGEOMINAS, especializándolo en el conocimiento geocientífico de la nación. La primera se creó mediante el Decreto Ley 4134 de 2011 y dio origen a la Agencia Nacional de Minería. De manera complementaria, INGEOMINAS debería volver a ser la entidad especializada en el conocimiento geocientífico de la Nación, misión que había tenido desde sus inicios, tal como se ha descrito a lo largo de todos los capítulos precedentes. Por lo anterior, mediante

Decreto Ley 4131 de 2011 se transformó la naturaleza de INGEOMINAS de establecimiento público a un instituto de ciencia y tecnología adscrito al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y modificando el nombre de INGEOMINAS por el de Servicio Geológico Colombiano.

Adicionalmente, mediante Decreto Ley 4137 de 2011 por el cual se modifica la naturaleza jurídica de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, se reasigna al Servicio Geológico Colombiano la administración del Banco de Información Petrolera, que contiene toda la información geocientífica que en los últimos 70 años han levantado las compañías petroleras en Colombia y la ANH, con el propósito de centralizar en el Servicio Geológico Colombiano la totalidad de los fondos documentales de la Nación incluyendo su Litoteca y Cintoteca. Para esta trasferencia se dio un plazo de cinco años que se cumplen a finales de 2016, año en que se conmemoran los 100 años de la Entidad. La expedición de estos decretos le correspondió al siguiente ministro de Minas y Energía, doctor Mauricio Cárdenas Santamaría.

Simultáneamente al anterior proceso de reforma administrativa, se llevaba a cabo en el Congreso de la República la discusión de una reforma constitucional para modificar el Sistema de Regalías existente hasta entonces, con el propósito de hacer más eficiente y distributivo a toda la Nación la asignación de los recursos de regalías generados por la explotación de los recursos no renovables del país. Es así como a instancias del ministro de Minas y Energía, doctor Carlos Rodado Noriega como cabeza del sector minas y energía, se logró que se aprobara la destinación del 2% de las regalías totales para ser distribuidas según las políticas y prioridades sectoriales destinadas a la cartografía y conocimiento geológico del subsuelo y a la fiscalización de los yacimientos. Lo anterior quedó plasmado en la aprobación de la reforma constitucional al Sistema General de Regalías adoptada mediante Acto Legislativo n.º 5 de 2011.

Gracias a esta reforma constitucional, desde el año 2011 el Servicio Geológico Colombiano cuenta con una nueva y estable fuente de financiación para adelantar la cartografía y avanzar en el conocimiento geológico del subsuelo de Colombia. Igualmente la Agencia Nacional de Minería dispone hoy de suficientes recursos para realizar la fiscalización minera, que era una de las grandes deficiencias de la entidad encargada de realizar esa importante gestión. En los pocos años que lleva de vigencia la norma constitucional, los ministros de Minas y Energía doctores Mauricio Cárdenas Santamaría, Federico Rengifo Vélez, Amylkar Acosta Medina y Tomás González Estrada han asignado al Servicio Geológico Colombiano $220 000 millones para la generación de conocimiento geocientífico del subsuelo colombiano, y poder así superar la barrera del bajo conocimiento del subsuelo con el desarrollo de los importantes proyectos de investigación que más adelante en este capítulo se describirán.

El Decreto Ley 4131 del 3 de noviembre de 2011 cambia la naturaleza jurídica de INGEOMINAS convirtiéndolo en el Servicio Geológico Colombiano y define su objeto así:

> Realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo; adelantar el seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico; administrar la información del subsuelo; garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país; coordinar proyectos de investigación nuclear, con las limitaciones del artículo 81 de la Constitución Política, y el manejo y la utilización del reactor nuclear de la Nación.

A esta institución se le asignan las siguientes funciones:

1. Asesorar al Gobierno Nacional para la formulación de las políticas en materia de geociencias, amenazas y riesgos geológicos, uso de aplicaciones nucleares y garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país.
2. Adelantar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo y administrar los datos e información del subsuelo del territorio nacional.
3. Generar e integrar conocimientos y levantar, compilar, validar, almacenar y suministrar, en forma automatizada y estandarizada, información sobre geología, recursos del subsuelo y amenazas geológicas, de conformidad con las políticas del Gobierno Nacional.
4. Actualizar el mapa geológico colombiano, de acuerdo al avance de la cartografía nacional.
5. Integrar y analizar la información geocientífica del subsuelo, para investigar la evaluación, la composición y los procesos que determinan la actual morfología, estructura y dinámica del subsuelo colombiano.
6. Administrar la Litoteca, Cintoteca, Mapoteca, Museo Geológico y demás fondos documentales del Servicio Geológico Colombiano.
7. Adelantar programas de reconocimiento, prospección y exploración del territorio nacional, de acuerdo con las políticas definidas por el Ministerio de Minas o el Gobierno Nacional.
8. Realizar la identificación, el inventario y la caracterización de las zonas de mayor potencial de recursos naturales del subsuelo, tales como minerales, hidrocarburos, aguas subterráneas y recursos geotérmicos, entre otros.
9. Identificar, evaluar y establecer zonas de protección que, en razón de la presencia de patrimonio geológico o paleontológico del país, puedan considerarse áreas protegidas.
10. Investigar fenómenos geológicos generadores de amenazas y evaluar amenazas de origen geológico con afectación regional y nacional en el territorio nacional.
11. Proponer, evaluar y difundir metodologías de evaluación de amenazas con afectaciones departamentales y municipales.
12. Administrar y mantener las instalaciones nucleares y radiactivas a su cargo, así como coordinar los proyectos de investigación nuclear.

13. Fijar las tarifas de todos los servicios de licenciamiento y control para la gestión de materiales nucleares y radiactivos en el país.
14. Prestar servicios relacionados con el conocimiento geocientífico y del uso de las aplicaciones nucleares, de acuerdo con las políticas definidas por el Consejo Directivo.
15. Suministrar a la Unidad de Planeación Minero–Energética la información que se requiera para la elaboración de estudios e investigaciones de planeamiento sobre los recursos del subsuelo.
16. Las demás que se le asignen o reciba por delegación del Ministerio de Minas y Energía.

Esas funciones incluyen algunas que correspondían al Servicio Geológico de INGEOMINAS, más las que se derivan de las políticas del Plan Nacional de Desarrollo. Con el cambio de la naturaleza jurídica el Servicio Geológico Colombiano pasa, como se dijo, de establecimiento público a una entidad científica y tecnológica concentrada en el conocimiento geológico y sus aplicaciones, cuyo objetivo es el conocimiento integral del subsuelo. Lo anterior permitirá el uso estratégico de los recursos de hidrocarburos, minería y aguas subterráneas, para la toma de decisiones públicas y la prospección de los recursos. Entre los objetivos específicos están realizar la cartografía del país, adelantar investigaciones con propósitos de geodinámica, geomorfología, geología marina y costera, así como las aplicaciones de teledetección y el seguimiento a las amenazas geológicas y de riesgos físicos, lo que permitirá tomar decisiones en materia de políticas, prevención, seguimiento y monitoreo de las mismas. En 2012, a través de la Resolución 181283, el Ministerio de Minas y Energía asigna específicamente al Servicio Geológico Colombiano la función del conocimiento y cartografía geológica del subsuelo colombiano, y la función de conocimiento y cartografía geológica del subsuelo colombiano en materia de hidrocarburos a partir de noviembre de 2016.

Adicionalmente, el artículo 7° del Decreto 4131 de 2011 establece que el Consejo Directivo del Servicio Geológico Colombiano estará integrado por los siguientes miembros:

1. El Ministro de Minas y Energía, quien lo presidirá y sólo podrá delegar en el Viceministro de Minas.
2. El Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio, quien podrá delegar en uno de los Viceministros.
3. El Director del COLCIENCIAS.
4. El Presidente de la Agencia Nacional de Hidrocarburos.
5. El Presidente de la Agencia Nacional de Minería.
6. El Director de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior, o quien haga sus veces.
7. Un (1) representante del Presidente de la República; desde el año 2013 se ha designado al Director de la DIMAR.

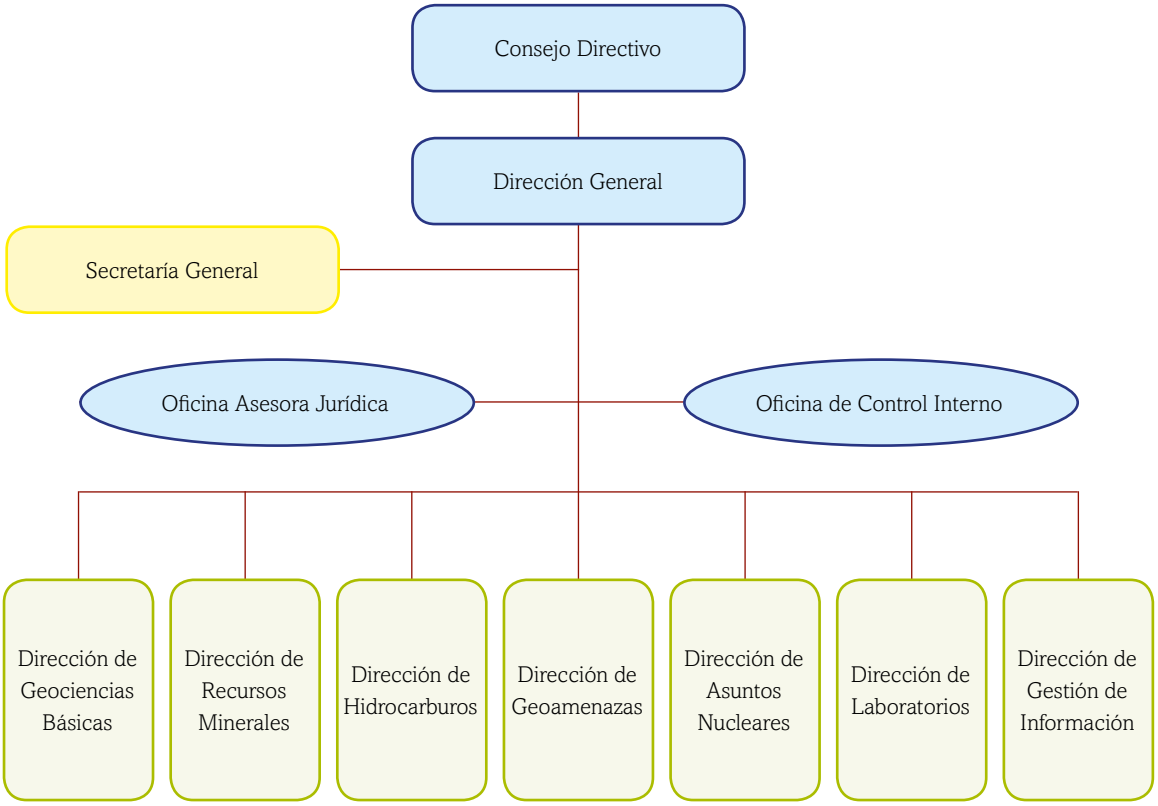
Cabe resaltar que, además de que los presidentes de las dos agencias estén en el

Consejo Directivo del Servicio Geológico Colombiano, en atención a las recomendaciones del estudio elaborado por el Ministerio de Minas y Energía con el propósito de garantizar la adecuada coordinación institucional entre las agencias de minería e hidrocarburos y el Servicio Geológico Colombiano, el Director General de esta entidad es miembro de los consejos directivos de la Agencia Nacional de Minería y de la Agencia Nacional de Hidrocarburos. Con esta participación cruzada en los consejos directivos del SGC, la ANH y la ANM, se aprovechan sinergias institucionales y se garantiza la articulación entre las mismas al definir las políticas, planes y programas de cada una de tales entidades, en la medida en que en su formulación participan cada uno de sus representantes legales.

El Marco Estratégico del Servicio Geológico Colombiano define su misión y su visión así:

> Misión
>
> Contribuir al desarrollo económico y social del país, a través de la investigación en geociencias básicas y aplicadas del subsuelo, el potencial de sus recursos, la evaluación y monitoreo de amenazas de origen geológico, la gestión integral del conocimiento geocientífico, la investigación y el control nuclear y radiactivo, atendiendo las prioridades de las políticas del Gobierno Nacional.
>
> Visión
>
> Consolidar para su centenario en el año 2016, al Servicio Geológico Colombiano como la autoridad geocientífica del territorio nacional y entidad líder en la investigación de aplicaciones nucleares y radiactivas.

El Gobierno Nacional, a través de los Decretos 2703 y 2704 del 22 de noviembre de 2013, estableció respectivamente la estructura interna y la planta de personal del Servicio Geológico Colombiano. La estructura interna queda establecida con un consejo directivo, una dirección general, siete direcciones técnicas (Geociencias Básicas, Recursos Minerales, Hidrocarburos, Geoamenazas, Asuntos Nucleares, Laboratorios y Gestión de Información), la secretaría general y las oficinas de control interno y asesoría jurídica. Las relaciones entre esos estamentos se pueden ver en el organigrama siguiente.



Estructura interna del Servicio Geológico Colombiano.

El Servicio Geológico Colombiano diversifica y amplía sus actividades científicas al pasar de las tres subdirecciones de INGEOMINAS (Geología Básica, Recursos del Subsuelo y Amenazas Geológicas y Entorno Ambiental) a las siete direcciones técnicas arriba mencionadas.

La planta de personal (Decreto 2704 de 2013) asigna al Servicio Geológico Colombiano, además del personal directivo, 177 profesionales que ejercen las funciones científicas definidas en los objetivos de la institución.

El Artículo Primero del Decreto Ley 4131 de 2011 especifica que el Servicio Geológico Colombiano sigue adscrito al Ministerio de Minas y Energía y hará parte del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). Este último punto ratifica que su razón de ser es la investigación en geociencias.

Los proyectos del Servicio Geológico Colombiano, 2011–2016

Con el objeto de tener una visión de largo plazo sobre los proyectos que desarrollan su visión y misión institucional, el Servicio Geológico Colombiano formuló un plan estratégico decenal del conocimiento geocientífico que diera respuesta a las necesida-

des y demandas de la sociedad colombiana. Este *Plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014–2023*, representa el documento básico que define las líneas maestras y que servirá de guía para desarrollar las actividades del Servicio Geológico Colombiano hasta el año 2023. En su preparación se requirió un trabajo conjunto de todos los estamentos directivos y científicos de la institución, analizando las actividades en curso y previstas para cada una de las áreas y proyectando posteriormente las previsiones (en función de las necesidades y las demandas) hacia el futuro. Toda la información así generada, fue compilada y homogeneizada para proporcionar al documento un contenido conciso, claro y coherente.

La estructura del plan está basada en la organización interna del Servicio Geológico Colombiano, por capítulos que se conforman con sus unidades jerárquicas principales; es decir, las direcciones de Geociencias Básicas, Recursos Minerales, Hidrocarburos, Geoamenazas, Gestión de Información, Asuntos Nucleares y Laboratorios.

El Plan Estratégico se sometió a un debate público para recibir sugerencias y recomendaciones, para lo cual se organizó el *Foro Perspectivas del desarrollo del conocimiento geológico de Colombia 2014–2023*, coordinado por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

A partir de 2011 el Servicio Geológico Colombiano ha adelantado una serie de proyectos, una parte de los cuales se habían iniciado en INGEOMINAS, sobre los temas que corresponden a su misión. Estos son sintetizados en la tabla siguiente (la columna derecha indica los años en los cuales cada proyecto fue ejecutado).

Dirección	Proyecto	Periodo
Geociencias Básicas	• Cartografía Geológica	2011–2016
	• Mapa Geológico de Colombia	2011–2016
	• Geología Marina	2011–2016
	• Geología de Volcanes	2011–2016
	• Investigaciones en Tectónica	2011–2016
	• Exploración de Aguas Subterráneas	2014–2016
Recursos Minerales	Subdirección de Recursos del Subsuelo	
	• Exploración de Aguas Subterráneas	2011–2013
	• Exploración de Minerales Polimetálicos y Gemas	2011
	• Investigaciones en Recursos Minerales Metálicos	2012–2013
	• Exploración de Recursos Geotérmicos	2011–2013
	• Exploración de Recursos Energéticos	2011–2013
	• Exploración de Minerales Industriales	2011
	• Investigación en Recursos Minerales No Metálicos e Industriales	2012–2013
	• Exploración Geoquímica Multipropósito	2011
	• Geofísica para la Exploración del Subsuelo	2011–2013
	Dirección de Recursos Minerales	
	• Investigación y Exploración de Recursos Minerales Metálicos: Reconocimiento Geológico, Exploración Geoquímica, Exploración Geofísica, Metalogenia	2014–2016
	• Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos: Carbones, Gas Metano Asociado a Carbón, Uranio	2014–2016
	• Investigaciones en Recursos Minerales No Metálicos e Industriales: Fósforo, Magnesio, Azufre, Materiales de Construcción	2014–2016
Geoamenazas	• Investigación y Zonificación de Movimientos en Masa	2011–2013
	• Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa	2014–2016
	• Inventario y Monitoreo de la Actividad Volcánica	2011–2016
	• Inventario y Monitoreo de la Actividad Sísmica	2011–2016
	• Sistema de Información de la Red Sismológica Nacional y la Red Nacional de Acelerógrafos	2011–2016
	• Conocimiento de la Corteza Terrestre y Proceso de la Fuente Sísmica	2011–2016
	• Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales (GeoRED)	2011–2016

Dirección	Proyecto	Periodo
Gestión de Información	• Arquitectura Empresarial • Sistemas de Información Georreferenciada Institucional • Valoración de la Información Geocientífica en Custodia del Servicio Geológico Colombiano • Migración y Transformación de la Información Geográfica • Organización y Catalogación de Información • Estandarización • Litotecas • Divulgación • Museo Geológico Nacional	
Asuntos Nucleares	• Laboratorios de Tecnologías Nucleares • Planta de Irradiación Gamma • Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica • Estudios de Nuevas Metodologías e Implementación de Técnicas Nucleares • Gestión Convenio 715 INGEOMINAS–COLCIENCIAS–CIF • Reactor Nuclear de Investigación IAN–1 • Seguridad Nuclear y Protección Radiológica	
Laboratorios	• Gestión de la Calidad • Gestión Ambiental • Estudios Técnicos	

Principales resultados del Servicio Geológico Colombiano, 2011–2016

Dirección de Geociencias Básicas

La Dirección de Geociencias Básicas del Servicio Geológico Colombiano busca proveer y asegurar, de una manera objetiva, pertinente, imparcial y confiable la información científica relacionada con la geología, los recursos hidrogeológicos, minerales y energéticos, y los procesos geomorfológicos continentales, costeros y marinos. Procede a través de la elaboración de la cartografía geológica básica, actividad por medio de la cual se estudia la distribución, composición, estructura e historia geológica de las rocas y los sedimentos en la superficie y en el subsuelo, y se reconstruye la evolución de esos materiales desde su formación hasta la actualidad. Al com-

plementar con investigaciones en geofísica y geoquímica regional, cartografía temática en estratigrafía y paleontología, tectónica, vulcanología, hidrogeología y geotermia, se responde a las necesidades y requerimientos del país en cuanto a información básica de ciencias de la Tierra.

Cartografía Geológica

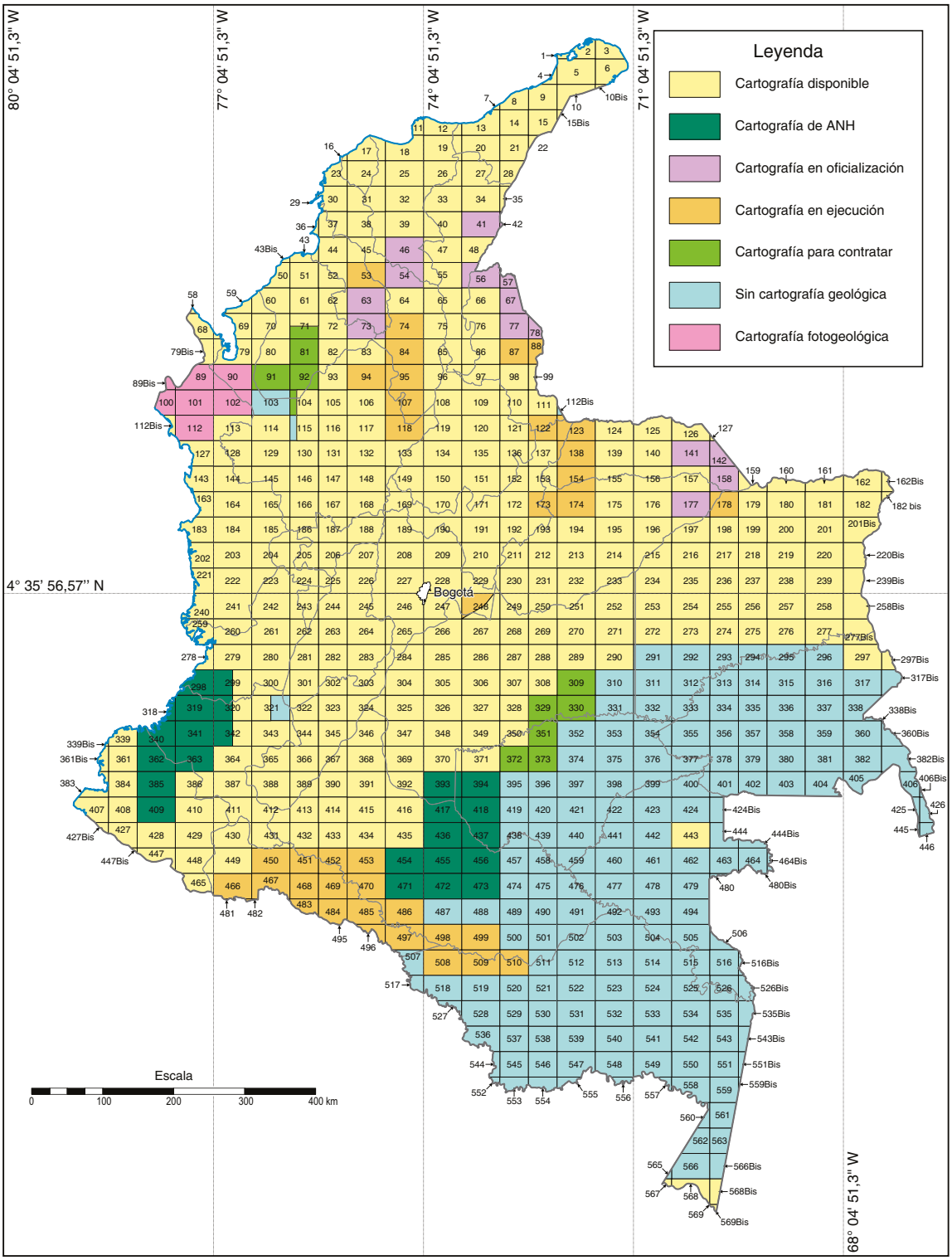
El proyecto, que fue encomendado a la Comisión Científica Nacional en el momento de su fundación, había venido avanzando en diferentes etapas y escalas. La cartografía sistemática del territorio nacional, a escala 1:100 000 es iniciada por INGEOMINAS en 1969. En 2011 el Servicio Geológico Colombiano llega a cubrir el 48 % de la cartografía geológica básica del territorio continental a la escala mencionada. A partir del 2012, además de los proyectos internos de cartografía geológica se realiza una contratación a través de FONADE para levantar, a la misma escala, la cartografía de 38 811 km², incrementando el cubrimiento para ese año al 53 % del territorio.

En 2013 el Servicio Geológico Colombiano adelantó la contratación por Ciencia y Tecnología para la elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en bloques del territorio nacional: 50 planchas correspondientes a 108 279 km², llegando ese año al 57 % y en 2014 al 66.71 % del territorio continental.

En 2014 el Servicio Geológico Colombiano adelantó otro proceso de contratación por Ciencia y Tecnología para la elaboración de la cartografía geológica de planchas a escala 1:100 000 ubicadas en los departamentos de Caquetá y Putumayo, que se desarrolló entre 2014 y 2015. Con el resultado, sumado a los proyectos internos realizados por la Dirección de Geociencias Básicas, se llega al cubrimiento del 70.07 % del territorio en 2015. Es así como en cinco años, entre 2011 y 2015, se ha incrementado el levantamiento de la cartografía geológica básica sistemática del territorio en un 22 %, como producto del presupuesto asignado por el Sistema General de Regalías.

La siguiente tabla resume el avance de cobertura en la cartografía geológica del territorio continental colombiano entre 2011 y 2015.

Año	2011	2012	2013	2014	2015
Cobertura de cartografía geológica básica del territorio continental	48 %	52.9 %	57 %	66.71 %	70.07 %



Mapa del estado de avance de la cartografía geológica sistemática a escala 1:100 000 en 2016.

El 70.07 % del territorio continental cubierto a escala 1:100 000 equivale a 800 048.76 km^2, de los 1 141 748 km^2 que conforman esa área. En 2017 está previsto terminar de levantar la cartografía geológica a escala 1:100 000 en las zonas donde es factible trabajar a esa escala, llegando a un cubrimiento del 73.33 % del país y del 100 % del área susceptible a la misma escala. La zona de la Orinoquía y la Amazonía, por las condiciones selváticas no permite realizar el levantamiento con la densidad de información que requiere la escala 1:100 000; para ello y de acuerdo al *Plan Estratégico del Servicio Geológico Colombiano 2014–2023* se realizarán campañas a otras escalas partiendo de información de sensores remotos y la geofísica adelantada por el Servicio Geológico Colombiano.

Se ha considerado que la cartografía geológica sistemática del territorio nacional a escala 1:100 000 debe ser revisada y actualizada para ajustarse a los últimos conceptos científicos y para la determinación de áreas prioritarias, realizando levantamientos cartográficos a detalle, a escala 1:50 000. Lo anterior permitirá actualizar y mejorar la información disponible y apoyar de manera efectiva el desarrollo económico del país, en campos como la minería, los hidrocarburos, la infraestructura, las amenazas geológicas, y el ordenamiento territorial. En épocas recientes, la nación ha también requerido información del subsuelo para definir áreas estratégicas, por lo cual el Servicio Geológico Colombiano trabajará a escalas cartográficas con mayor detalle (1:50 000) para dar un punto de apoyo al desarrollo económico del país.

Mapa Geológico de Colombia

Una nueva edición del Mapa Geológico de Colombia (MGC) (Gómez y otros, 2015c), Geological Map of Colombia (Gómez y otros, 2015b) y Atlas Geológico de Colombia (AGC) (Gómez y otros, 2015d) se entregó al país el 20 de agosto de 2015.

Esta versión tuvo como novedades: (i) 120 mapas geológicos nuevos a escala 1:100 000 publicados por el Servicio Geológico Colombiano; (ii) el mapa base oficial del IGAC en el sistema de coordenadas MAGNA; (iii) actualización con los artículos científicos publicados hasta octubre de 2014; (iv) el *Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth* (Gómez y otros, 2015a); (v) mejoras en los trazos y cinemática de las fallas con datos de interpretaciones sísmicas del subsuelo; (vi) armonización con los mapas geológicos de Brasil y Perú; (vii) ajustes en las interpretaciones del MGC producto de la retroalimentación en las discusiones durante las presentaciones en más de 30 congresos nacionales e internacionales; (viii) los vectores de movimiento de GPS 2014 del Esquema Tectónico del Norte de Suramérica y del Caribe; (ix) colores y edades de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional 2013; (x) tramados de las unidades cronoestratigráficas (UC) creados a partir de una fuente y (xi) el MGC y el AGC como un mosaico de imágenes en Google Earth. Adicionalmente, esta nueva edición está acompañada del libro *Compilando la geología de Colombia: una visión a 2015* (Gómez y Almanza, 2015), que describe la metodología usada para la realización del



Entrega del Mapa Geológico de Colombia 2015 al doctor Juan Manuel Santos Calderón (presidente de la República de Colombia) durante el conversatorio de la gira Estamos Cumpliendo, en el Ministerio de Minas y Energía, el 11 de agosto de 2015.
De izquierda a derecha: doctor Juan Manuel Santos Calderón, doctor Tomás González Estrada (ministro de Minas y Energía) y doctor Oscar Paredes Zapata (director general del Servicio Geológico Colombiano).

mapa y el *Catálogo de dataciones de Colombia*. La versión 2015 se entregó de forma gratuita en formatos SIG, TIFF, PDF y Google Earth, de modo que los usuarios pudiesen crear otros productos y mapas temáticos.

Los productos entregados fueron: Mapa Geológico de Colombia 2015 a escala 1:1 000 000 en ArcGIS (*File Geodatabase*, MXD y LYR), PDF, TIFF y Google Earth (KMZ) y la implementación de los siguientes servicios para su consulta:

- 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia 2015 a escala 1:500 000 en ArcGIS (*File Geodatabase*, MXD y LYR), PDF, TIFF y Google Earth (KMZ).
- El *Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia* en ArcGIS y Google Earth, en ArcGIS (*File Geodatabase*) y Google Earth (KMZ).

Mapa Geológico de Suramérica

Este producto contiene la integración de la información geológica generada por los servicios geológicos de Suramérica. Su finalización está prevista para 2016 con miras a ser lanzado en el XXXV Congreso Internacional de Geología en Ciudad del Cabo, Suráfrica.

Geología Marina y Costera

La geología marina y costera involucra las investigaciones geofísicas, geoquímicas, sedimentológicas y paleontológicas de los sue-

los oceánicos y sus márgenes costeros. El Servicio Geológico Colombiano ha venido trabajando en la temática relacionada con la geomorfodinámica litoral y la sedimentología marina relacionada con la línea de costa. El objetivo principal de esta línea de investigación es generar y ampliar el conocimiento geológico y geomorfológico de las costas y zonas marinas jurisdiccionales de Colombia. Específicamente se pretende, con base en las necesidades regionales de las zonas marinas y costeras del país, investigar y proporcionar información y conocimiento geológico, geofísico, geomorfológico y geotécnico básicos, tendientes a la evaluación, tanto de recursos minerales como de amenazas geológicas de origen marino y costero. Esa información es fundamental y debe estar enfocada a la planificación del ordenamiento territorial y ambiental de las zonas marinas y costeras de Colombia.

Morfodinámica de la línea de costa Caribe, sector comprendido entre Ciénaga (Magdalena) y Riohacha (La Guajira)

El proyecto presenta un análisis geológico y geomorfológico del andén Caribe colombiano, estableciendo la evolución de la línea de costa a nivel mesotemporal y microtemporal (estudio a partir de imágenes de satélite y cartografía IGAC a escala 1:25 000, para las décadas de 1950–1960, 1970–1980 y 1990–2000). Se identifican las zonas de acreción y erosión a lo largo de la línea del litoral Caribe colombiano, 1560 kilómetros continentales aproximadamente, desde Capurganá (Chocó) hasta Flor de La Guajira al sur de Castilletes

(La Guajira), y 117 kilómetros insulares que comprenden, entre otros, los archipiélagos de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, San Bernardo y El Rosario.

Se toman como referencia algunos trabajos desarrollados en el área, con el fin de obtener información que permita establecer relaciones entre la dinámica de la línea de costa estudiada y el fenómeno de diapirismo–vulcanismo de lodos existente, y que al mismo tiempo permita su integración con estudios litorales que conduzcan a la zonificación del riesgo por amenazas en esa temática. Lo anterior, para generar una base de datos y una plataforma que permita divulgar el conocimiento adquirido a partir de la información obtenida.

En el primer trimestre de 2014, entre Punta Barú–golfo de Morrosquillo y Riohacha–Ciénaga se adelantó el mejoramiento de la infraestructura tecnológica de la plataforma de información geomorfodinámica, e ingreso rutinario de datos.

Investigación y Exploración de Aguas Subterráneas

El Servicio Geológico Colombiano en los últimos cuatro años ha retomado la generación de conocimiento geocientífico del potencial de las aguas subterráneas que se encuentran en sistemas acuíferos estratégicos identificados por el Programa de Exploración de Aguas Subterráneas (PEXAS). La investigación y la exploración de aguas subterráneas se orientan a la realización de estudios encaminados a conocer su estado, la oferta, la demanda y la dinámica espacio temporal. Lo anterior permite identificar las zonas favorables para la acumulación y explotación, así como la vulnerabilidad a la contaminación, y a la ocurrencia de efectos hidroclimatológicos que han generado escenarios de escasez de los recursos hídricos en nuestras cuencas hidrográficas.

La actualización de datos hidrogeológicos en las áreas objeto de exploración ha permitido avanzar en la generación de conocimiento de aguas subterráneas en los departamentos de La Guajira, Sucre, Casanare, Quindío, Risaralda y Boyacá, formulándose los modelos hidrogeológicos conceptuales de los sistemas acuíferos explorados. Estos se representan a través de la cartografía hidrogeológica de las áreas involucradas de los departamentos citados. La validación de los modelos hidrogeológicos se consolida con la evaluación de los resultados de las 18 perforaciones exploratorias ejecutadas, que captan sistemas acuíferos estratégicos, objeto de la demanda de agua por diferentes sectores socioeconómicos. También son objeto de la demanda de información técnica y científica de diferentes sectores institucionales que gestionan proyectos, los cuales requieren datos e información hidrogeológica oportuna y confiable para la toma de decisiones en materia de la gestión integral del recurso hídrico.

En los últimos cuatro años el Servicio Geológico Colombiano adelantó actividades de perforación de 16 pozos exploratorios profundos de aguas subterráneas en los departamentos de La Guajira, Sucre, Casanare,

Quindío, Risaralda y Boyacá como aporte al conocimiento de la oferta hídrica del país, con el propósito de validar los modelos hidrogeológicos de sistemas acuíferos estratégicos para la Nación.

Al culminar la revisión de las pruebas de bombeos y los resultados de los análisis físico químicos de las aguas de los pozos perforados, estos son entregados formalmente mediante convenios a las respectivas corporaciones autónomas regionales, quienes definen lo concerniente al aprovechamiento sostenible de las aguas que pueda producir cada pozo. Con esto se asegura una fuente de agua para que el respectivo municipio, a través de su empresa de acueducto y con el apoyo del Ministerio de Vivienda, Cuidad y Territorio, monte la infraestructura de potabilización y abastecimiento, para que de una manera sostenible en el tiempo se asegure el mantenimiento de la infraestructura y equipos, y la correcta utilización del recurso.

El Ministerio de Minas y Energía a través del Servicio Geológico Colombiano se ha articulado con entidades como la Unidad de Gestión de Riesgos de Desastres, el Viceministerio de Aguas del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el Plan Departamental del Agua de La Guajira, el IDEAM, CORPOGUAJIRA, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Departamento de la Prosperidad Social, para efectos de brindar apoyo técnico y acompañamiento para dar soluciones, aportando el conocimiento en los modelos hidrogeológicos del país.

Investigación y Exploración de Recursos Geotérmicos

Entre 2011 y 2015 se ha avanzado en los siguientes temas:

- Estudios de exploración geotérmica (geología, geofísica y geoquímica) de los sistemas geotérmicos de los volcanes Azufral, Paipa, Mar de San Diego, Santa Rosa de Cabal y Cerro Machín. Formulación de modelos conceptuales de los sistemas geotérmicos de Azufral, Paipa–Iza, Maar de San Diego, Santa Rosa–San Vicente y volcán Cerro Machín. Se realizaron trabajos de geofísica y geoquímica, principalmente, orientados a la formulación de modelos conceptuales de las áreas geotérmicas Nevado del Ruiz, volcanes Azufral y Paipa–Iza, y se ejecutó la fase 2 del inventario e hidrogeoquímica de manantiales termales.
- Nevado del Ruiz. El producto *Modelo conceptual del sistema geotérmico del Nevado del Ruiz, Fase 2* se ha venido desarrollando en actividades enmarcadas en dos proyectos de investigación cofinanciados por COLCIENCIAS e ISAGEN, y otras actividades complementarias realizadas individualmente por el proyecto institucional del Servicio Geológico Colombiano.
- Volcán Azufral. El trabajo realizado, como aporte al *Modelo conceptual del sistema geotérmico del volcán Azufral, Fase 2*, contempló un trabajo de detalle en la prospección geoeléctrica: 22 sondeos eléctricos verticales y dos líneas

de tomografías geoeléctricas de 1776 y 1365 metros de longitud investigada, en dirección NE–SW en la zona de la falla de Guachucal y en dirección NW–SE en el municipio de Sapuyes.

- Paipa–Iza. En el producto institucional *Modelos conceptuales de las áreas geotérmicas de Paipa e Iza, Fase 3*, se culminó la adquisición de información gravimétrica y magnetométrica del área geotérmica Paipa–Iza, iniciada en el año 2009 con mediciones en 603 estaciones. Los objetivos que se plantearon para la nueva fase de adquisición, en la que se realizaron mediciones en 140 estaciones, fueron mejorar la cobertura del área en los domos riolíticos intracaldéricos del sistema volcánico de Paipa y densificar la información en el trazo de las fallas Paipa–Iza y Cerro Plateado. Los resultados de ese estudio serán integrados a los obtenidos en años anteriores por aplicación de otras herramientas geofísicas, geológicas y geoquímicas, para formular el modelo conceptual.
- Inventario de manantiales termales. Se avanzó en la recopilación de información, socialización y adquisición de información del inventario de manantiales termales en la zona de los Llanos Orientales. Se avanzó en la adquisición de información magnetotelúrica del volcán Azufral y en su procesamiento.
- En el área geotérmica de San Diego se complementó el libro índice con la información del año anterior, y se concluyó la organización, descripción y remisión de muestras al laboratorio. El avance reportado es una estimación de cobertura de adquisición de información en una transecta. En el área geotérmica de Paipa se avanzó en el procesamiento de la información adquirida.
- El aplicativo web. La información para el cargue al aplicativo web se ha preparado según cronograma. En el Subsistema de Información de Geotermia (SIGT) se avanzó en la compilación, evaluación de información temática y unificación de formatos de información geofísica como parte de la estructuración. Se ha compilado la información de campo para el repositorio.

Estudios Geológicos Especiales

El Servicio Geológico Colombiano ha retomado en los últimos tres años la investigación de los eventos ígneos y metamórficos regionales que afectan el territorio nacional. Esos eventos son fundamentales para entender la evolución geológica y los eventos metalogénicos que generan mineralizaciones de metales preciosos y básicos de importancia económica para el país. Se implementaron dentro de la investigación tecnologías de punta, como la obtención e interpretación de datos de geocronología U/Pb y Ar–Ar, geoquímica de rocas (ICP–MS) y química mineral con microsonda electrónica.

Se ha iniciado el estudio del magmatismo paleozoico, pérmico y jurásico presente en las cordilleras Central y Oriental, la



Portada del catálogo sobre la Formación Saldaña, oficializado en 2016.

Serranía de San Lucas, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Alta Guajira. Los resultados se vienen divulgando a la comunidad científica en congresos, simposios, revistas científicas y publicaciones del Servicio Geológico Colombiano, como los *Catálogos de Unidades Estratigráficas de Colombia*.

Investigaciones en Tectónica

El Grupo de Tectónica de la Dirección de Geociencias Básicas fue creado en enero de 2014. Sus funciones básicas son generar, ampliar y profundizar el conocimiento de la geología estructural y la deformación tectónica de la corteza terrestre en el territorio nacional. Los proyectos que adelanta este grupo se han formulado dentro de convenios de cooperación interinstitucional con entidades del sector y pares a nivel internacional.

Desde 2014 mediante convenios interadministrativos entre el Servicio Geológico Colombiano y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), el Grupo de Tectónica ha elaborado mapas sismotectónicos del sector norte del Valle Medio del Magdalena, para lo cual ha integrado la información geofísica del subsuelo y la disponible de pozos. Junto con la Red Sismológica Nacional ha instalado estaciones sismológicas adicionales temporales para densificar la Red Nacional, y de tal forma mejorar la localización de la sismicidad superficial. Con lo anterior se busca identificar la línea base de comportamiento sismogénico en dicho sector, componente fundamental para la exploración y explotación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales.

De otra parte, en desarrollo del convenio específico con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), el Grupo de Tectónica trabaja en la elaboración de la primera versión del Mapa Tectónico de Colombia 2016. Adicionalmente, se exploran aquellos sectores en los que la sismicidad histórica indica actividad sismogénica de gran intensidad, con el objetivo de contribuir a la evaluación de la amenaza sísmica del país y, en el marco de una iniciativa global (GEM), aportar a la identificación de dicha amenaza a nivel regional.

Geología de Volcanes

En geología de volcanes se han venido desarrollando funciones y actividades que han conducido, entre otras asignadas, a realizar la cartografía geológica, estratigrafía y caracterización de los depósitos asociados a la actividad de los volcanes considerados activos. También se han estudiado las regiones volcánicas de Colombia para establecer su asociación con diferentes estructuras volcánicas, identificando centros volcánicos individuales y definiendo algunos conjuntos de éstos como complejos volcánicos, a la vez que se establecen sus historias evolutivas y eruptivas, principalmente en el Neógeno–Cuaternario. Además, estos estudios son la base para la posterior evaluación de la amenaza volcánica, siendo a la vez una información básica, importante para el conocimiento de

potenciales recursos y para el avance en la caracterización del vulcanismo en Colombia.

De esas investigaciones se han derivado artículos, publicaciones y material para presentaciones en reuniones científicas nacionales e internacionales; de esta manera ese conocimiento es socializado ante las comunidades científicas. De una forma más accesible, esa información también es divulgada, mediante charlas formativas e informativas ante las comunidades y autoridades que se encuentran asentadas en los alrededores de los volcanes estudiados.

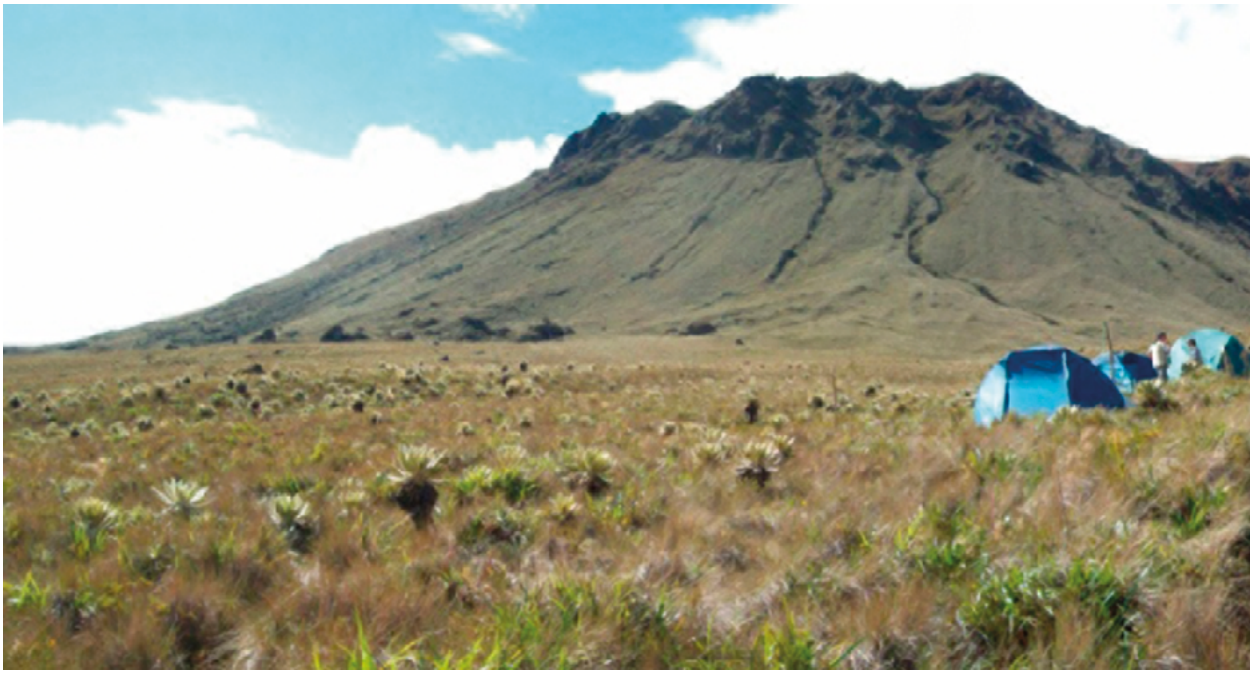
Los productos oficiales del grupo entre 2011 y 2016 son los siguientes:

- Geología y estratigrafía del volcán Puracé actual, Colombia (2011–2012).
- Geología e historia eruptiva del Complejo Volcánico Sotará, Colombia (2009–2010), oficializado en 2012.
- Geología y estratigrafía del Complejo Volcánico Nevado del Ruiz (2011–2014).
- Mapa geológico y levantamiento volcanoestratigráfico en el área de influencia del volcán Paramillo de Santa Rosa (2014–2016, en proceso).
- Modelo evolutivo del Complejo Volcánico Doña Juana: integración del análisis de litofacies, geocronología y petrología (2015–2016, en proceso).

En 2016 se continúa trabajando en productos que vienen ejecutándose desde el año anterior y se da comienzo además a la preparación de la *Guía de estándares para cartografía geológica en volcanes*.

En cuanto a otros informes y publicaciones entre 2011 y 2016, se han entregado los que siguen:

- Geología del Miembro Chagarton de la Formación Coconucos (López y otros, 2011), publicado en el Boletín de Geología de la Universidad Industrial de Santander.
- Guía *Excursión volcán Nevado del Ruiz–Armero, 26 años después* (con alusión a los volcanes Cerro Bravo y Cerro Machín) (Navarro y otros, 2011). Presentado en el XIII Congreso Colombiano de Geología y el XIV Congreso Latinoamericano de Geología en Medellín.
- Química mineral en las lavas el Complejo Volcánico Nevado del Huila (Correa y otros, 2011). Presentado en el XIII Congreso Colombiano de Geología y el XIV Congreso Latinoamericano de Geología en Medellín.
- Evolución estructural del Complejo Volcánico Sotará y depósitos asociados (Pulgarín y otros, 2011a). Presentado en el XIII Congreso Colombiano de Geología y el XIV Congreso Latinoamericano de Geología en Medellín.
- Aporte al conocimiento de la geología volcánica en las inmediaciones de la población de Río Blanco (Cauca) (Téllez y otros, 2011). Presentado en el XIII Congreso Colombiano de Geología y el XIV Congreso Latinoamericano de Geología en Medellín.
- Unidad eruptiva Las Cabras: Evidencia de un gran vulcanismo explosivo en el



Investigaciones del Servicio Geológico Colombiano en el volcán Sotará, estratovolcán localizado en el límite de los departamentos de Cauca y Huila, a 37 km al SE de Popayán (vista desde el flanco NW). Se observa el edificio volcánico desarrollado dentro de las ruinas de su caldera antecesora. En la cima del edificio, conjunto de domos que ocupan su cráter.

volcán Sucubún, en la cordillera Central de Colombia (Monsalve y otros, 2011a). Presentado en el XIII Congreso Colombiano de Geología y el XIV Congreso Latinoamericano de Geología en Medellín.

- Sotará volcanic complex (SVC), Colombia: associated structures (Pulgarín y otros, 2011b). Presentado en el 22nd International Colloquium on Latinoamerican Earth Sciences (LAK–22), GAEA Heidelbergensis 18 en Heidelberg (Alemania).
- Nevado del Huila (Colombia): 2007–2008 eruptions, lahars and crisis management (Britkreuz, 2011), presentado en el Georisk management–a German Latin American approach, field workshop organized by the Geo–Network of Latin American German Alumni (GOAL) en Heidelberg (Alemania).
- Interpretación de la actividad eruptiva del volcán Nevado del Huila (Colombia), 2007–2009: análisis de componentes de materiales emitidos (Monsalve y otros, 2011b), publicado en el Boletín de Geología de la Universidad Industrial de Santander.
- Challenges of modelling current very large lahars at Nevado del Huila Volcano, Colombia (Worni y otros, 2012), publicado en el Bulletin of Volcanology.



Dirección de Recursos Minerales

La Dirección de Recursos Minerales tiene como objeto generar conocimiento geocientífico mediante estudios e investigaciones geológicas, geoquímicas y geofísicas para evaluar el potencial de recursos minerales metálicos, energéticos y no metálicos e industriales en el territorio colombiano, como aporte al desarrollo económico y social del país. La información producida en esta Dirección aporta conocimiento del territorio para proyectar usos del suelo y aprovechamiento de recursos del subsuelo, planear actividades productivas y evaluar las condiciones para promover su desarrollo.

Durante los años 2011 a 2013 esta dependencia del Servicio Geológico Colombiano se denominaba Subdirección de Recursos del Subsuelo y desarrolló actividades en siete temáticas fundamentales: exploración de aguas subterráneas, investigación en minerales polimetálicos y gemas, geotermia, energéticos (carbón y uranio), minerales industriales y materiales de construcción, exploración geoquímica multipropósito y exploración geofísica para recursos minerales. Con el cambio de la entidad a Servicio Geológico Colombiano, la Subdirección de Recursos del Subsuelo cambia a Dirección de Recursos Minerales y pasa a desarrollar actividades en las áreas de: investigación y

exploración de minerales metálicos, investigación y exploración de recursos energéticos, e investigación y exploración de minerales no metálicos e industriales.

Investigación y Exploración de Recursos Minerales Metálicos

Entre 2011 y 2016 se han desarrollado las actividades que se relacionan a continuación.

Exploración de minerales polimetálicos y gemas

El objetivo fundamental de este proyecto, que fue desarrollado durante los años 2010 y 2011, fue el de elaborar mapas de recursos minerales y avanzar en la caracterización litogeoquímica de cuerpos granitoides, como aporte al mapa metalogénico de Colombia. Durante el año 2011 se elaboró el mapa de depósitos minerales de Colombia, Grupo 2, Metales Base (Cu, Zn, Pb, Sn) y se avanzó en el reconocimiento geológico y muestreo geoquímico de rocas en áreas del macizo de Garzón y macizo de Santander, y se adelantó un reconocimiento de ocurrencias de coltán en el departamento de Guainía.

Exploración geoquímica multipropósito

Durante el año 2011, se completó el muestreo geoquímico sistemático de sedimentos finos activos de corriente en 3384 km^2 en la región andina de Colombia, y se inició el muestreo



Muestreos de roca en el Granito de Parguaza (Vichada).



Algunas actividades de la Dirección de Recursos Minerales del Servicio Geológico Colombiano.

en 4 bloques de la región andina y oriental del país, con cubrimiento de 71 400 km^2, que culminó en el año 2012. A partir de la información geoquímica, se han obtenido mapas de nuevas anomalías geoquímicas y se elaboró un mapa de zonas con potencial integral para recursos minerales, versión 2011.

Cartografía geoquímica para geología médica 1:25 000, 1:10 000 (elementos potencialmente peligrosos: Hg, F, As, Se, Li)

Durante los años 2010 y 2011, se adelantó muestreo geoquímico de carbones, suelos, sedimentos y aguas en zonas carboníferas de Boyacá y zonas afectadas por fluorosis en Santander y Huila. Se obtuvo como resultado informes y mapas para cada una de las áreas muestreadas.

Adquisición de información geocientífica para evaluar el potencial en áreas estratégicas mineras

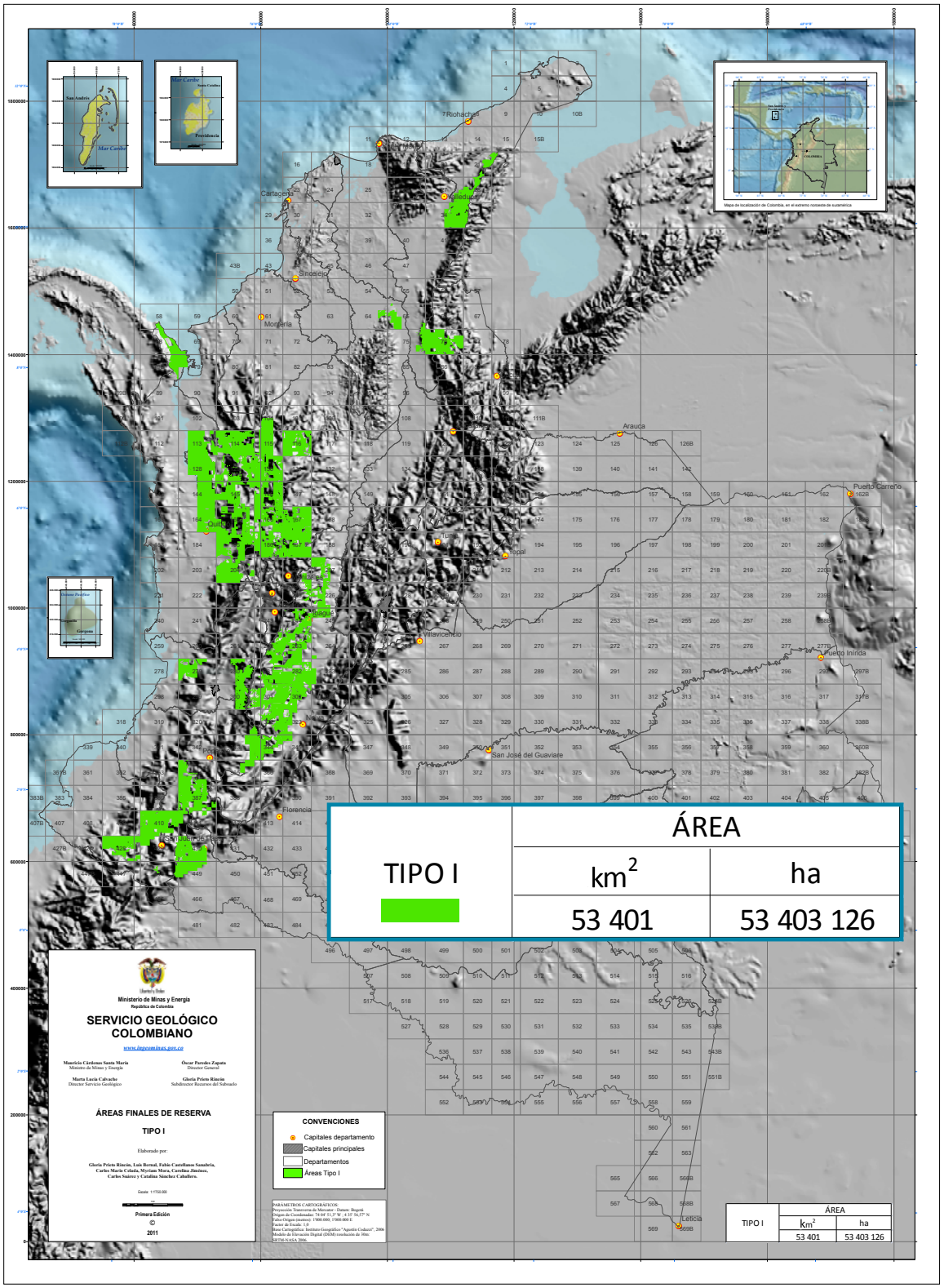
Atendiendo directrices de la Dirección General del Servicio Geológico Colombiano y del Ministerio de Minas y Energía, en el año 2011 se conformó un grupo interdisciplinario con el objetivo de identificar e integrar áreas con potencial mineral, para promover el desarrollo del sector minero de forma organizada y en armonía con el ambiente natural, y a su vez para orientar la exploración de minerales en Colombia durante los próximos años.

En el año 2012 se continuó con este trabajo, y con base en las condiciones geológicas del territorio y en información geoquímica, geofísica y de inventario minero con la cual contaba el Servicio Geológico Colombiano, se seleccionaron áreas con potencial para albergar mineralizaciones de oro, platino, cobre, coltán, sales de potasio, uranio, carbón metalúrgico, roca fosfórica y magnesio. Esos minerales, de acuerdo con proyecciones efectuadas por especialistas en economía minera, fueron definidos como estratégicos para el desarrollo del país (resoluciones 18 0102 del 31 de enero de 2012 y 18 0242 de 24 de febrero de 2012).

La evaluación y análisis de cada área se efectuó utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), con lo que se integró la información temática y se delimitaron subáreas potenciales. Posteriormente, se sustrajeron las áreas de títulos mineros vigentes y las áreas definidas como excluibles de la minería: parques naturales nacionales y regionales, reservas forestales protectoras, zonas de páramo, zonas de humedal RAMSAR, áreas de inversión del Estado, zonas de minería especial y zonas agrícolas y ganaderas.

Las áreas resultantes del proceso anterior, se analizaron, evaluaron y calificaron, obteniéndose los siguientes tipos:

- Tipo I, cubren 5 340 126 hectáreas, con potencial para el hallazgo de oro, platino y cobre.
- Tipo II, cubren 10 047 351 hectáreas, con perspectivas para el hallazgo de oro, platino (PGE), cobre, fósforo, uranio y carbón metalúrgico.
- Tipo III, cubren 6 239 850 hectáreas. Son las áreas en donde el conocimiento geológico, geoquímico, geofísico y minero



Áreas tipo I con potencial para el hallazgo de oro, platino y cobre (5 340 126 hectáreas).

es bajo. Tienen potencial para minerales y son prioritarias para adquisición de la información requerida para la exploración.

De las áreas tipo I se excluyeron los títulos mineros legalmente otorgados e inscritos en el Registro Minero Nacional, las solicitudes vigentes en el Catastro Minero Colombiano, áreas de zonas mineras indígenas, zonas mineras de comunidades negras y áreas con inversión del Estado.

Finalmente, se eliminaron corredores inviables para proyectos mineros, obteniéndose como resultado 313 bloques con un área final de 2 900 947.78 hectáreas, que fueron declarados como áreas estratégicas mineras por el Ministerio de Minas y Energía el 24 de febrero de 2012 (Resolución 180241). Adicionalmente, el 21 de junio de 2012 la Agencia Nacional de Minería, siguiendo el mismo proceso de selección y exclusión en áreas tipo II y tipo III, declaró 202 bloques con área de 17 570 198 hectáreas (Resolución 0045) como áreas estratégicas mineras.

Como parte de la adquisición de información geocientífica para evaluar el potencial en áreas estratégicas mineras, se planearon programas de: a) reconocimiento geológico y exploración geoquímica, b) exploración geofísica y c) investigaciones mineralógicas y metalogénicas, cuyos avances se detallan a continuación.

a. Reconocimiento geológico y exploración geoquímica

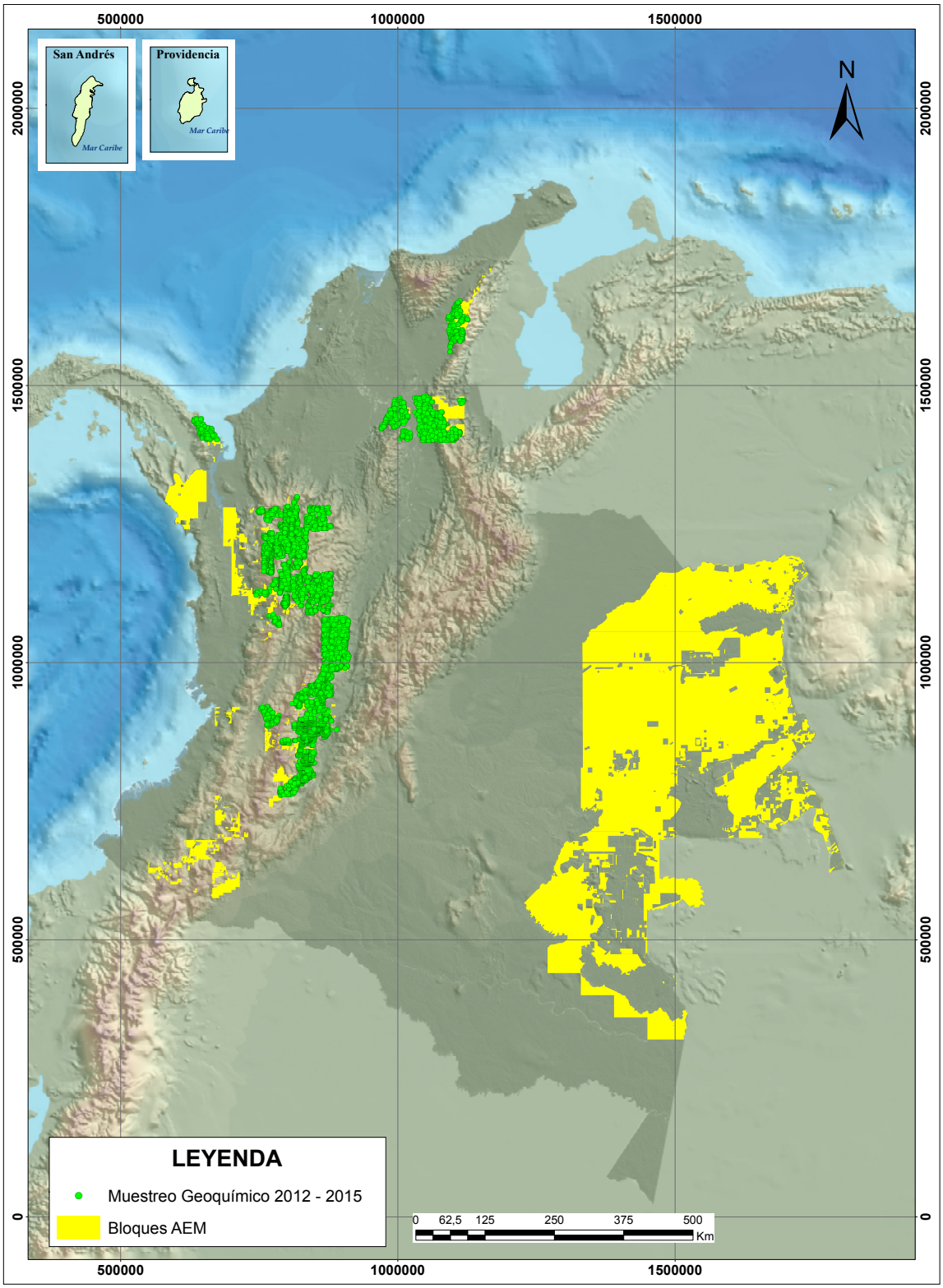
La adquisición de información geocientífica en áreas de interés se inició en el año 2013 y se desarrolla hasta la actualidad. Con asesoría del Banco Mundial (convenio con el Ministerio de Minas y Energía), se definieron y aplicaron criterios geocientíficos y socioeconómicos que permitieron seleccionar y priorizar los bloques localizados en los departamentos de Antioquia, Caldas, Chocó, Tolima, Valle, Nariño, y Cauca.

El reconocimiento geológico y la exploración geoquímica han sido adelantados por el Servicio Geológico Colombiano hasta la actualidad, mediante 16 campañas de campo, colectando alrededor de 15 000 muestras de sedimentos, rocas y concentrados de batea, con una densidad de muestreo entre 1 muestra/1 km^2 a 1 muestra/5 km^2.

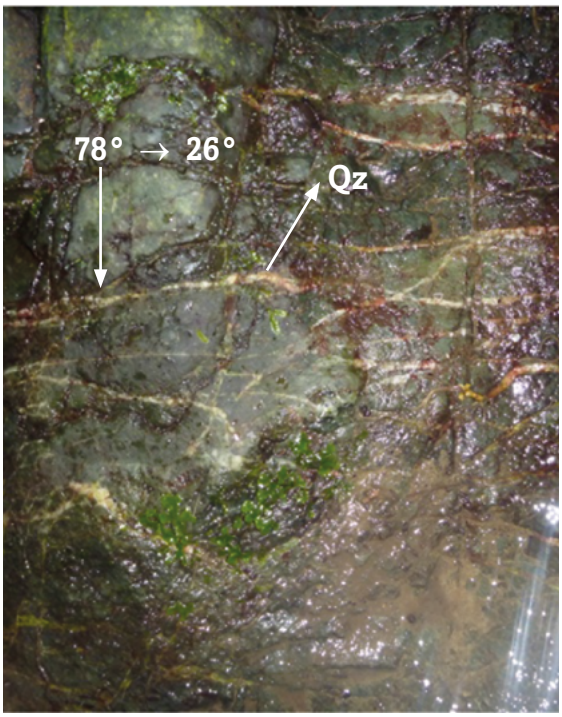
Los análisis geoquímicos para las muestras colectadas se han adelantado para 60 elementos químicos, en los laboratorios del Servicio Geológico Colombiano, siguiendo estándares de calidad así como protocolos y técnicas analíticas estandarizadas internacionalmente. Algunos análisis especializados se realizan en laboratorios externos siguiendo los protocolos de calidad analítica requeridos para este tipo de trabajo.

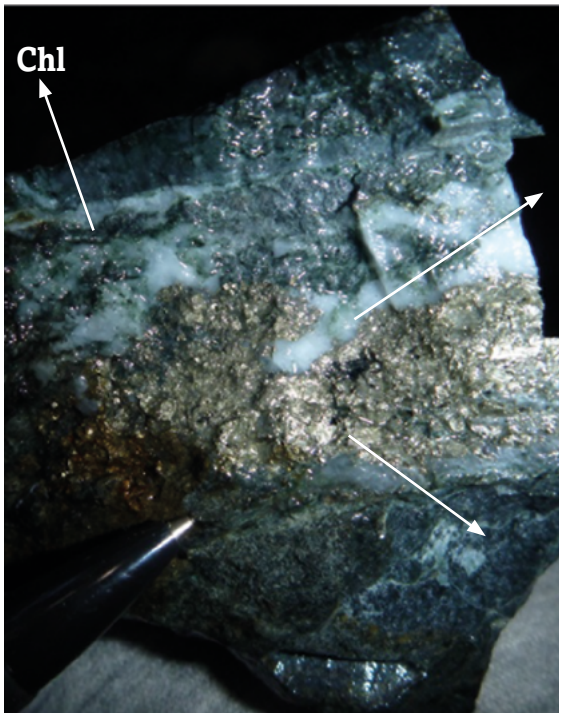
La información geoquímica que se ha adquirido en las áreas estudiadas se organizó y almacenó en la base de información geoquímica institucional y se procesa en el Servicio Geológico Colombiano con la participación de estadísticos y geoestadísticos nacionales y extranjeros, mediante convenio especial de cooperación con la Universidad Nacional de Colombia.

Atendiendo el compromiso de brindar información geocientífica sobre las áreas de interés del Estado, se ha avanzado en la

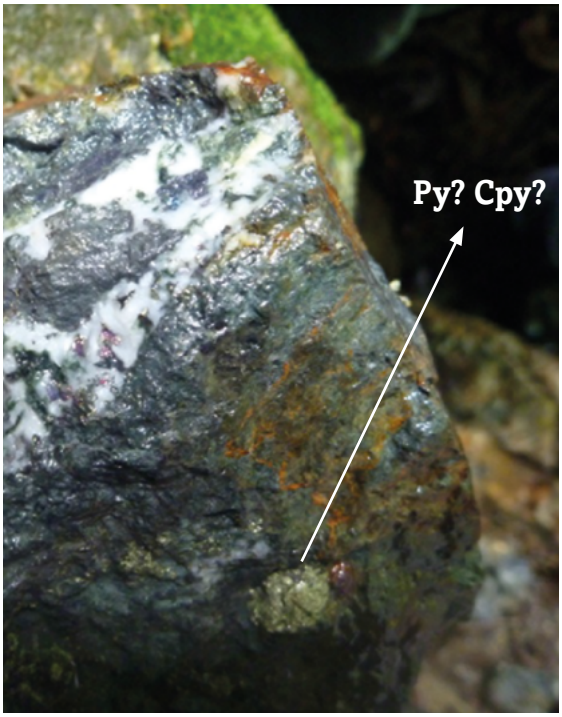


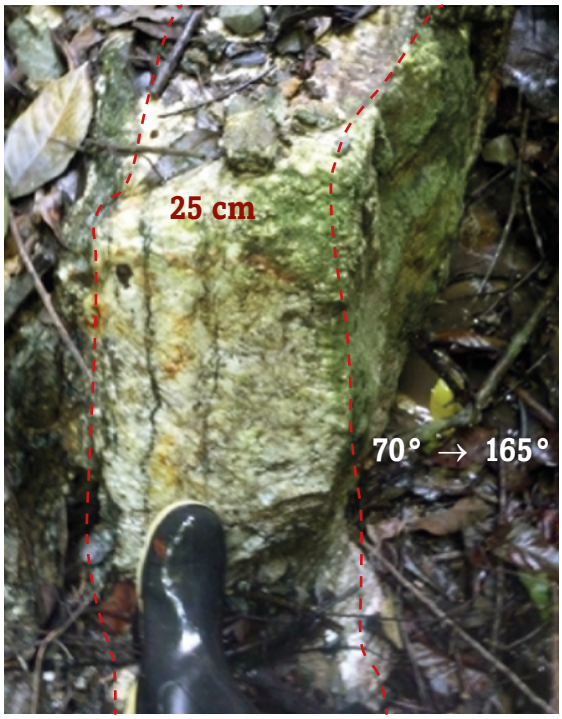
Avances en muestreo geoquímico hasta el año 2015.





Venillas con sulfuros–Quebrada Talarco





Reconocimiento geológico orientado a mineralizaciones y exploración geoquímica (Buriticá, Antioquia).

elaboración de los informes técnicos de cada bloque sujeto de reconocimiento geológico y de muestreo geoquímico, que incluyen aspectos geológicos, geoquímicos, geofísicos y metalogenéticos.

b. Exploración geofísica orientada a recursos minerales

Durante los años 2011 y 2012, se adelantó un proyecto de adquisición de 5400 estaciones magnéticas en la zona de Cauca–Romeral con el objetivo fundamental de adelantar la exploración geofísica del subsuelo con aplicación principal a la búsqueda de recursos minerales.

En el año 2012 el Servicio Geológico Colombiano, con apoyo y asesoría de expertos del Banco Mundial, realizó un análisis de las necesidades de información geofísica para apoyar la evaluación del potencial para recursos minerales del territorio nacional. A partir de éstas se delimitaron áreas de interés para realizar levantamiento de información geofísica y de igual forma se establecieron las especificaciones técnicas necesarias para cumplir con este objetivo. Entre ellas se resalta el uso de plataforma aerotransportada para la toma de los datos, el uso de magnetometría y gammaespectrometría como métodos geofísicos para la exploración, además de las condiciones de altura de vuelo y densidad de muestreo acordes con la resolución requerida para la aplicación en investigación de recursos minerales.

A partir de esta hoja de ruta, desde el año 2013 se iniciaron los proyectos de levantamiento de datos aerotransportados de magnetometría y gammaespectrometría en las áreas de interés del territorio colombiano, mediante la celebración de contratos con empresas con amplia experiencia en este tipo de trabajos a nivel internacional. Con la realización de este proyecto se estima cubrir un área de más de 600 000 km^2 de las áreas del territorio nacional con potencial para la presencia de recursos minerales, representadas en alrededor de 1 000 000 de kilómetros lineales de información geofísica aerotransportada.

Esta información geofísica es procesada e interpretada totalmente por personal del Servicio Geológico Colombiano con la asesoría de expertos internacionales en interpretación de datos geofísicos para recursos minerales. Se genera así información de apoyo para la investigación y evaluación del potencial para recursos minerales de las áreas de interés, mediante su integración con datos geoquímicos, geológicos y metalogenéticos, encaminada a la generación de posibles blancos de exploración detallada. Como producto compilatorio de este proyecto, en el año 2016 se presentará una primera versión del mapa de anomalías geofísicas para recursos minerales.

Complementariamente, la información obtenida en este proyecto servirá de apoyo a otras actividades misionales del Servicio Geológico Colombiano como la cartografía geológica, estudios tectónicos, investigación hidrogeológica y geotérmica y evaluación de amenazas geológicas, entre otros.

c. Investigaciones mineralógicas y metalogénicas

Como etapa final en la evaluación del potencial mineral de las áreas de interés, se seleccionaron zonas con alto potencial para alojar mineralizaciones (9 en 2013–2014, 7 en 2015) en las cuales se adelantó un trabajo de caracterización de su potencial metalogenético, en convenio especial de cooperación con la Universidad Nacional de Colombia.

Para realizar la caracterización metalogenética, se prepararon mapas de alteración metalogénica y análisis petrográficos, metalográficos, de microsonda electrónica, microtermometría, espectroscopía Raman, isotopía, catodoluminiscencia, espectroscopía infrarroja, susceptibilidad magnética y análisis químicos y geocronológicos, en laboratorios especializados en éste tipo de análisis.

Información base para oferta pública de áreas

Con base en la información geológica, geoquímica, metalogenética y geofísica adquirida en las áreas estudiadas y con la asesoría de expertos internacionales (convenio RAS con el Banco Mundial, convenio Universidad Nacional de Colombia) se delimitaron y priorizaron zonas de interés por su potencial mineral y se elaboraron informes técnicos sobre el potencial mineral de dichas áreas.

La información y los informes producidos sobre las áreas priorizadas son la base para los procesos de oferta pública de áreas que oportunamente realizará el Gobierno Nacional.

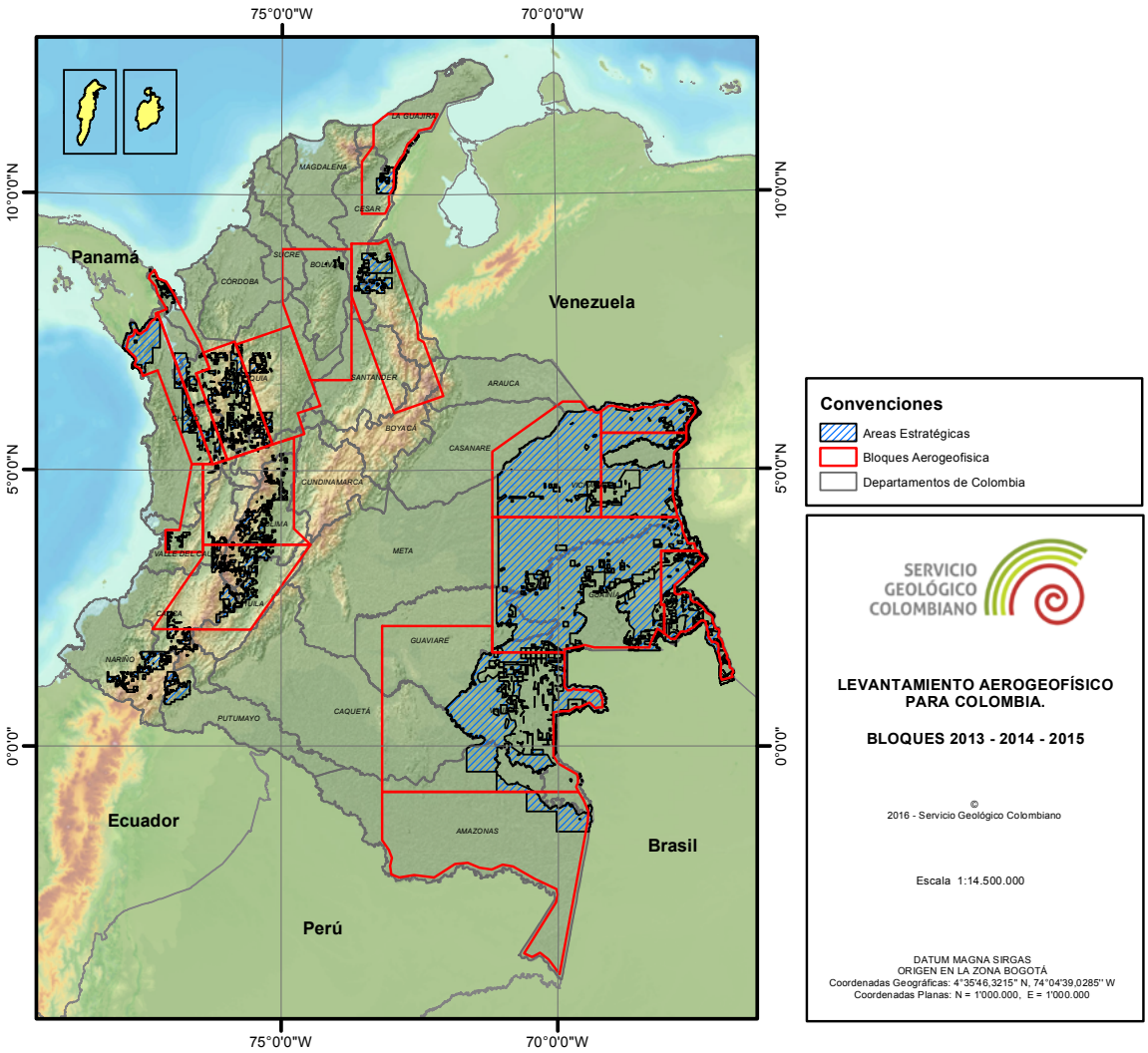
Drenaje ácido de mina/roca (DAM/DAR): evaluación de la potencialidad de generación de drenaje ácido de roca en el sector de La Colosa (Cajamarca, Tolima)

Atendiendo requerimientos del Ministerio de Minas y Energía, se conformó un grupo de trabajo y se inició en el 2014 un proyecto específico orientado a evaluar la potencialidad de generación de drenaje ácido en las inmediaciones del municipio de Cajamarca (Tolima), en la zona de influencia del prospecto de mineralización conocida como La Colosa. En la ejecución del proyecto, en los años 2014 a 2016 y con la asesoría de un experto internacional, se realizó la recopilación y revisión de información geológica y mineralógica del área. También se adelantó muestreo de suelos, aguas, sedimentos y rocas en la zona de estudio, se adelantaron análisis especializados de laboratorio y actualmente se adelanta el informe del potencial de generación de DAR en la zona estudiada.

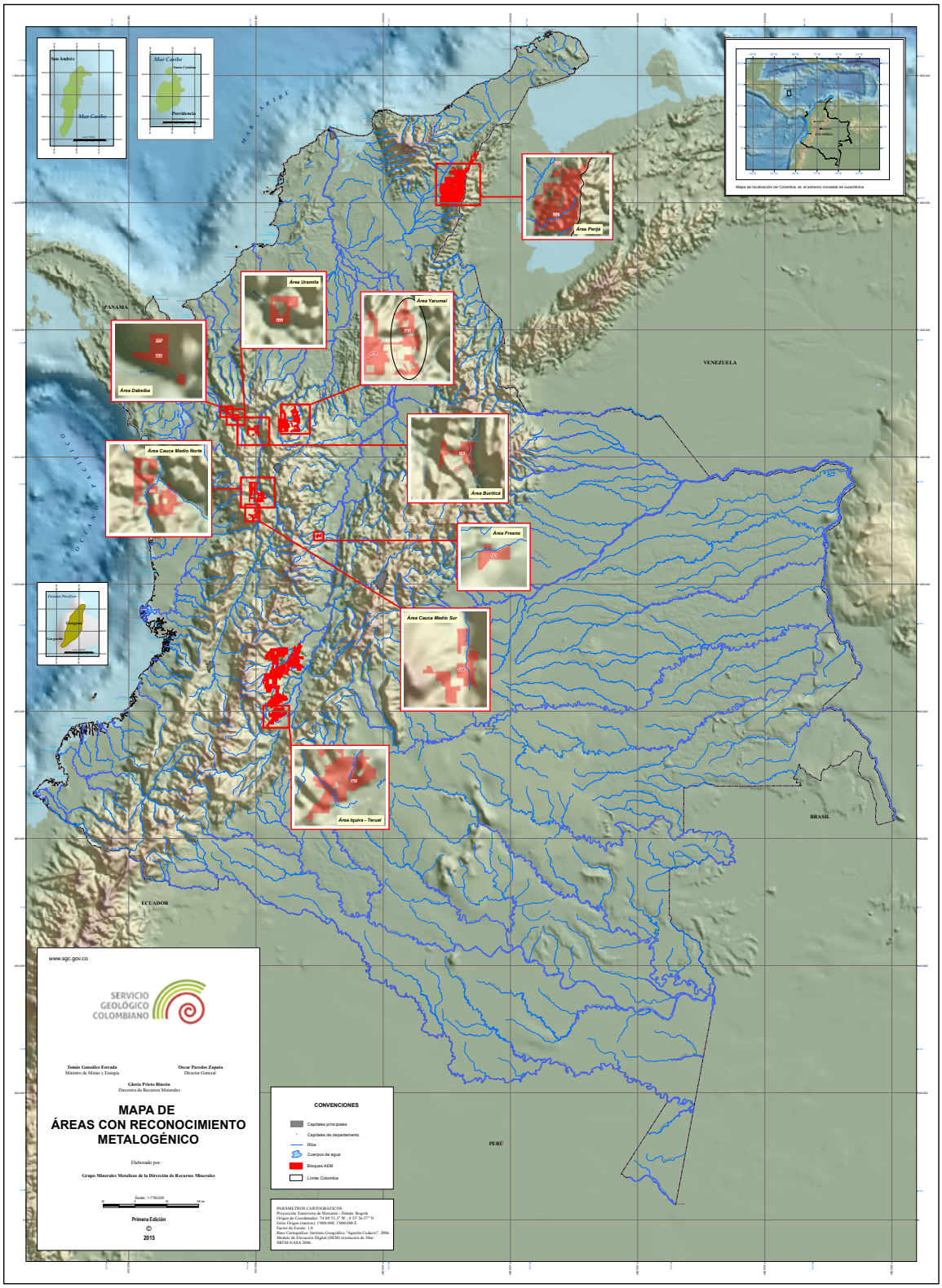
Mapa Metalogénico de Colombia y Mapa Geoquímico de Colombia

En cumplimiento de las actividades acordadas en el Plan Estratégico 2014–2023 del Servicio Geológico Colombiano, se retomaron actividades tendientes a actualizar y avanzar en la elaboración del mapa metalogénico de Colombia. Se avanzó en la actualización y compilación de información y en la conceptualización del nuevo mapa.

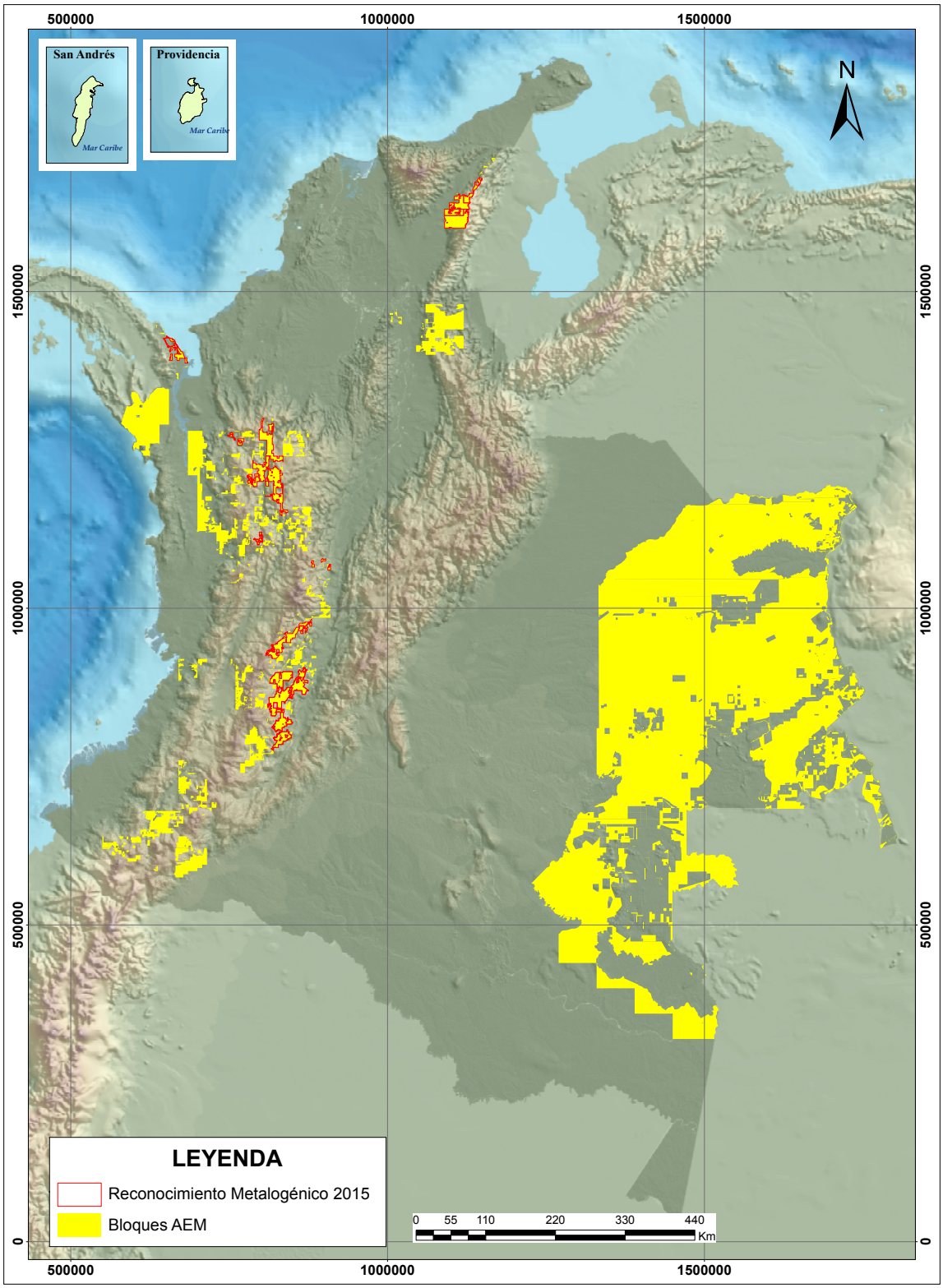
La información geoquímica recolectada por el Servicio Geológico Colombiano, histórica y reciente, es la base para la elaboración y actualización del mapa de anoma-



Áreas objeto de levantamiento aerotransportado de datos geofísicos de magnetometría y gammaespectrometría.



Zonas priorizadas para caracterización de potencial metalogenético (2015).



Zonas priorizadas para caracterización de potencial metalogenético (2015).

lías geoquímicas y del mapa geoquímico de Colombia.

En el segundo semestre de 2015 se inició un convenio especial de cooperación con la Universidad de British Columbia de Canadá, mediante el cual expertos internacionales asesoran y orientan la elaboración de la nueva versión del mapa metalogénico de Colombia, así como del mapa geoquímico del territorio nacional.

El Servicio Geológico Colombiano ha avanzado en el conocimiento geoquímico de Colombia cubriendo diversas áreas del territorio, logrando un cubrimiento sistemático de aproximadamente el 32 % del país a escala 1:100 000, un cubrimiento del 50 % en ultrabaja densidad, y adquiriendo información de mayor densidad (1 muestra cada 1 a 3 kilómetros) en áreas específicas de interés nacional (46 000 km^2 en los últimos años).

Investigación y Exploración de Recursos Minerales Energéticos

Exploración de Carbón

Se han venido realizando trabajos de exploración y evaluación en las zonas carboníferas de Boyacá, Cundinamarca y Santander, donde no había sido evaluado el potencial.

En la zona carbonífera de Boyacá se adelantaron trabajos en las áreas carboníferas de Úmbita–Laguna de Tota, Sativa–Boavita–San Mateo, El Espino–Güicán. En ellas la unidad estratigráfica portadora de los carbones corresponde a la Formación Guaduas, en la cual se identificaron carbones desde bituminosos altos volátiles, bituminoso bajo volátiles, bituminoso medios volátiles hasta antracitas, para uso térmico y metalúrgico. Hacia el occidente de Boyacá, se realizó la exploración de recursos en el área carbonífera de Betania, en la cual la unidad portadora de carbón corresponde a la Formación Seca y los carbones se clasificaron como bituminoso altos volátiles y bituminosos medio volátiles para uso térmico.

En Cundinamarca se realizó exploración y evaluación de recursos en el área carbonífera del Páramo de la Bolsa (sector Sueva–Machetá), donde la formación carbonífera corresponde a la Formación Guaduas. En esta zona se identificaron mantos de carbón en el rango de bituminosos alto volátil A, B y sub bituminosos clase A y B. Hacia el occidente de Cundinamarca se exploraron las áreas carboníferas de Guataquí–Jerusalén–Guaduas–Caparrapí y Chaguaní–Córdoba–Guayabales, donde los carbones se ubican en la Formación Seca y están en el rango de bituminosos altos volátiles hasta bituminosos bajo volátiles para uso térmico.

En la franja oriental de la zona carbonífera de Santander se encuentra el área de Capitanejo–San Miguel, donde los carbones se ubican estratigráficamente en la Formación Colón Mito Juan y se clasifican por rango como antracitas, semiantracitas y bituminosos bajo y alto volátil. En la franja occidental se encuentran las áreas carboníferas de Cimitarra Sur, río Opon–Landázuri Vanegas y San Vicente de Chucurí–río Cascajales, donde los carbones se ubican en la Formación Umir y se clasifican por rango desde bituminosos





Muestreo de los mantos de carbón área Vanegas–San Vicente de Chucurí–Río Cascajales.

alto volátiles hasta semiantracitas. Las propiedades aglomerantes de algunos de estos carbones les permite su uso como carbones metalúrgicos y carbones térmicos.

En las áreas estudiadas se evaluaron los recursos carboníferos, obteniéndose hasta la fecha un total de 2780 millones de toneladas de carbón, distribuidas en las categorías de recursos medidos (161 millones de toneladas), indicados (816 millones de toneladas), e inferidos (1803 millones de toneladas).

Exploración de Gas Metano Asociado al Carbón (GMAC–CBM)

Desde el año 2011, el Servicio Geológico Colombiano retomó el conocimiento del carbón como roca fuente y reservorio de gas metano (*coal bed methane*). Lo anterior surgió teniendo en cuenta el importante potencial carbonífero con que cuenta el país, la necesidad de identificar fuentes alternativas de energía, la accidentalidad registrada en diversas minas, y lo dispuesto en el CONPES 3517 del 12 de mayo de 2008.

Con este fin, se establecieron áreas de trabajo en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Santander, entre otros, que corresponden a algunas de las principales zonas carboníferas de Colombia. La evaluación del potencial se inició en las áreas Checua–Lenguazaque, Tasco–Socotá, Úmbita–Rondón, El Carmen de Chucurí y Landázuri–Vélez, donde, a partir del análisis de los mantos de carbón existentes en las formaciones portadoras de los mismos, se investiga sobre la generación y almacenamiento del gas metano (CH_4).

En las áreas de interés se han adelantado 10 perforaciones con profundidades entre 300 y 600 metros, obteniéndose a la fecha un total de 4635 metros de perforación con recuperación de núcleos. En cada perforación se corrieron registros de resistividad eléctrica, temperatura, registros de Gamma Ray y densidad

Las mediciones de metano se efectuaron aplicando métodos directos. Para el estudio, se definió el muestreo de capas de carbón con espesores iguales y mayores a 0.40 metros. Los contenidos de metano, en los pozos ubicados en el área de Boyacá y Cundinamarca arrojaron valores entre 1,46 y 308,0 pies^3/ton, con valores de reflectancia de la vitrinita de 0,45 a 1,62 %. Los mayores valores de GMAC se registraron hacia el área Tasco–Socotá y Úmbita–Rondón, en carbones tipo subbituminoso a bituminoso alto volátil A, B, C. El potencial de gas metano en los mantos de carbón se determinó como recursos y reservas de GMAC en las categorías de medido, indicado, inferido e hipotético. En el año 2014, se complementó el estudio con el empleo de técnicas de termocronología para conocer la historia del enterramiento de la cuenca.

Exploración de Uranio

Los primeros trabajos de prospección de Uranio en Colombia fueron realizados por el Instituto Geológico Nacional y luego durante los años setenta estuvieron a cargo del Instituto de Asuntos Nucleares (IAN) y de la Compañía Nacional de Uranio (Coluranio) las cuales, en consorcio con otras compañías como Mina-





Perforación del pozo El Carmen de Chucurí 1 y muestreo de carbones para medición de contenido de gas metano. Municipio de El Carmen de Chucurí, Santander (2015).



Exploracion gamma espectrométrica. Trinchera en el Miembro Arenoso de la Formacion Girón. Vereda Las Águilas del municipio de Zapatoca, Santander (2015).

tome de Francia o ENUSA de España, adelantaron labores regionales de exploración.

A partir del año 2008 y con base en los resultados obtenidos por el IAN y en el análisis de los ambientes geológicos propicios para la acumulación de uranio, el Servicio Geológico Colombiano adelanta actividades de exploración gamaespectrométrica de uranio, torio y potasio con el objeto de identificar rocas fuentes primarias de uranio.

Durante los años 2008 y 2009 se adelantó la prospección de uranio en Paipa, Iza, Chivatá y Floresta, en el departamento de Boyacá, donde se identificaron como rocas más favorables para la acumulación de uranio las devónicas de la Formación Floresta, las jurásicas de la Formación Girón, y cuerpos plutónicos graníticos. En el año 2010 se realizó una exploración en el área Aguachica–Pelaya en rocas vulcanosedimentarias y volcánicas del Jurásico, en el sector occidental del Macizo de Santander. En 2011, en el área Mogotes–Onzaga–Sativasur, se estudiaron rocas cámbrico ordovícicas del sector norte del macizo de Floresta y el sector sur del macizo de Santander, delimitándose una anomalía importante en rocas de la cuarzo–monzonita de Santa Rosita.

En el año 2012, en el área Gama–Junín–Santa María, y en el año 2013 en el área Gutiérrez–Villavicencio y Medina–Cumaral, en sectores del macizo de Quetame, se identificaron anomalías puntuales de uranio en la Formación Capas Rojas del Guatiquía, de edad Devónico.

En el año 2014 en el área Arcabuco–Gambita, y en el año 2015 en el área Suaita–Chima, los esfuerzos se enfocaron en rocas jurásicas de la Formación La Rusia en el anticlinal de Arcabuco y la Formación Girón en el anticlinal de Los Cobardes. En las áreas anteriores se encontraron valores anómalos puntuales. Actualmente se continúa la exploración en rocas jurásicas en cercanías del municipio de Zapatoca (Santander), donde hemos registrado anomalías puntuales con valores altos de uranio.

Investigación y Exploración de Recursos Minerales No Metálicos e Industriales

Como parte de los proyectos de investigación para aportar al Plan Nacional de Desarrollo Minero del Gobierno, un grupo de geólogos de la antigua Subdirección de Geología Básica adelantó entre 2005 y 2009 la exploración geológica detallada en los cinturones esmeraldíferos de la cordillera Oriental de Colombia, con el propósito de descubrir nuevas áreas potenciales para su explotación. Los estudios se llevaron a cabo en forma directa por parte del Servicio Geológico Colombiano con el apoyo de un convenio de cooperación técnico–científica con la Universidad Industrial de Santander (UIS), y la participación de consultores privados. Con base en el nuevo conocimiento geológico generado en el marco de estas investigaciones en ambos cinturones esmeraldíferos, y en la información geológica disponible de trabajos anteriores, se propuso una serie de criterios, indicadores o guías geológicas, que se consideran muy útiles para reconocer y delimitar

nuevas áreas con potencial esmeraldífero. Estos a su vez sirven para orientar los trabajos mineros relacionados con la exploración y explotación de esos depósitos.

Minerales base para la industria de los fertilizantes

En el año 2009, el Gobierno Nacional a través del Servicio Geológico Colombiano retoma la exploración de fosfatos en el territorio colombiano a raíz de la alta cotización internacional de los insumos agrícolas como úrea, fósforo y potasio, que tuvieron en su momento incrementos de hasta 120 %. Lo anterior llevó a los ministerios de Minas y Agricultura a unirse y estructurar un documento Conpes con el propósito principal de que a mediano plazo el país estuviera en capacidad de fabricar y comercializar, a precios más cómodos para los agricultores, agroquímicos a base de fósforo y potasio, minerales que en el mundo empezaban a escasear.

El documento Conpes 3577 asigna al Servicio Geológico Colombiano la responsabilidad de la prospección y exploración de fuentes minerales de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre, que permiten identificar zonas potenciales para la exploración y explotación, por parte del sector privado, de fuentes minerales con destino a la producción de fertilizantes.

El Servicio Geológico Colombiano, inició con un diagnóstico previo a las labores de prospección, mediante la recopilación de toda la documentación relacionada con las fuentes minerales de fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre en Colombia provista por diferentes entes estatales, información que fue básica para estructurar los proyectos de prospección de dichos minerales.

Con la reforma institucional del sector minero adelantada por el gobierno en los años 2011–2012, el Ministerio de Minas y Energía basado en el estudio realizado por el Servicio Geológico Colombiano denominado Áreas con potencial mineral para definir áreas de reserva estratégica del estado, de febrero de 2012, expide las resoluciones 18 0102 del 31 de enero de 2012 y 18 0242 de 24 de febrero de 2012, donde se definen y delimitan áreas estratégicas mineras para 10 minerales dentro de los cuales se encuentran tres de los minerales especificados en el Conpes 3577, que son los de fósforo, potasio y magnesio. Las zonas estratégicas para estos minerales se localizan en la cordillera Oriental en los departamentos de Huila, Tolima, Cundinamarca, Meta, Boyacá, Santander y Norte de Santander, abarcando aproximadamente 143 000 hectáreas.

Una vez realizado el diagnóstico, se priorizó la exploración en unidades litoestratigráficas del Cretácico superior para los minerales de fósforo (formaciones La Luna–Miembro Galembo del Valle Medio del Magdalena y del área de Capitanejo–Málaga, Arenisca de Labor y Tierna, Arenisca Dura y Plaeners, Lidita Inferior y Superior, Monserrate, Capacho, Chipaque, Conejo, Cogollo, Villeta, Colón) en los siete departamentos citados más el departamento del Putumayo, sitios en los cuales se presumía el mayor potencial.

Durante los años 2010 y 2011 se inició la exploración en Tolima, Cundinamarca, Huila,

Santander, Norte de Santander, Putumayo y Boyacá con levantamientos estratigráficos detallados con muestreo para petrografía y geoquímica de las unidades potenciales; las áreas más favorables posteriormente serían objeto de estudios más detallados de cartografía geológica para inferir preliminarmente volúmenes de roca fosfórica.

Una vez definidas las áreas de reserva estratégica del estado en el año 2012, se adelantó la evaluación de las zonas estratégicas tipo II para fósforo y magnesio, en los departamentos de Huila, Santander y Norte de Santander, con el objeto de precisar lugares para secciones estratigráficas, cartografía geológica detallada donde se requerían muestreos para geoquímica, y eventualmente sitios de levantamientos geofísicos.

Durante los años 2012 a 2015 se adelantó el mapeo y la exploración geológica detallada de 1600 km^2 en el departamento de Boyacá en un sector de la plancha 191 Tunja, replanteándose la cartografía geológica debido a un nuevo panorama estratigráfico del Cretácico superior correspondiente al Grupo Guadalupe (unidad hospedante de las rocas fosfóricas). Este nuevo conocimiento geológico se pondrá a disposición del público en el primer semestre del año 2016 en el informe de exploración de roca fosfórica del bloque Boyacá, como se ha denominado.

Desde el año 2015 hasta la fecha se inició la exploración detallada para roca fosfórica en el departamento del Huila en los municipios de La Plata, Paicol, Tesalia, Yaguará, Palermo, El Agrado, El Pital, Íquira, Nátaga, Neiva, El Hobo, Aipe y Páez (corregimiento de Itaibe) en el departamento de Cauca, en áreas estratégicas tipo II para fósforo, utilizando la misma metodología de trabajo empleada en el bloque de Boyacá. En las zonas del Huila y Cauca se exploraron detalladamente 300 km^2 en 2015 y se avanza en 300 km^2 adicionales durante el año 2016.

De igual manera desde el año 2015 se adelanta la exploración detallada en una zona estratégica tipo II para magnesio localizada en el municipio de Santa María, departamento del Huila. Además de cartografía geológica detallada enfocada a la exploración de magnesio, se realiza muestreo geoquímico y petrográfico, muestreo para dataciones radiométricas por el método Ar/Ar y muestreo petrográfico para caracterización mineralógica por microsonda electrónica, con el propósito de definir la edad del evento geológico que dio origen a los minerales de magnesio y comprender la petrogénesis, los procesos metamórficos y el ambiente geodinámico mediante el cual se dio lugar a la acumulación de minerales de magnesio en el área estudiada.

Materiales de construcción

El Servicio Geológico Colombiano también ha realizado prospección de materiales de construcción, rocas ornamentales, agregados pétreos, y del elemento azufre.

En el departamento del Quindío y alrededores se adelantó la caracterización de unidades geológicas como fuentes de materiales de construcción. En los departamentos de Meta, Boyacá, Santander y Casanare se adelantó un reconocimiento geológico y se colec-



Capa de roca fosfórica en el Cretáceo Superior (Formación Galembo) del departamento de Santander.

taron muestras para evaluar el potencial de las unidades geológicas de estos departamentos como fuentes de materiales de construcción, así como para efectuar caracterización geomecánica de algunas canteras y aluviones y evaluar su potencial como fuentes de agregados pétreos, base o sub–base de carreteras u otros tipos de materiales de construcción. En rocas ornamentales se realizó un reconocimiento geológico en sectores de los departamentos de Boyacá y parte de Santander con el objetivo de definir las unidades o niveles litoestratigráficos más aptos para la explotación y producción de rocas ornamentales.

En el departamento del Quindío y norte del Valle (sectores del Eje Cafetero) se adelantó un estudio para identificar zonas adecuadas para la explotación de agregados pétreos.

En el 2013 se inició un levantamiento geológico en el sector de Gachalá, Cundinamarca, con el objeto de evaluar el potencial de las formaciones Santa Rosa y Lutitas de Macanal para minerales de azufre, que culminó en ese año.

Adicionalmente, se adelantó una evaluación del potencial de las unidades geológicas de los departamentos de Meta, Boyacá, Santander y Casanare como fuentes de materiales de construcción, cuyos resultados se entregaron en el año 2013.

Dirección de Geoamenazas

La Dirección de Geoamenazas trabaja en cuatro líneas principales: la investigación y zonificación de movimientos en masa, el inventario y monitoreo de la actividad sísmica, la implementación de la Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS con propósitos geodinámicos (GeoRED) y el inventario y monitoreo de la actividad volcánica.

Colombia está ubicada en la esquina noroccidental de Suramérica, con una alta complejidad geológica debido a que es el resultado de la interacción de tres placas tectónicas principales, las placas Suramericana, Nazca y Caribe. Esa situación determina un territorio caracterizado por cadenas montañosas jóvenes que favorecen la ocurrencia de sismos, erupciones volcánicas y movimientos en masa, estos últimos detonados por lluvias intensas, pendientes fuertes, materiales fracturados y meteorizados. Los anteriores son algunos de los fenómenos de origen geológico que producen amenazas, cuya ocurrencia ha causado pérdida de vidas humanas, de medios de vida e infraestructura, afectando el desarrollo del país.

Entre los principales eventos ocurridos en Colombia podemos destacar los terremotos ocurridos en el suroccidente del país en los años 1906, 1923, 1936, 1958 y 1979. Algunos de éstos fueron generadores de tsunamis que afectaron a la población de Tumaco en el Pacífico colombiano. Los sismos de las ciudades de Popayán, en 1983, y Armenia, en 1999; la erupción del volcán Nevado del Ruiz, en 1985; los movimientos en masa que afectaron al barrio Villa Tina de la ciudad de Medellín, en 1987, y al casco urbano del municipio de Gramalote, Norte de Santander, en 2011, son otros grandes desastres ocurridos en Colombia.

Ante este contexto geológico y motivado por el gran número de pérdidas de vidas humanas y el impacto de los desastres en la economía y el desarrollo del país, el Gobierno Colombiano, desde la década de los 80, conformó el hoy denominado Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD). Este sistema, reorganizado a través de la Ley 1523 de 2012, define la gestión del riesgo de desastres como un ejercicio social en el que es necesario conocer los riesgos a los que está expuesta la sociedad, con el fin de definir acciones para su reducción.

En este sentido, el Servicio Geológico Colombiano, en sus cien años de existencia, viene generando conocimiento geocientífico que es base fundamental en la gestión de riesgos en Colombia. Además de la información geológica básica y del potencial de recursos, la generación de información de amenazas y riesgos geológicos es una de las funciones principales del quehacer institucional. Se trata de una información útil para el ordenamiento territorial y la planificación del desarrollo, que de esa forma contribuye al desarrollo socioeconómico del país. El Servicio Geológico Colombiano hace parte integral del SNGRD, en la generación de conocimientos sísmico, volcánico y de movimientos en masa. Esa información es transmitida a la sociedad colombiana mediante la apropiación social del conocimiento, para su asimilación y su aplicación en la toma de decisiones. Con ese propósito, el Servicio Geológico Colombiano ha venido consolidando el sistema de monitoreo sísmico y volcánico conformado por la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC), la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RNAC), la Red de Estaciones geodésicas GNSS (GeoRED) y la red de vigilancia de los observatorios vulcanológicos y sismológicos localizados en las ciudades de Manizales, Popayán y Pasto.

La información generada en las redes del Servicio Geológico Colombiano, al hacer parte de las redes de monitoreo y alerta temprana del SNGRD, es insumo fundamental en los procesos de reducción de desastres. Es así como la localización de los sismos que tienen la potencialidad de causar daño o generar tsunamis es dada a conocer a los integrantes del SNGRD, a fin de activar los planes de contingencia y emergencia a nivel municipal, departamental y nacional. Por otra parte, la información de los volcanes activos se entrega a las autoridades locales y nacionales a partir de la definición del nivel de actividad de cada volcán, dando avisos de alerta temprana relacionados con la probabilidad de ocurrencia de erupciones. Se destaca en los últimos años la respuesta exitosa a las reactivaciones y crisis sísmicas de los volcanes Galeras, Nevado del Huila, Cerro Machín y, más recientemente, a la originada por los volcanes Chiles y Cerro Negro en la frontera con Ecuador y el volcán Nevado del Ruiz en el departamento de Caldas.

Así mismo, el Servicio Geológico Colombiano viene desarrollando sistemas de información y servicios de datos en ambiente web, que capturan, almacenan, organizan y ponen a disposición de la comunidad la información relacionada con amenazas geológicas, como el Sistema de Información de

Movimientos en Masa (SIMMA), el sistema de información de sismicidad histórica y bases de datos de sismicidad instrumental, entre otros.

Con base en la información de las redes de monitoreo sísmico, información geológica y tectónica, así como en la evaluación de los efectos de los grandes sismos históricos y recientes, y de efectos locales del suelo se realiza el cálculo de la amenaza sísmica a diferentes escalas, y los estudios de microzonificación sísmica. Estos últimos son requeridos para la adopción de las normas de construcción sismoresistente nacionales y municipales, y para los planes de ordenamiento territorial. Igualmente, el Servicio Geológico Colombiano actualiza de manera periódica el *Mapa nacional de amenaza sísmica,* a escala 1:1 500 000, el cual es insumo para la norma de construcción sismorresistente del país (NSR–10), que regula las edificaciones para los diferentes niveles de amenaza sísmica, reduciendo así la vulnerabilidad y por ende el riesgo al que está expuesta la comunidad.

Como se mencionó anteriormente, el Servicio Geológico Colombiano monitorea en la actualidad 20 volcanes activos; doce cuentan con mapas de amenaza volcánica, algunos de los cuales han sido actualizados gracias al volumen de información que se ha capturado por intermedio de las redes de monitoreo. En esas redes se obtiene información sismológica, de deformación, geoquímica y de otros parámetros geofísicos tales como campo eléctrico y magnético para evaluar el comportamiento volcánico. Esas actividades se vienen realizando de manera permanente desde 1985, cuando se publicó el primer mapa de amenaza del volcán Nevado del Ruiz.

Por último, el Servicio Geológico Colombiano, en temas de movimientos en masa, trabaja en la elaboración de mapas de amenaza a escala nacional (entre 1:1 500 000 y 1:100 000), regional (entre 1:50 000 y 1:25 000) y local (entre 1:10 000 y 1:2 000), que son insumo fundamental para los procesos de ordenamiento territorial y de gestión de riesgo a diferentes niveles. Para la elaboración de los mapas de amenaza se construyen mapas de geología para ingeniería, de unidades, subunidades o elementos geomorfológicos dependiendo de la escala, cobertura y uso del suelo, inventario de movimientos en masa, exploración y caracterización geotécnica de materiales. También se analiza la información hidrometeorológica y sismológica. Mediante la aplicación de metodologías apropiadas se llega a la obtención de la zonificación.

Teniendo en cuenta que la normatividad nacional exige a los municipios la incorporación de los mapas de riesgo por movimientos en masa en el ordenamiento territorial a escalas entre 1:25 000 y 1:2 000, el Servicio Geológico Colombiano adelanta proyectos piloto a escalas detalladas, con el fin de mejorar las metodologías aplicables a problemas de estabilidad en zonas urbanas. De esta forma se formulan y se ponen en uso guías metodológicas para el orden municipal y regional. Recientemente el Servicio Geológico Colombiano publicó la *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*, a escala de detalle (1:5 000

y 1:2 000), que está armonizada con la normatividad del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. Como esa norma regula la incorporación de la gestión de riesgo en el ordenamiento territorial de los municipios en el país, la guía es un aporte importante para los procesos de conocimiento y reducción del riesgo.

Como ya se dijo, el conocimiento es indispensable en la gestión de riesgo, pero su generación no cumpliría su papel si no existe la apropiación social de este conocimiento por parte de las autoridades, la comunidad y las instituciones, para que así se convierta en herramienta útil para la toma de decisiones sobre el uso y manejo del territorio. En este sentido el Servicio Geológico Colombiano ha venido trabajando desde sus inicios en procesos de comunicación del conocimiento, y recientemente generó un *Plan institucional de apropiación social del conocimiento*, enmarcado en la estrategia nacional expedida por COLCIENCIAS, que permitirá impactar positivamente a la sociedad colombiana mediante la comprensión, apropiación y aplicación del conocimiento geocientífico. Por eso es necesario realizar una gestión de la información a través de la web institucional y de otros medios de comunicación.

Investigación y zonificación de movimientos en masa

El tema de los movimientos en masa ha sido objeto de grandes desarrollos en los últimos años.

Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa

A nivel nacional, el primer mapa de amenaza fue publicado a comienzos de este siglo a escala de trabajo 1:1 500 000. Este mapa fue mejorado, en resolución y metodología de zonificación, mediante el producto generado de manera conjunta con el IDEAM en 2010, donde se generaron los mapas de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa a escala 1:500 000, con un total de 26 planchas.

En el año 2010 el fenómeno de La Niña afectó a nuestro país de manera importante, dejando miles de personas sin vivienda, cientos de kilómetros de carreteras afectadas por deslizamientos y, en general, daños en la infraestructura que obligaron al Gobierno Nacional a tomar una serie de medidas para reducir los riesgos a los que están expuestas nuestras regiones. Desde entonces se viene trabajando en diferentes frentes a fin de reducir los efectos que este tipo de fenómenos tiene sobre nuestro territorio. Es así como el *Plan nacional de desarrollo 2010–2014* (Departamento Nacional de Planeación, 2010) asigna como meta al Servicio Geológico Colombiano la elaboración de "120 Mapas de fenómenos por remoción en masa a escala 1:100 000" y al IDEAM "un mapa de zonificación de susceptibilidad general del terreno a los deslizamientos (zonas críticas a escala 1:100 000)". Por otra parte el Gobierno Nacional expidió en el año 2013 la Ley 1523 de Gestión del Riesgo, donde se dio un papel muy importante al conocimiento del riesgo.

El Servicio Geológico Colombiano se dio a la tarea de dar cumplimiento a los

objetivos del *Plan nacional de desarrollo*, sin limitarse al número de planchas asignadas. Además, teniendo en cuenta la confluencia de metas con el IDEAM y la necesidad del país de contar con herramientas técnicas y científicas que contribuyan efectivamente a la toma de decisiones para una mejor gestión del riesgo en el caso de fenómenos climáticos como el de La Niña, se planteó un proyecto de gran envergadura. Se trataba de entregar un conocimiento relevante y oportuno que cubriera las zonas de amenaza alta y media por movimientos en masa, previamente identificadas en el mapa a escala 1:500 000 que había sido generado en el año 2010.

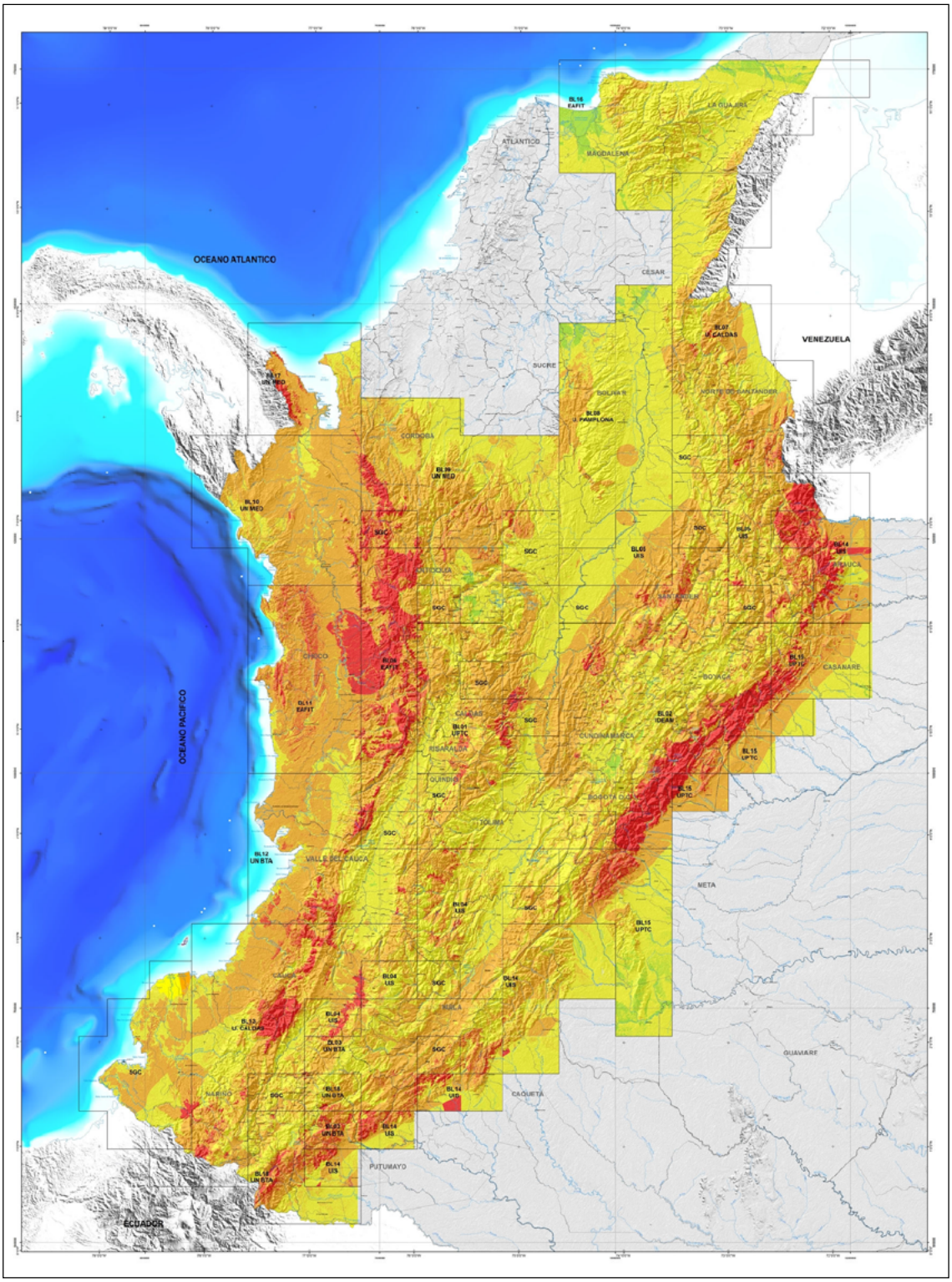
Entre 2011 y diciembre de 2015 fue preparada una tercera versión del *Mapa nacional de amenaza por movimientos en masa*, esta vez a escala 1:100 000 con un total de 242 planchas que cubren 458 488 km^2 en tres temáticas: unidades geomorfológicas, susceptibilidad y amenaza relativa, con sus respectivas memorias técnicas, para un total de casi 1200 productos técnicos a disposición de la sociedad colombiana.

Esos productos fueron generados a través de un proyecto en el que participaron, además del Servicio Geológico Colombiano y el IDEAM, siete universidades que cuentan con programa de geología en el país: Universidad Nacional de Colombia, sedes Bogotá y Medellín, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Universidad Industrial de Santander, Universidad de Caldas, Universidad de Pamplona y Universidad EAFIT. Por otro lado, se contó con la información actualizada a escala 1:100 000 generada por las diferentes entidades del orden nacional que tienen como misión institucional la generación de conocimiento. Es el caso del IGAC, que suministró, además de la cartografía básica oficial del país a la escala mencionada, el Modelo Digital de Elevación y la información de suelos edáficos. Por su parte el IDEAM suministró la información de cobertura de la Tierra a la misma escala y la información climática que permitió generar el detonante climático. El Servicio Geológico Colombiano aportó, además de la información geológica del país a escala 1:100 000, la información del detonante sismo a partir del mapa nacional de amenaza sísmica.

Se contó con la participación de más de 300 profesionales de las ramas de geología, agrología e ingeniería en diferentes ramas (civiles, forestales y catastrales, entre otros). La coordinación de este proyecto estuvo a cargo de la Dirección Técnica de Geoamenazas del Servicio Geológico Colombiano y en particular del Grupo de Trabajo Evaluación de Amenaza por Movimientos en Masa, durante un poco más de tres años. En 2016 se están terminando 36 nuevas planchas ubicadas en la región Caribe, para completar así todas las áreas que tienen algún nivel de susceptibilidad a generar movimientos en masa en el país, llegando a un total de 278 planchas y más de 500 000 km^2.

Guías metodológicas

Teniendo en cuenta que el Servicio Geológico Colombiano no podía dar respuesta a las múltiples solicitudes de estudios de zonificación del orden local y regional, se definió



Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, escala 1:100 000 (2015).

la necesidad de generar guías metodológicas, como herramientas de soporte para las autoridades locales y regionales en los procesos de contratación con terceros para la ejecución de estudios. Se trataba de guías que cumplieran con la calidad técnica requerida, que permitiesen construir herramientas técnicas para la toma de decisiones en la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial.

Como antecedentes de estos trabajos, ya en el año 2001 INGEOMINAS había publicado la primera guía denominada *Guía metodológica para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa–método univariado y escenarios de riesgo por avenidas torrenciales* (Valencia y Fonseca, 2001), que fue generada posteriormente a la ejecución del estudio *Evaluación de la torrencialidad en los ríos Frayle, Bolo y Párraga en el Valle del Cauca* (1997), realizado mediante convenio con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Para esta publicación, se hizo un nuevo convenio en el que además participó la Escuela Colombiana de Ingenieros.

Así mismo, en el marco del Proyecto Multinacional Andino Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA–GCA), que se desarrolló entre los servicios geológicos de los siete países ubicados en la cordillera de los Andes (Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) con la gerencia del Servicio Geológico Canadiense y con recursos de la Agencia Canadiense para la Cooperación Internacional (ACDI), en el año 2007 se publicó el documento *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas* (INGEOMINAS y otros, 2007). Ese documento fue generado como un intento de estandarizar en los países andinos el lenguaje, el inventario de movimientos en masa, los estándares de representación y las metodologías de zonificación, aportando de esta manera un documento de referencia tanto para profesionales de los servicios geológicos como para la comunidad especialista en cada campo de interés y mostrando casos tipo de la cordillera de los Andes.

En el marco del Proyecto Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa a escala 1:100 000, se generaron dos documentos metodológicos denominados *Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escala: 1:100 000* (Carvajal y otros, 2012) y *Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100 000* (Alvarado y otros, 2012), que sirvieron como base para el proceso de construcción sistemática de las 278 planchas a escala 1:100 000 que conforman el mapa nacional, y permitieron realizar un control de calidad al proceso adelantado por las universidades, ya mencionado.

En la óptica de los decretos de emergencia emitidos por el Gobierno Nacional en el año 2011 a raíz del fenómeno de La Niña 2010–2011, se vio la necesidad de evaluar el riesgo por movimientos en masa e inundaciones al que están expuestas las comunidades. El Servicio Geológico Colombiano se dio a la tarea de construir una guía metodológica para realizar estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, a partir de los diferentes estu-

dios que había realizado hasta el momento a escalas municipales. Para ello firmó un convenio en el año 2013 con la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, a fin de generar el documento base que serviría para realizar la publicación del documento *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, escala detallada* (2015a), en mayo de 2015. Ese documento está totalmente armonizado con el Decreto 1807 de 2014 del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Sostenible, que da los lineamientos a las alcaldías municipales para la incorporación de los temas de gestión de riesgo en el ordenamiento territorial.

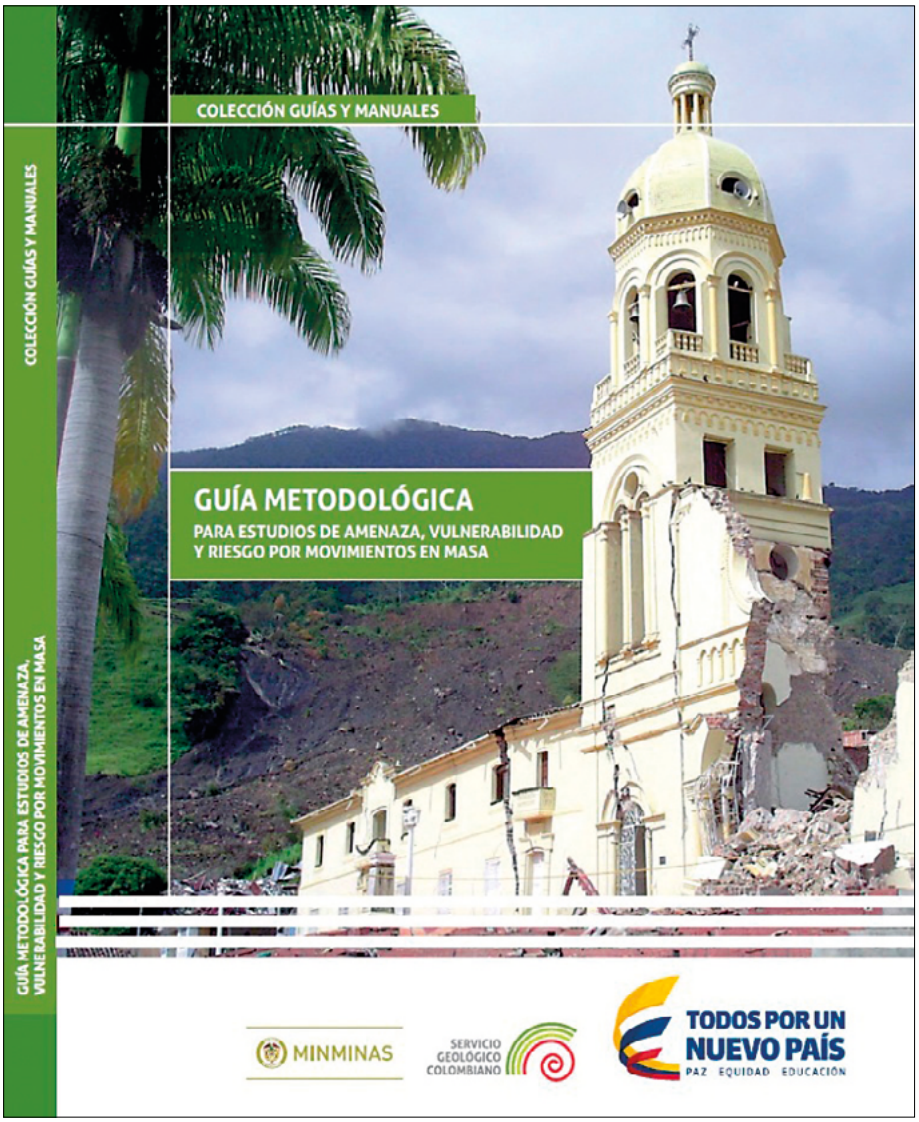
Apoyo en los procesos de reubicación

Durante las últimas dos décadas, el Servicio Geológico Colombiano, en el marco de su responsabilidad en el Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres, ha realizado diferentes estudios como base para los procesos de reubicación. Es el caso de los municipios de Herrán en Norte de Santander (2000), El Calvario en el Meta (Inspección de Policía de Momfort), San Cayetano en Cundinamarca (2001), Murindó en Antioquia y Bojayá en Chocó (2002), Gramalote en Norte de Santander (2011) y más recientemente Salgar en Antioquia (2015).

En los casos de Herrán, El Calvario y San Cayetano, existían previamente informes técnicos y de visita de emergencia que habían identificado y caracterizado los movimientos en masa que afectaban las zonas urbanas y se habían hecho sugerencias de estudios detallados y de manejo de los fenómenos, a fin de evitar la posible reubicación. Sin embargo, en San Cayetano el incremento en la velocidad del movimiento y la transformación del deslizamiento en flujo de tierras hicieron necesaria la reubicación del casco urbano, debido al alto número de viviendas afectadas y destruidas. En ese caso se firmó un convenio con la Gobernación de Cundinamarca, a fin de realizar la selección del sitio desde el punto de vista de la estabilidad; así el Servicio Geológico Colombiano participó en todo el proceso de selección en el marco del proyecto de reubicación.

En Murindó, a raíz del sismo ocurrido en cercanías del municipio, se presentó un sinnúmero de movimientos en masa que se transformó en una creciente de detritos y afectó de manera grave al casco urbano del municipio, razón por la cual se hacía necesario reubicarlo. Lo anterior a fin de evitar futuras afectaciones por inundación, además de la licuación que había afectado gran parte del casco urbano. Se realizó entonces un estudio de selección de sitios para la Gobernación de Antioquia, que incluyó la caracterización geológica del sitio preseleccionado.

Como es bien conocido por los colombianos, el caso de Bojayá no obedeció a la ocurrencia de movimientos en masa, sino a una incursión armada que dejó como saldo más de cien personas muertas, razón por la cual el Gobierno Nacional, de manera conjunta con las autoridades departamentales y locales, definió la necesidad de reconstruir la cabecera municipal en otro lugar. El Servicio Geológico Colombiano, como integrante del Gobierno Nacional, hizo la selección del sitio



Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa (2015).









Deslizamientos en San Cayetano (Cundinamarca) en 1949 (arriba) y en 2001 (abajo). Los primeros habían sido estudiados por el Servicio Geológico Nacional, los segundos lo fueron por el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS).

y el análisis geotécnico para la cimentación de las nuevas construcciones, junto con el análisis de estabilidad del cerro donde fue definida la reubicación.

En cuanto a Gramalote, además del apoyo que dio al entonces Comité Departamental de Prevención y Atención de Desastres Norte de Santander durante los días de la emergencia en diciembre de 2010, asesorando las acciones de desalojo del casco urbano, el Servicio Geológico Colombiano hizo parte del equipo de trabajo interinstitucional liderado por el entonces Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en la definición de las acciones a seguir para seleccionar el sitio de reubicación. En el año 2011 se realizó, a escala 1:25 000, el levantamiento de los Mapas de unidades geológicas superficiales y subunidades geomorfológicas de alrededor de 155 km^2 para definir, con base en criterios geológicos y geomorfológicos, los posibles sitios de reubicación. Con esa información se pudieron identificar cuatro posibles sitios, tres ubicados en el mismo municipio de Gramalote y el cuarto en el municipio de Salazar. De los sitios preseleccionados en el municipio de Gramalote se realizó entre los años 2011 y 2012 un estudio geológico, geomorfológico y geotécnico a escala 1:5 000 en dos de ellos (Miraflores y Pomarroso), con base en los cuales se analizó el nivel de amenaza por movimientos en masa y otros comportamientos geotécnicos desfavorables como la licuación de arenas. Los informes fueron entregados a la gerencia del proyecto de reconstrucción del casco urbano de Gramalote, como insumo para la selección final del sitio.

En el año 2015, a raíz de la emergencia vivida en el municipio de Salgar en Antioquia, se apoyó al Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastre en la preselección de sitios para la reconstrucción de las viviendas destruidas y se definieron las acciones a seguir para caracterizar los posibles sitios desde el punto de vista de amenazas geológicas. Esos trabajos fueron realizados posteriormente por entidades del orden local y regional.

El Sistema de Información de Movimientos en Masa

A comienzos del siglo XXI el Servicio Geológico Colombiano, las Corporaciones Autónomas Regionales y las Oficinas de Planeación y de Gestión del Riesgo a nivel municipal, entre otras entidades públicas y privadas, contaban con un elevado volumen de información relacionada con los movimientos en masa. Esa información incluía desde los reportes de un evento y su afectación hasta los estudios detallados de estabilidad de taludes y zonificaciones de amenazas y riesgos, que son de interés para diferentes actores. El acceso a la misma era difícil; por otro lado, el Servicio Geológico Colombiano había realizado esfuerzos encaminados a la generación de un inventario nacional de movimientos en masa. Se definió entonces la necesidad de contar con un Sistema de Información de Movimientos en Masa denominado SIMMA, que se esperaba poner en funcionamiento y a disposición del público en el año 2005. Con base en ese planteamiento, en ese mismo año se genera el Documento de Requerimientos del Sistema y



Herramientas Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA).

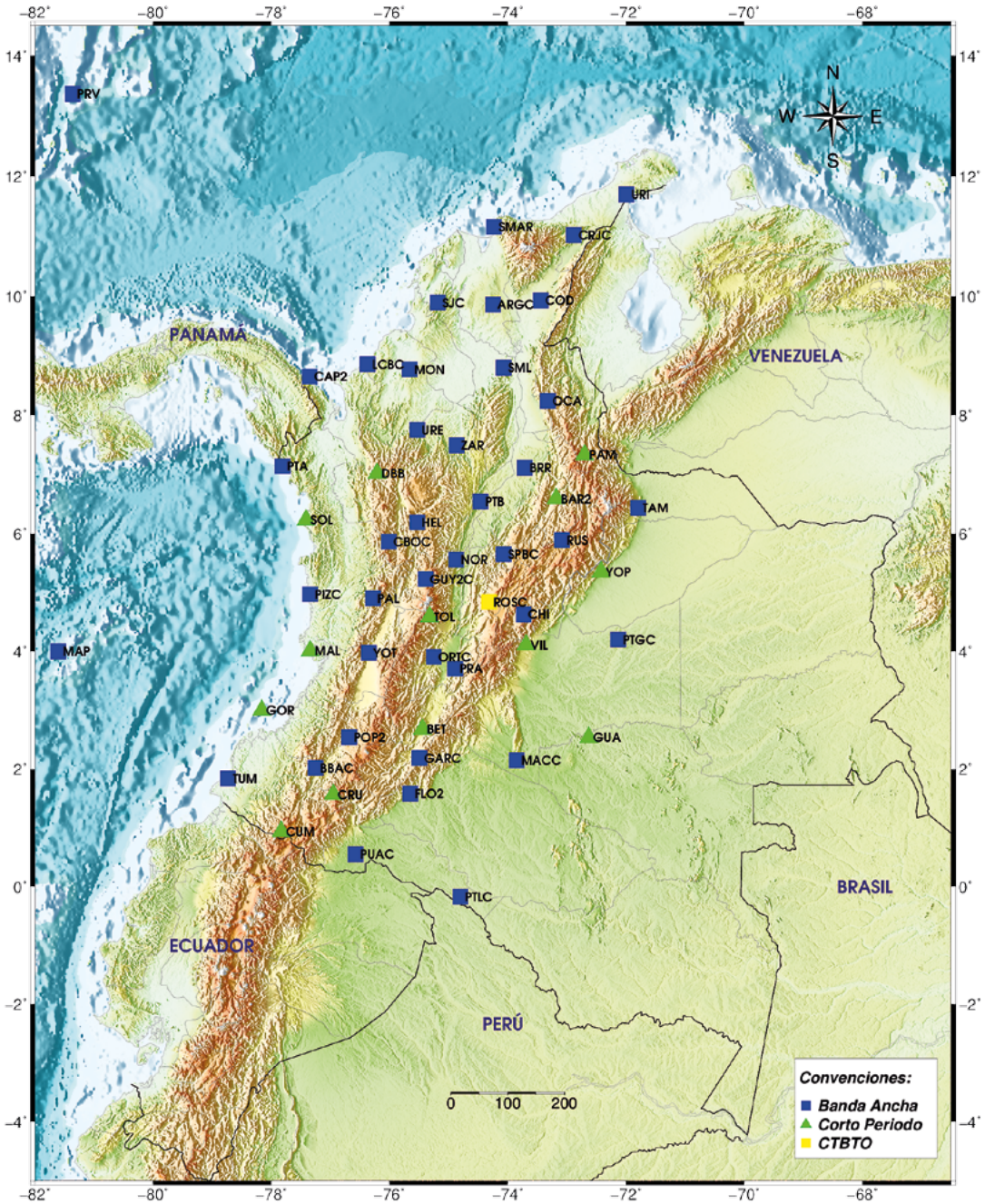
se inician las acciones para poner en funcionamiento el mismo. Después de una serie de trámites internos y de contrataciones externas, en el año 2010 entra en operación la primera fase del SIMMA, conformado por las bases de datos de Catálogo e Inventario de Movimientos en Masa, a partir del formato estandarizado en el proyecto PMA–GCA, ya mencionado.

A partir del año 2014 se inició un proceso de actualización y mejoramiento de dicho sistema incorporándole un módulo geográfico para consulta y captura de datos. En 2015 entra en operación la versión actualizada del SIMMA, mediante la que es posible acceder a la información de inventario, catálogo, informes de visitas de emergencia y estudios de zonificación (desde la escala local hasta la escala nacional) de amenaza por movimientos en masa. A ella se puede acceder a través de la página web del Servicio Geológico Colombiano.

Inventario y monitoreo de la actividad sísmica

La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) del Servicio Geológico Colombiano, parte integrante del Sistema Nacional para la Atención y Prevención de Desastres, está encargada de dar una alerta temprana a la ocurrencia de un evento sísmico en el territorio nacional. Además lidera las investigaciones sismológicas en el país.

Uno de los acontecimientos más notables de los últimos años fue la obtención del crédito BIRF 7293–CO otorgado por el Banco Mundial, por medio del cual se financió el Proyecto Actualización Instrumental del Sistema Sismológico y Vulcanológico Nacional de Colombia hasta el mes de agosto de 2013. A través de este proyecto se ha ampliado la cobertura de la RSNC y de la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RNAC), a la vez que se adquirieron equipos de última tecnolo-



Red Sismológica Nacional de Colombia. Servicio Geológico Colombiano (2016e).

gía que han permitido un avance notorio en la cantidad y calidad de la información obtenida.

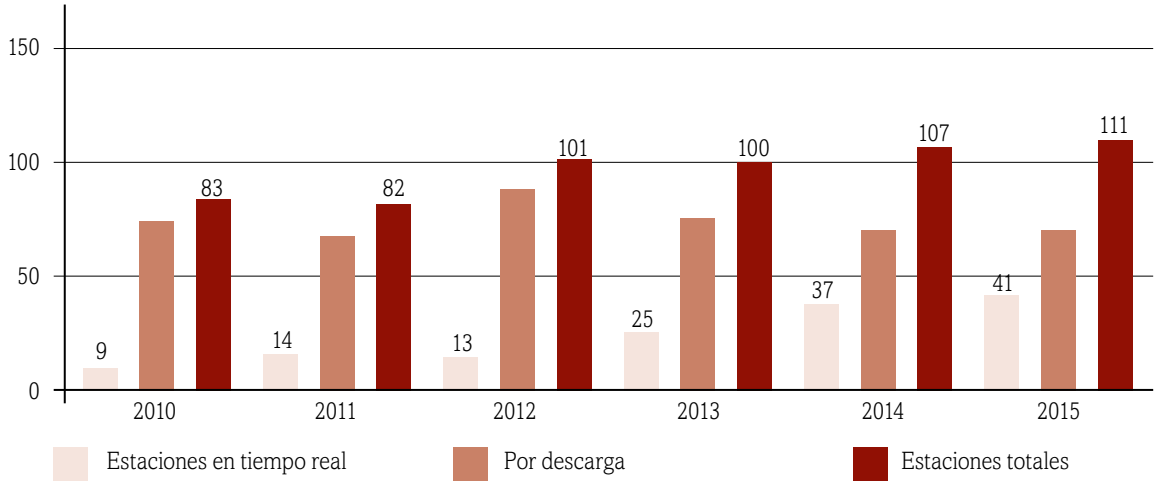
Durante el periodo 2010–2015 la RSNC amplió su cobertura a través de la instalación de nuevas estaciones del monitoreo sísmico. En el año 2010, la RSNC contaba con 28 estaciones satelitales, 15 de corto periodo y 13 de banda ancha; en el año 2015 la RSNC cuenta con 53 estaciones satelitales, 13 de corto periodo y 40 de banda ancha.

En 2010 se registraron 27 207 sismos, de los cuales 1 181 fueron distantes, 1 400 regionales y 24 626 locales. Se localizaron 10 310 sismos. Durante 2011 registraron 26 788 sismos, de los cuales 832 fueron distantes, 1 400 regionales y 25 143 locales; de estos últimos se localizaron 11 815. La magnitud máxima registrada fue 5.2, en el municipio de Ortega, Tolima.

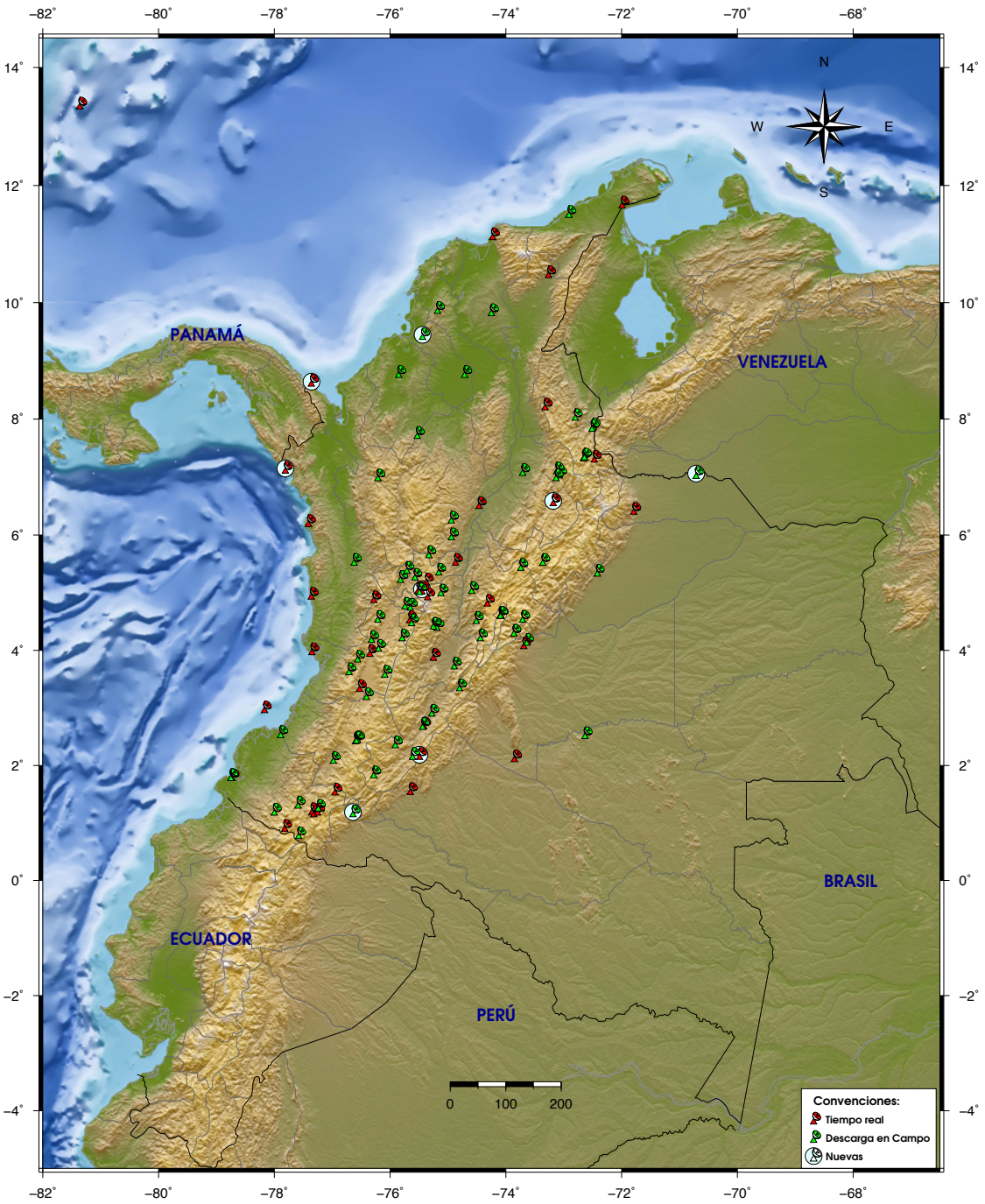
En 2012, la RSNC registró 26 195 sismos, de los cuales 726 fueron distantes, 772 regionales y 24 697 locales; de estos últimos se localizaron 13 311. La magnitud máxima registrada fue 7.2. En cuanto a 2015, la RSNC registró 26 223 sismos, de los cuales 891 fueron distantes, 1 793 regionales y 23 539 locales; de estos últimos se localizaron 12 275. La magnitud máxima registrada fue 6.3, en la Mesa de los Santos, Santander.

La Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RNAC) amplió la cobertura gracias a la instalación de 23 nuevas estaciones en todo el territorio nacional, lo que implica un mejoramiento de la cobertura y análisis de sismos fuertes. Actualmente, la RNAC cuenta con 111 estaciones acelerográficas, 41 de ellas en tiempo real.

Durante los años 2010 y 2011 la RSNC elaboró junto con la Universidad Nacional de Colombia el Mapa Nacional de Amenaza Sísmica de Colombia y, como parte de su socialización, se estructuró el Mapa en ArcGIS Server. Adicionalmente, en el año 2012 la RSNC adelantó el estudio de microsismicidad en la Falla de Servitá y la evaluación probabilística de la amenaza sísmica.



Número de acelerógrafos de la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RNAC).



Estaciones acelerográficas del 2016 de la Red Nacional de Acelerógrafos de Colombia (RNAC).

Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS

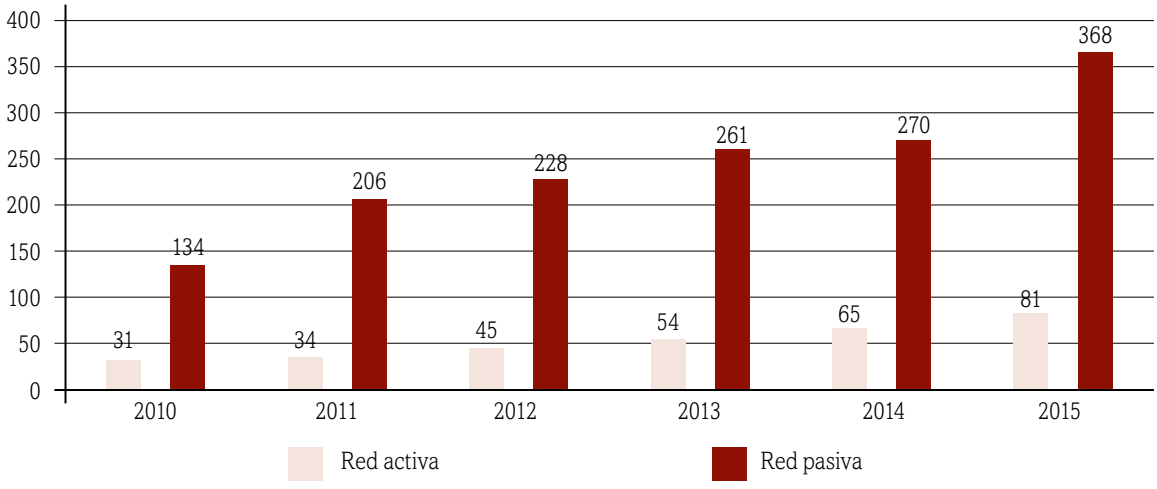
En geodesia, se continuaron las investigaciones iniciadas en los últimos años del siglo XX. En 2006, se presentó a consideración del Gobierno Nacional la iniciativa Red Nacional de Estaciones Geodésicas Satelitales GPS con Propósitos Geodinámicos que, debidamente aprobada, permitió en enero de 2007 el inicio del proyecto conocido como GeoRED (*Geodesia: Red de Estudios de Deformación*). Ese proyecto está orientado a profundizar en el conocimiento de los fenómenos asociados a la geodinámica a partir de la aplicación de conceptos, técnicas y métodos propios de geodesia de alta precisión, mediante el despliegue de una red instrumental con requerimientos de adecuada densidad y cobertura, y cuyos resultados sean útiles a diversos campos de las geociencias. De esta manera, el Servicio Geológico Colombiano está creando una Infraestructura Geodésica GNSS de alta calidad que sirva como marco de referencia esencial para el estudio e investigación de la dinámica de la corteza terrestre y la atmósfera en la totalidad del territorio colombiano, y que facilite al mismo tiempo el intercambio de datos y resultados de investigación con países vecinos. El procesamiento científico de las observaciones GNSS permitirá la generación de series de tiempo de posiciones geodésicas de alta precisión, así como el cálculo de campos de velocidad superficial que registren el comportamiento de la dinámica de la corteza terrestre. El propósito es alcanzar una adecuada densidad de estaciones de la red nacional GNSS en un esfuerzo para orientar estudios e investigaciones en temas específicos en geociencias tales como cinemática de placas, dinámica de la corteza terrestre, estimación de velocidades relativas a lo largo de fallas activas, interacción en límite de placas y deformación, entre muchas otras. La Red, con reconocimiento internacional, ha puesto en operación, con la participación de personal de diferentes disciplinas, 81 estaciones permanentes de operación continua.

En el periodo 2010–2015 se construyeron 50 estaciones de la red activa para lograr un total de 81 estaciones; con respecto a la red pasiva, se construyeron 234 estaciones en el mismo periodo de tiempo, llegando a un total de 368 estaciones. La mayoría de las estaciones han sido instaladas en predios de instituciones gubernamentales, entre las cuales se destacan la Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil, la Fuerza Aérea Colombiana y la Armada Nacional, así como otras entidades del Estado de orden departamental y local. También se ha contado con el valioso concurso de entidades privadas como el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Palmira, el Ingenio Risaralda, CENICAÑA, la Empresa de Energía Eléctrica delPacifico (EPSA) entre otras, así como de personas naturales que nos han permitido el acceso para la instalación y puesta en funcionamiento de las estaciones GNSS.

Mediante el empleo del *software* de procesamiento científico GNSS GIPSY–OASIS II, desarrollado por JPL–NASA, se han obtenido velocidades de desplazamiento en cada una de las estaciones, tanto permanentes de operación continua como de campo.



Estación GNSS (Global Navigation Satellital System) permanente de operación continua instalada en el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) de la DIMAR en la ciudad de Cartagena. Red Nacional de Estaciones Geodésicas Espaciales GNSS con propósitos geodinámicos (GeoRED).



Número de estaciones de la Red Nacional de Estaciones Geodésicas Espaciales GNSS con propósitos geodinámicos (GeoRED).

A través de la cooperación con la Universidad del Interior de Beira (Portugal) el proyecto GeoRed ha generado series de tiempo de la estación BOGT, que forma parte de la red global del Servicio Internacional de Geodinámica (IGS) y tiene un largo periodo de observación. Las observaciones indican una variación de la componente vertical del orden de −44 mm, presumiblemente asociada a la subsidencia que experimenta la sabana de Bogotá.

Uno de los aspectos esenciales en el desarrollo del proyecto es la cooperación de orden internacional y nacional. En el ámbito internacional, el intercambio de productos de alta confiabilidad y precisión es el ingrediente fundamental para la constitución de redes científicas. El proyecto GeoRed participa directa o indirectamente en las siguientes redes de diseminación e información.

- (IGS) International GNSS Service
- (UNAVCO) University NAVSTAR Consortium
- (COCONET) Continuously Operating Caribbean GPS Observational Network
- (LISN) Low–Latitude Ionospheric Sensor Network
- (ESPONA) Escuela Politécnica Nacional, Instituto Geofísico, Quito
- (ACP) Autoridad del Canal de Panamá
- (FUNVISIS) Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas
- (GSRM) Global Strain Rate Map
- (UCAR) University Corporation for Atmospheric Research

En 2009 por solicitud de la Oficina de Gestión del Riesgo de la Gobernación de Cundinamarca, se implementó una red de monitoreo geodésico para obtener valores de velocidad de desplazamiento en la zona urbana del municipio de Cáqueza. A finales de 2010, el Servicio Geológico Colombiano suscribió un convenio de cooperación con la Gobernación de Cundinamarca, en el marco del cual se adelantaron acciones conducentes a la ampliación de la red de monitoreo, así como la instalación una estación de operación continua. Esta permanecería rastreando hasta marzo de 2013, para poder completar un año de observaciones a tasas de muestreo de 15".

En el año 2013, en el marco del proyecto internacional COCONet (iniciado a raíz del sismo de Haití del 2010 con el auspicio de la Fundación Nacional de la Ciencia, UCAR y Unavco de Estados Unidos) el Servicio Geológico Colombiano a través del proyecto GeoRed y la Escuela Naval Almirante Padilla de la Armada Nacional realizaron un taller internacional de dos semanas, con la participación de investigadores de 12 países del Caribe. En ese evento, uno de los componentes correspondía al empleo de las señales GNSS con diversos propósitos. Por otra parte, con el apoyo de la Universidad EAFIT de Medellín, se organizó el taller Aplicaciones Científicas de GNSS, con la asistencia de 50 participantes de diferentes regiones del país.

A partir de 2012, con el apoyo de la Agencia Espacial Japonesa JAXA y en colaboración con investigadores de la Universidad de Miami y la Universidad de California en Berkeley, se inicia la aplicación del concepto

de geodesia de imágenes, basado en Interferometría de Radar de Apertura Sintética–InSAR, para el análisis del cambio de posición horizontal o vertical, asociado a fenómenos geodinámicos. La zona de estudio correspondió a la sabana de Bogotá, lo que permitió hacer comparaciones con los resultados de la red geodésica pasiva GPS construida en el Distrito Capital de Bogotá, en virtud de convenio interinstitucional.

Investigación y monitoreo volcánico

El Servicio Geológico Colombiano cuenta con tres observatorios vulcanológicos y sismológicos ubicados en las ciudades de Manizales, Pasto y Popayán, que tienen la función de vigilancia e investigación de los volcanes activos del territorio Colombiano.

A 31 de diciembre de 2015, la Red de Monitoreo Volcánico disponía de 566 estaciones telemétricas en operación y 309 estaciones no telemétricas, para un total de 875 estaciones usadas para el monitoreo volcánico con técnicas de sismología, geoquímica, deformación, gravimetría, magnetometría y potencial eléctrico. A partir del año 2007 se viene dado un incremento en el número de estaciones instaladas por año, gracias a recursos del crédito BIRF 7293–CO, con el cual hasta ese momento se financió el Proyecto de Actualización Instrumental del Sistema Sismológico y Vulcanológico Nacional de Colombia, ya mencionado.

El Servicio Geológico Colombiano realiza el monitoreo continuo de 20 volcanes en todo el país, que se encuentran distribuidos en tres segmentos:

- Norte: Nevado del Ruiz, Cerro Machín, Cerro Bravo, Nevado de Santa Isabel, Paramillo de Santa Rosa, Nevado del Tolima, San Diego, Romeral, Paramillo de Cisne y Paramillo del Quindío.
- Centro: Nevado del Huila, Puracé y Sotará.
- Sur: Galeras, Cumbal, Azufral, Ánimas, Doña Juana, Chiles y Cerro Negro.

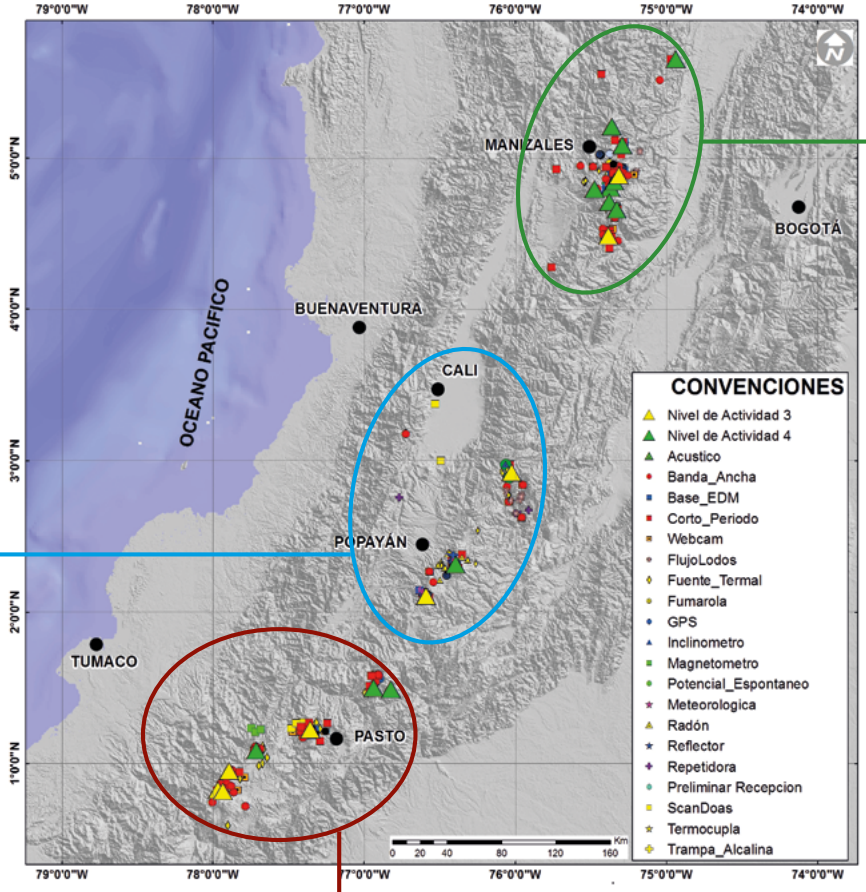
Dentro de la labor de monitoreo volcánico, los observatorios vulcanológicos y sismológicos (OVS) del Servicio Geológico Colombiano elaboran diferentes informes, entre los cuales se encuentran boletines mensuales y semanales así como informes técnicos de la actividad volcánica, de socialización de información, de funcionamiento de las estaciones, finales y de avance de investigación.

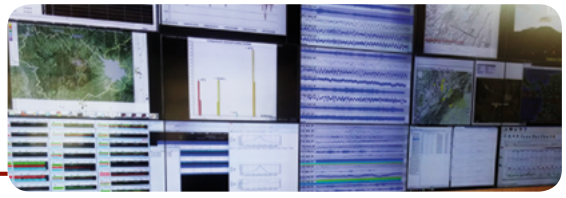


Complejo volcánico norte



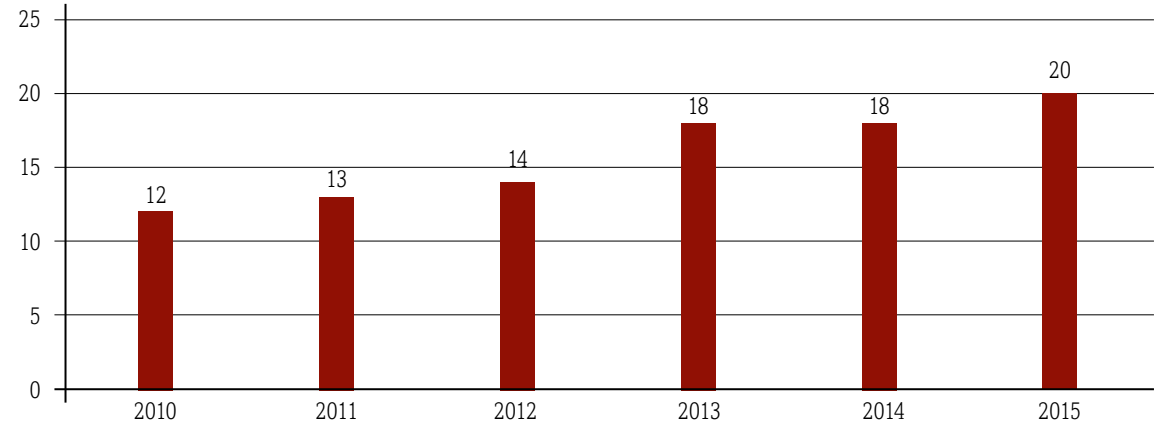
Complejo volcánico centro



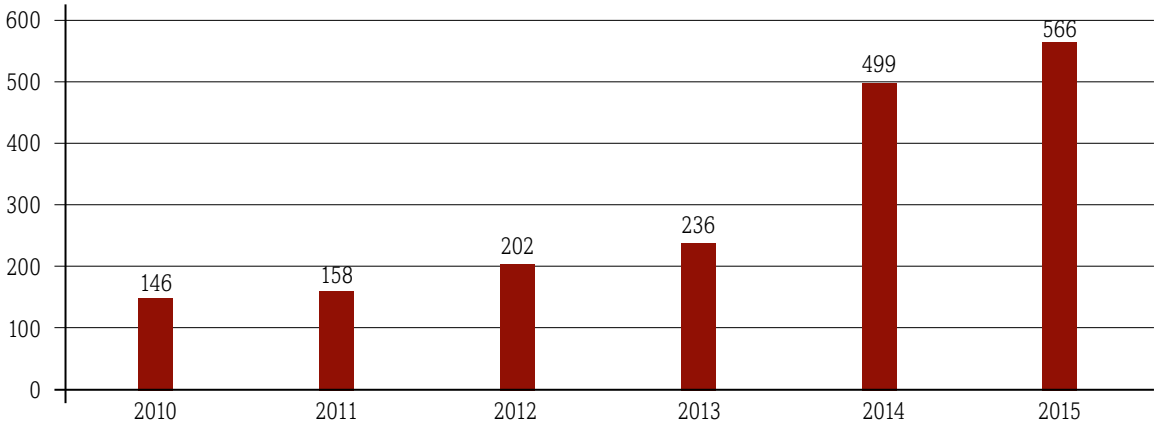


Complejo volcánico sur

Volcanes monitoreados por el Servicio Geológico Colombiano en 2015.

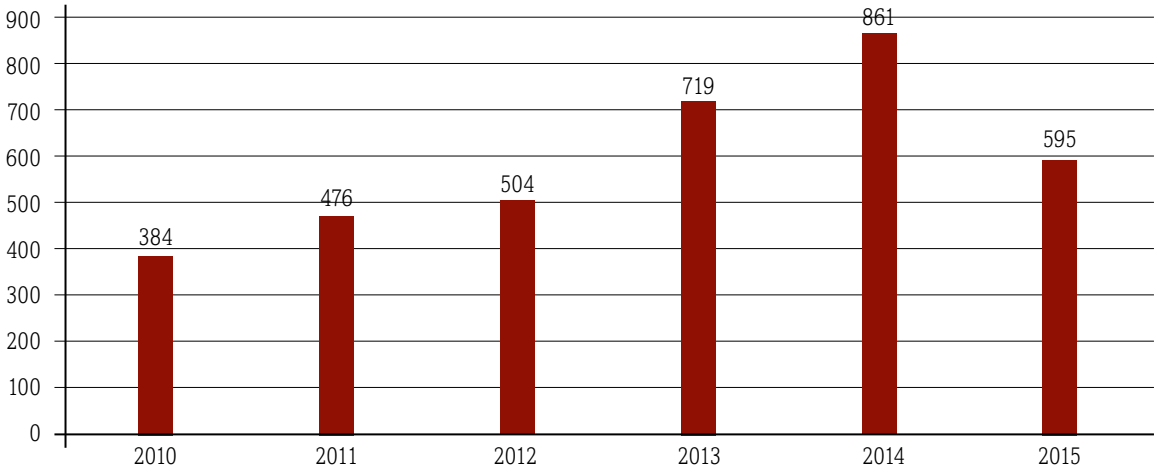


Evolución de número de volcanes vigilados entre 2010 y 2015.



Número de estaciones telemétricas entre 2010 y 2015.

Durante el primer semestre de 2015 fue reevaluada la manera de definir una estación de monitoreo volcánica, por lo que los valores no necesariamente puedan ser correlacionables.



Informes anuales de observatorios vulcanológicos y sismológicos entre 2010 y 2015.

Dirección de Asuntos Nucleares

En la reestructuración del Servicio Geológico Colombiano se creó la Dirección Técnica de Asuntos Nucleares, con lo cual se buscó reconocer la relevancia del tema nuclear en el país, generar conocimiento en relación con el empleo de las tecnologías nucleares y las acciones de control sobre la utilización de tecnologías nucleares, y avanzar en forma significativa en el desarrollo de las aplicaciones nucleares con fines pacíficos, entre estas el uso eficaz del reactor nuclear de investigación IAN–R1.

Algunos aspectos básicos:

- Las competencias del Servicio Geológico Colombiano en materia nuclear son compatibles con el ámbito de gestión del Ministerio de Minas y Energía, en tanto en su calidad de rector del Sector de Minas y Energía es responsable de dictar las políticas en relación con el aprovechamiento de la energía nuclear. También es responsable de asesorar al Gobierno en relación con la participación del país en convenios y tratados internacionales en el ámbito nuclear y en la elaboración de propuestas sobre convenios a celebrarse con otros países o con instituciones internacionales.
- La Dirección de Asuntos Nucleares, entre otras competencias, genera el conocimiento en relación con el empleo de las tecnologías nucleares para la ampliación del conocimiento geocientífico.
- La Dirección de Asuntos Nucleares es una instancia directiva responsable de controlar el empleo de tecnologías nucleares. Además autoriza, controla y supervisa la utilización de la tecnología nuclear en el país, de acuerdo con la normatividad expedida por el Ministerio de Minas y Energía, en especial sobre: a) Diseño, construcción, puesta en marcha, y desmantelamiento de instalaciones radiactivas y nucleares. b) Posesión, producción, uso, transporte, comercio, almacenamiento e importación y exportación de materiales radiactivos y nucleares, para la aplicación en la medicina, la industria, la investigación científica y cualquier otra área. c) Manejo de desechos radiactivos.

La Dirección de Asuntos Nucleares consta de 3 grupos de trabajo: Licenciamiento y Control, Investigaciones y Aplicaciones Radiactivas e Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas. Esta es una estructura acorde a las necesidades y retos que conlleva la obligación legal a cargo de la entidad, prevista en el Decreto 4131 de 2011, cuyos objetivos son garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país, y el manejo y utilización del reactor nuclear de la Nación.

Los siguientes son los avances más significativos en asuntos nucleares en el periodo 2011–2015.

Investigación nuclear para dar respuesta a las necesidades de conocimiento geocientífico

Esta investigación se tradujo en la puesta en servicio de laboratorios únicos en el país para analizar las muestras geológicas de los proyectos de conocimiento geocientífico.

Dataciones geológicas

Se trata de la aplicación de huellas de fisión (utilización del reactor nuclear) y el método de U/Pb (ablación láser) para determinar la edad de las rocas, conocer su ambiente de formación y finalmente reconstruir la historia geológica de un área.

Los resultados han contribuido a la generación de productos de conocimiento en geología básica, recursos minerales y amenazas geológicas, entre otros. Entre estos se pueden citar el área de gas metano asociado al carbón, los estudios geológicos especiales (magmatismo jurásico) y la geotermia (sistema volcánico Paipa–Iza).

Gracias a esas tecnologías, se pueden analizar en el país muestras que anteriormente debían ser enviadas al exterior con cuyos resultados se está realizando la reinterpretación de la geología colombiana.

Isótopos estables

Esta metodología ha sido usada para la determinación de relaciones isotópicas de muestras para apoyar estudios hidrogeológicos y de recursos minerales, en los campos de aguas subterráneas, gas metano asociado al carbón y geotermia.

Activación neutrónica

Análisis multielemental. Se procede irradiando las muestras geológicas en el reactor nuclear de investigación; es posible conocer la concentración de elementos de tierras raras (de interés estratégico).

La intercomparación con laboratorios internacionales comprobó el buen desempeño. El análisis está listo para prestar servicio a los proyectos de conocimiento geocientífico a partir de 2016.

Gestión de los frentes temáticos de la Dirección de Asuntos Nucleares

Licenciamiento y control

En cumplimiento a las funciones delegadas por el Ministerio de Minas y Energía el objetivo estratégico del área temática de licenciamiento y control es garantizar condiciones adecuadas de seguridad radiológica y nuclear a la población colombiana. Se logra aumentando el cubrimiento del proceso de licenciamiento y del control de fuentes radiactivas, mediante la conformación de infraestructura técnica destinada a ejercer control regulatorio sobre el uso del material radiactivo en el territorio nacional a través de todo el ciclo de uso de estos materiales, así como a brindar soporte en seguridad radiológica que el Estado necesita.

Para ello, el área temática está a cargo del licenciamiento e inspección de todas las instalaciones radiactivas en el país (alrededor de 400), con el fin de garantizar el manejo seguro de los materiales radiactivos, maximi-

zando el beneficio de su uso y evitando accidentes radiológicos con consecuencias en la población.

Investigaciones y Aplicaciones radiactivas

Se trabajó en los siguientes campos:

a) Gestión de desechos radiactivos. Dentro del programa para el manejo integral de los desechos radiactivos en Colombia, se cuenta con la facilidad centralizada para gestión de desechos radiactivos, que recibe esos materiales para ser gestionados en forma segura. La mayoría provienen de fuentes radiactivas en desuso, que anteriormente tenían fines industriales y médicos. Cabe resaltar que la decisión de recibir estos desechos tuvo como criterio el balance entre el pasivo ambiental no despreciable para el país y el riesgo de accidentes radiológicos graves que implican las fuentes huérfanas. Con esto, está a disposición del país la solución integral a la situación de desechos históricos, presentes y futuros en Colombia.
b) Laboratorio secundario de calibración dosimétrica. Esta facilidad es la referencia metrológica nacional para radiaciones ionizantes. En este se calibra la instrumentación detectora de radiación X, gamma y beta que es utilizada por los usuarios de material radiactivo a nivel nacional. Para mejorar el servicio, se realizó el montaje y puesta en funcionamiento de un irradiador de Cs–137 de 20 Ci para la optimización de los procesos de calibración de intensímetros y dosímetros e irradiación de estos últimos con fines regulatorios y de investigación. Igualmente, se implementó el sistema de automatización del banco móvil (dispositivo de precisión para la calibración de monitores portátiles) de un segundo búnker como parte del proceso de modernización y optimización de los métodos de calibración.
c) Planta de irradiación gamma. Esta es una instalación piloto cuya finalidad es adelantar actividades de investigación usando el proceso de irradiación gamma para la conservación de alimentos, esterilización de material médico y tratamiento de producto terminado sin los efectos térmicos o químicos de otras tecnologías. En los últimos años, la cantidad de materiales irradiados ha superado los 1 000 ítems anuales.
d) Laboratorio de radiometría ambiental. En esta facilidad se analizan muestras ambientales, de alimentos y materiales de diverso origen, con el fin de determinar la presencia de pequeñas cantidades de materiales radiactivos. Durante los últimos años se realizó la intervención de la planta física del laboratorio con el fin de ajustar su diseño para la próxima acreditación de ensayos radiométricos. Las áreas modificadas tienen las características adecuadas para un laboratorio de esas características.

Investigaciones y Aplicaciones Nucleares y Geocronológicas

Esta área temática está orientada hacia las aplicaciones asociadas a la utilización segura

del Reactor Nuclear de Investigación IAN–R1 (ejes temáticos de Neutrónica y Reactor Nuclear) y hacia la investigación en geocronología (eje temático de geocronología y geología isotópica), contribuyendo a la ampliación del conocimiento geocientífico y nuclear de nuestro país.

a. Neutrónica

El Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica (LAAN) puso en funcionamiento y validó la técnica de determinación de lantano en matrices geológicas de suelos mediante la técnica de análisis por activación neutrónica (AAN).

Se participó con notable éxito en el ejercicio a nivel global de Análisis por Activación Neutrónica WEPAL–IAEA, donde más de un centenar de laboratorios realizan la intercomparación de determinaciones químicas elementales, con el fin de mejorar la calidad de los datos obtenidos. Los resultados posicionan favorablemente de forma preliminar a nuestro laboratorio (LAAN), con un destacado desempeño a nivel regional con respecto a otros laboratorios con experiencias superiores a cuatro décadas. Adicionalmente posibilitan el camino hacia la acreditación de las determinaciones analíticas mencionadas y potencian las ventajas comparativas de estas técnicas nucleares respecto a las convencionales.

Se realizó la instalación del sistema automatizado de manejo de muestras en la Sala de Espectrometría Gamma del LAAN, con lo que se mejora sustancialmente el desempeño, la productividad y la seguridad radiológica de la práctica en mención. Este hito de naturaleza tecnológica coloca a este laboratorio a la vanguardia de los laboratorios de activación neutrónica de la región latinoamericana.

Como parte de la producción científica de este laboratorio se destaca lo siguiente:

- Artículo publicado en la revista *Anales de Ingeniería* de la Sociedad Colombiana de Ingeniería denominado *Aplicaciones del reactor nuclear colombiano de investigación IAN–R1* (Parrado y otros, 2015a).
- Ponencia aceptada en el 14th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis, denominada *Improvement of Analytical Capabilities of the Neutron Activation Analysis Laboratory at the Colombian Geological Survey* (Parrado y otros, 2015b).
- Ponencia aceptada en el 14th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis, denominada *Characterization of HPGe Gamma Spectrometric Detectors Systems for Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) at the Colombian Geological Survey* (Sierra y otros, 2015b).
- Ponencia aceptada en el IAEA Training Workshop on Inter–Comparison Feedback of NAA Proficiency Tests (WEPAL), denominada *Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) methodology used for 2015–WEPAL proficiency test in the Colombian Geological Survey* (Parrado y otros, 2015d).
- Ponencia presentada en el XV Congreso Colombiano de Geología, denominada

Determinación química multielemental de suelos mediante el Análisis por Activación Neutrónica Instrumental (Sierra y otros, 2015a).

- Ponencia presentada en el XV Congreso Nacional de Geología, denominada *Implementación de la técnica de conteo de Neutrones Retardados para la cuantificación de Uranio en Minerales Energéticos* (Alonso y otros, 2015).
- Ponencia presentada en el XI Latin American Symposium on Nuclear Physics and Applications. *Improvement of Analytical Capabilities of the Neutron Activation Analysis* (Parrado y otros, 2015c).
- Artículo de prensa. *Medio siglo del Reactor Nuclear Colombiano*. Diario EL ESPECTADOR, 2015.
- Carteleras electrónicas del evento: *Cincuentenario del Reactor Nuclear Colombiano.*

b. Geocronología y Geología isotópica

Se participó activamente en los proyectos institucionales de conocimiento geocientífico en las siguientes investigaciones:

- Gas metano asociado a carbón en el sinclinal de Úmbita: Informe de resultados y participación en eventos de geociencias. XVI Congreso Colombiano de Geología y X Congreso Nacional y V Internacional de Ciencia y Tecnología del Carbón y Combustibles alternativos.
- Gas metano asociado a carbón en el sinclinal de Andes (Santander): planeación de la estrategia de muestreo, muestreo y levantamiento de secciones.
- Geología de volcanes y geotermia (Paipa Iza).
- Exploración geológica para magnesio en los departamentos de Huila y Tolima.

Adicionalmente se participó en el experimento de interlaboratorios de huellas de fisión, para evaluar la confiabilidad y reproducibilidad de historias térmicas determinadas en diferentes laboratorios de termocronología a nivel mundial. También se ejecutaron ensayos de doble datación y ensayos de comparación entre las técnicas para determinación del uranio (indirecta EDM vs directa LA–ICP–MS) en el análisis de huellas de fisión.

Con respecto a la gestión del Laboratorio de Isótopos Estables Líquidos (LAIE), se reportaron resultados de determinaciones de deuterio y oxígeno–18 como parte de las investigaciones geocientíficas adelantadas por:

- Proyecto Investigación y Exploración de Recursos Geotérmicos.
- Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Pasto (OVSPa).
- Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Popayán (OVSPo).
- Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Manizales (OVSM).
- Proyecto de Fenómenos de Remoción en Masa–Municipio de Villarrica (Tolima)

El Laboratorio de Isótopos Estables en Muestras Sólidas entregó datos analíticos a los proyectos institucionales, mediante el

análisis de las muestras vinculadas al proyecto de gas metano asociado al carbón, en particular en los mantos de carbón de la Formación Guaduas, en la zona del sinclinal de Úmbita (Boyacá), a través del primer informe de resultados del LIES.

c. Reactor Nuclear de Investigación IAN–R1

En el año 2012 se ejecutó un proyecto cuyo objeto fue la modernización de la consola, la instrumentación y los sistemas de control que databan de 20 años y que se constituía en elemento sustancial para la posterior operación y el adecuado control del reactor nuclear. Lo anterior se hizo en el marco de un proyecto conjunto con COLCIENCIAS, en el cual se contrató al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares de México (ININ) para desarrollar e implementar una solución tecnológica de última generación; lo anterior mejoró la seguridad y la operatividad de las instalaciones. Esta etapa de modernización fue soportada ante la autoridad nuclear y debidamente autorizada.

Una vez modernizada la consola, la instrumentación y los sistemas de control se inició el proceso de obtención de licencia de operación del reactor nuclear ante la autoridad competente (Ministerio de Minas y Energía), que culminó en septiembre de 2014. A partir de ese momento se ha utilizado el reactor nuclear con fines de contribuir al conocimiento geocientífico a través de dos técnicas: análisis por activación neutrónica y análisis geocronológicos por huellas de fisión.

Para la normal y segura operación del reactor se ejecutan los programas operativos rutinarios de: protección radiológica, vigilancia radiológica ambiental, verificación, mantenimiento y calibración, orientados a mantener las condiciones seguras de la instalación. De esta misma manera, se mantuvo la disponibilidad de la infraestructura para preparación y atención de emergencias.

En 2015 se realizó la conmemoración del Cincuentenario del Reactor Nuclear de Investigación IAN–R1 (1965–2015), en una ceremonia que contó con la asistencia de invitados especiales provenientes de la academia, exfuncionarios del extinto Instituto de Asuntos Nucleares y directivas de la entidad.

Como producción científica de esta instalación se destaca la publicación internacional de los siguientes artículos:

- *Thermal Power Calibration and Neutron Flux Measurement of the Nuclear Research Reactor IAN–R1 2015* (Sandoval y otros, 2015).
- *Instrumentation and Control Upgrade at the TRIGA Nuclear Research Reactor IAN–R1* (Sandoval, 2015).

Estos fueron publicados en el International Conference on Research Reactors: Safe Management and Effective Utilization. 16–20 Nov. 2015. Viena, Austria.

Dirección de Laboratorios

Los laboratorios del Servicio Geológico Colombiano realizan investigación científica y caracterización de materiales de origen

geológico en los componentes químico, físico, petrográfico, metalúrgico, mineralógico y geotécnico, que contribuyen a la generación del conocimiento geocientífico. La actividad se enmarca desde la definición del portafolio de ensayos, la recepción de la muestra y su análisis, hasta la entrega de resultados de los materiales caracterizados, tanto por facilidades propias como externas. Incluye la gestión de los proyectos de investigación.

Modernización de los laboratorios–infraestructura tecnológica

Dentro de los logros del periodo 2011–2015 se encuentra la modernización de los laboratorios. Con el propósito de hacer más eficientes las etapas de preparación y ataque químico de muestras para análisis geoquímicos, se adquirieron equipos robustos con adecuación física y eléctrica, lo que permitirá mejorar la capacidad operativa de los laboratorios:

- Espectrómetros: fluorescencia rayos X; fluorescencia rayos X portátil con *software* especializados para minería, análisis de suelos y metales preciosos y aleaciones; masas con plasma inductivamente acoplado (ICP–MS); medida de reflectancia de la vitrinita y maduración térmica y emisión atómica con plasma inductivamente acoplado (ICP–OES).
- Fundidor eléctrico para elaboración de perlas fundidas para análisis por fluorescencia de rayos X.
- Cromatógrafo de gases para analizar gases asociados a carbón y gases volcánicos.
- Espectrofotómetros de absorción atómica para las sedes de Bogotá y Cali.
- Calorímetro isoperibólico para muestras de carbón.
- Analizador termogravimétrico para análisis próximo a carbones y analizador de azufre y carbono.
- Sistema de extracción de material particulado en el área de preparación de muestras.
- Molinos: planetario pulverizador con recipientes de molienda y cuerpos moledores en nitruro de silicio, de discos vertical con cuerpo moledor de carburo de tungsteno y molino *Hardgrove*.
- Muflas, planchas de calentamiento, bombas de vacío, compresores, juegos de molienda peristáltica para ICP–MS y celdas para pHmetros.
- Reactivos químicos para los diferentes ensayos que se realizan en los laboratorios.
- Baño limpiador por ultrasonido, mesa vibratoria de laboratorio para concentración de minerales y estereomicroscopio triocular para separación de circones y apatitos en los laboratorios de la sede Medellín.
- Equipo analizador directo de mercurio.
- Sistema de refrigeración–calefacción y control de humedad relativa para cuarto de almacenamiento de muestras, estantería adecuada para manejo y protección de ambiente y temperaturas para ensayos

especializados y mesas de trabajo para manejo y protección de material para el laboratorio de geotecnia.
- Balanzas analíticas de precisión y micrométrica.
- Neveras para refrigeración de muestras de agua.
- Bloque digestor de grafito, *shaker*, *vórtex*, dispensadores y micropipetas para análisis de oro.
- Reactivos químicos para los diferentes ensayos que se realizan en los laboratorios.
- Gases especiales para los equipos instrumentales.
- Fundente para la preparación de perlas para el ensayo de fluorescencia de rayos X.

La planta piloto de procesamiento de minerales del Grupo de Trabajo de Cali se complementó con un tanque de agitación por álabes para pruebas de cianuración de oro y plata, incrementándose así su capacidad tecnológica para atender requerimientos de los proyectos internos y usuarios externos y su potencial de transferencia de tecnología.

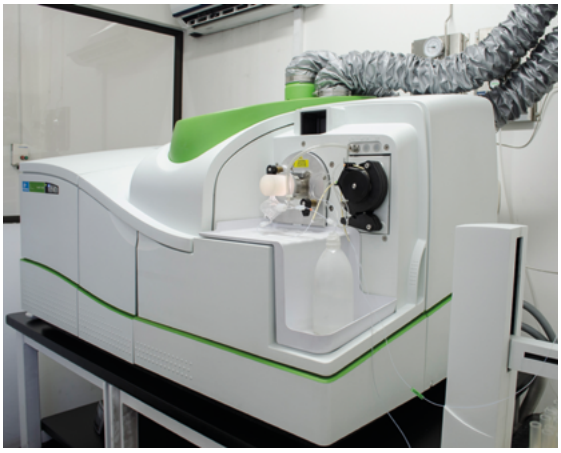


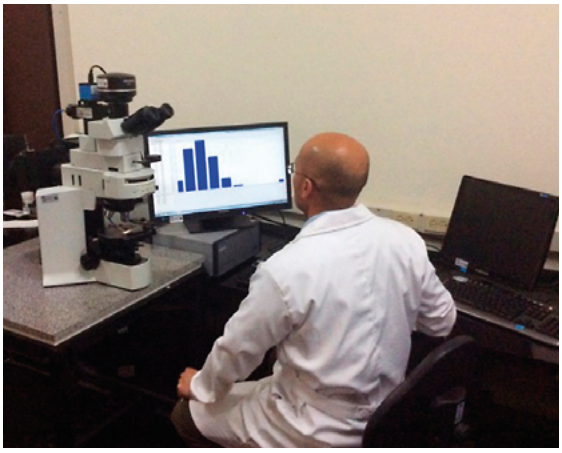




Aspectos de la modernización de los laboratorios.







Aspectos de la modernización de los laboratorios.

Gestión de calidad y gestión ambiental

En esta área se trabajó en los siguientes frentes:

- Rediseño del proceso de investigación y caracterización de materiales geológicos con documentos como: Caracterización del proceso, Procedimientos Asociados, Fichas de productos, Políticas de Operación, Mapa de Riesgos, Plan de Documentación, Cuadro de Control Indicadores, Matriz de Comunicación.
- Participación en tres programas interlaboratorios de orden internacional que permiten garantizar la confiabilidad de los datos generados en los laboratorios de carbones, minerales y geoquímica analítica. Los programas son: CANSPEX™ COAL PROGRAM, Minerals Services Laboratory Quality Services International (LQSI) y Programa Ensayo de Aptitud GeoPT (Asociación Internacional de Geoanalistas).
- Realización de los mantenimientos preventivos y calibración de balanzas, muflas y estufas en las sedes de Bogotá, Cali, Medellín y Manizales.
- Ejecución de los contratos para el mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos robustos de todos los laboratorios.
- Realización del plan de documentación de los requisitos técnicos de la norma técnica NTC ISO/IEC 17025:2005.
- Diseño de un portafolio de ensayos: del orden de 120 ensayos en diferentes matrices geológicas y con equipos de alta gama, a la altura de los que poseen servicios geológicos reconocidos en el mundo.
- Adquisición de filtros para sistemas de extracción en áreas de preparación de muestras.
- Disposición de los residuos químicos líquidos y sólidos en las sedes de Bogotá, Cali, Medellín y Manizales.
- Monitoreos ambientales para el seguimiento a los planes de manejo ambiental de las actividades realizadas en los laboratorios de las sedes de Bogotá, Cali, Medellín y Manizales.
- Gestión y entrega, a la Secretaria del Medio Ambiente, de la caracterización de vertimientos y residuos peligrosos dispuestos, para cumplir con la Resolución n.º 0094 de 2009 mediante la cual se nos confirió el permiso de vertimientos.

Vinculación a redes de conocimiento internacionales y nacionales

La Dirección de Laboratorios del Servicio Geológico Colombiano hace parte de las siguientes redes de conocimiento y sociedades nacionales e internacionales:

Redes de conocimiento nacionales:

- Red Colombiana de Metrología (RCM). Coordinadores de la Subred de Minería. La RCM es la unión sinérgica de laboratorios de ensayo y calibración de carácter público y privado, de proveedores de programas de comparación, productores

de materiales de referencia, personas naturales involucradas en los temas de metrología y usuarios de los productos metrológicos, coordinada por el Instituto Nacional de Metrología.

- Red Nacional de Laboratorios de Salud Pública. Ministerio de la Protección Social. Miembros de la Comisión Nacional Intersectorial.
- Red Distrital de Laboratorios de Salud Pública. Secretaría de Salud, Bogotá.

Redes de conocimiento internacionales

Programa	Matriz Geológica	País	Observaciones
Canspex Coal Program	Carbón	Canadá	Participan en promedio 100 laboratorios de todo el mundo
Minerals Services Laboratory Quality Services International (LQSI)	Minerales y metales básicos	Estados Unidos	Uno de los ensayos corresponde al análisis de oro de alta y baja concentración. Fundamental para las Áreas Estratégicas Mineras
Asociación Internacional de Geoanalistas (GEOPT). Universidad de Londres. Servicio Geológico de los Estados Unidos	Rocas–sedimentos	Reino Unido	Participan en promedio 90 laboratorios del mundo
International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP)	Petrología	Comité internacional	Organización profesional conformada por más de 200 científicos que representan a cerca de 35 países

Durante los años 2011, 2012 y 2013 los laboratorios del Servicio Geológico Colombiano han recibido el premio a la calidad por parte de Laboratory Quality Services International por el afortunado desempeño en el programa internacional interlaboratorios.



Comparativo de los ensayos realizados en los laboratorios que conforman los equipos de trabajo en los laboratorios de geoquímica, aguas y gases, geotecnia, carbones, minerales y geología

Se presentó un incremento significativo del número de ensayos realizados en todos los laboratorios que conforman los equipos de trabajo: geoquímica, aguas y gases, geotecnia, carbones, minerales y geología. El aumento en la productividad tiene como fundamento el contar con equipos robustos que permiten mayor producción de datos.

El mayor aporte se realizó a través de los ensayos que se realizaron para las actividades de los proyectos institucionales: Ampliación del Conocimiento Geológico, Potencial de Recursos del Subsuelo de la Nación, Inventario y Monitoreo de Geoamenazas y Procesos en las Capas Superficiales de la Tierra.

Total de ensayos hechos por año en la Dirección de Laboratorios durante 2010–2015.

Año	Total ensayos
2010	224 133
2011	471 185
2012	469 299
2013	486 182
2014	490 300
2015	498 200

Se amplió la oferta de ensayos en virtud de la implementación de las técnicas de fluorescencia de rayos X, plasma acoplado por inducción a espectrometría de masas, difracción de rayos X, analizador elemental y microscopio petrográfico de carbones. Las ventajas comparativas de esas técnicas radican en la alta precisión, bajos límites de detección y la reducción en los tiempos de respuesta que mejoran la productividad y la obtención de costos más bajos en la operación analítica.

Estudios técnicos realizados

La Dirección de Laboratorios ha realizado diferentes estudios técnicos con el fin de potencializar el uso del conocimiento químico, petrográfico, metalúrgico y geotécnico para identificar y solucionar problemas técnicos–científicos requeridos por las partes interesadas. Generalmente, estos estudios técnicos se realizan por solicitudes específicas de entes estatales que no cuentan con el conocimiento y la infraestructura tecnológica para llevarlos a cabo. Aplican en campos relacionados con gran minería del carbón, problemas ambientales, exportación de minerales y minería ilegal:

- Técnicas mineralógicas, químicas y metalúrgicas para la caracterización de menas auríferas.
- Análisis de mercurio en suelos, rocas y sedimentos mediante descomposición térmica y amalgamación con oro acoplado a absorción atómica vapor en frío.
- Determinación de elementos de tierras raras Sc, y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Lu y Th por espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo, mediante descomposición multiácido.

- Análisis de elementos trazas en rocas, suelos y sedimentos por fluorescencia de rayos X, mediante pastillas prensadas.
- Determinación de Li, Be, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Rb, Sr, Ag, Cd, In, Cs, Ba, Tl, Pb, Bi y U por ICP–MS, mediante descomposición multiácido.
- Desarrollo del aplicativo para la determinación de reflectancia por análisis de imagen. Análisis textural de coques.
- Informe de la revisión de la normativa de los sistemas ISO, ASTM E ICONTEC en relación con el análisis de minerales.
- Análisis de oro por espectrometría de absorción atómica–horno de grafito y extracción con espuma.
- Determinación de varianza para la preparación y análisis de muestras de carbón.
- Realización de ensayo de aptitud en carbones según solicitud del organismo nacional de acreditación (ONAC).
- Evaluación de una planta de amalgamación de oro y propuesta de un método alternativo para su sustitución. Caso de Suárez, Cauca.
- Mejoramiento hidrometalúrgico y ambiental en los procesos de beneficio en Buenos Aires y Suarez, Cauca.
- Elaboración del plan de investigación de recursos energéticos.
- Estudio para evaluar la potencial contaminación por carbón en las playas de Santa Marta (para la Contraloría General de la República).
- Estudio del tratamiento de aguas ácidas de lavado de relaves de amalgamación, utilizada en el beneficio del oro.
- Técnicas hidrometalúrgicas para la sustitución del uso del mercurio en la minería de oro en Colombia.
- Participación en Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change (NOVAC).
- Participación en la formulación del proyecto Improving Energy Efficiency of Coal Power Stations Located at the Colombian Pacific Region. Newton Institutional Links Programme Newton–Caldas Fundation, Universidad del Valle, Universidad de Nottingham, Servicio Geológico Colombiano e Ingenio Mayagüez.
- Estudio de la concentración de mercurio en carbones del área Úmbita–Rondón, Boyacá, Colombia.
- Observación atmosférica del dióxido de azufre de origen volcánico en Colombia: caso Nevado del Huila.
- Caracterización química, mineralógica y metalúrgica de un distrito aurífero en Amalfi (Antioquia).
- Participación en el Proyecto Centro Regional de Investigación e Innovación en Bioinformática y Fotónica, Cali, Valle del Cauca, Occidente.
- Iniciativa de monitoreo e investigación de la desgasificación profunda del carbono: DCO–DECADE.

Dirección de Gestión de Información

La Dirección de Gestión de Información es el estamento del Servicio Geológico Colom-

biano que recopila, genera, valida, almacena, procesa y distribuye información a sus usuarios y clientes. Además gestiona la información geocientífica y contribuye a la generación de información, manteniendo control sobre su almacenamiento, custodia, procesamiento y divulgación, facilitando usar, compartir y desarrollar los conocimientos generados en el Servicio Geológico Colombiano, mediante la adaptación de las últimas innovaciones tecnológicas en el tratamiento de la información.

De esta manera, la Dirección de Gestión de Información se encarga de liderar todos los procesos de gestión de la información de la entidad, mediante la adopción y adaptación de normas, estándares y especificaciones para garantizar el acceso, almacenamiento, uso, intercambio y seguridad de la información. Lo anterior se adelanta a través de la incorporación de tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), lo que permite cumplir con la misión institucional y ampliar la oferta de negocio al ofrecer nuevos productos y servicios basados en las TIC.

La información es considerada como un recurso estratégico de valor excepcional llevado a la categoría de patrimonio de la nación, por eso se hace necesario el manejo adecuado de la misma.

Para lograr lo anterior, el Servicio Geológico Colombiano viene desde inicios del año 2013 trabajando bajo el concepto de arquitectura empresarial (AE), en la manera que se describe en el siguiente proyecto.

Proyecto de Mejoramiento de la Capacidad de Gestión de Información

La creciente demanda tecnológica y la evolución del mercado han ocasionado que las tecnologías de información (TI) sean cada vez más aceptadas y en cierto modo indispensables para muchas organizaciones. Sin embargo, para obtener el máximo provecho de las mismas, no solo debe existir una correcta alineación entre las TI y el negocio, sino un verdadero entretejido entre ambos.

Ante esta situación y como ayuda para establecer esta sinergia, a finales de los años 80 surgió el concepto de AE. Se trata de una metodología que busca mejorar el desempeño de una organización, haciéndola más productiva y competitiva, por medio del uso de la tecnología como herramienta base para la ejecución de sus procesos.

Para el Servicio Geológico Colombiano los cien años de investigación geocientífica en el territorio colombiano, así como los cambios y la evolución que ha tenido el quehacer geocientífico en diversas ramas y líneas de investigación de las geociencias, han ocasionado que se produzcan cambios constantes y permanentes en la información que administra la entidad. Como consecuencia, se disponía de información sin la consistencia suficiente, dispersa en diferentes repositorios, heterogénea, diversa en su forma y contenido, difícilmente asequible e integrable entre líneas temáticas y de distintos volúmenes y complejidad. Además, no se tenía establecido un gobierno de información ni políticas recientes con respecto a la gestión

de la tecnología, elementos de vital importancia para hacer una administración adecuada de su información geocientífica.

Teniendo en cuenta lo anterior, así como las funciones establecidas que debía cumplir por ley, el Servicio Geológico Colombiano requería mejorar su capacidad en el desarrollo de las actividades científicas de compilación, validación, almacenamiento, administración y seguimiento relacionadas con el monitoreo de amenazas de origen geológico, la investigación científica aplicada en geología básica, geoquímica, administración y mantenimiento de instalaciones nucleares y suministro de información geocientífica del subsuelo, entre otras.

Fue así como se definió para su desarrollo, se definió el Proyecto de Mejoramiento de la Capacidad de Gestión de Información a través del diseño e implementación de la AE. Este proyecto comprendió dos grandes etapas:

Diseño y prototipos piloto

Correspondió al desarrollo de la AE en torno al sistema para la gestión geocientífica del Servicio Geológico Colombiano. Específicamente se realizó:

- El diagnóstico de la situación actual de la entidad (AS–IS) y diseño del estado futuro deseado o arquitectura objetivo (TO–BE), ambos realizados desde cuatro dimensiones o dominios arquitecturales (negocios, aplicaciones, información e infraestructura).
- La definición de brechas (*gaps*), más específicamente las iniciativas (en términos de grupos de proyectos) que el Servicio Geológico Colombiano debía ejecutar para llegar al estado futuro deseado.
- La definición de un mapa de ruta (plan de proyectos) a partir de la priorización de los proyectos anteriormente mencionados.
- Para cada uno de los proyectos definidos se desarrolló un plan de dirección del proyecto con base en la metodología para la gestión de proyectos propuesta por el *Project Management Institute* (PMI). Adicionalmente, se planteó un proyecto asociado con la gestión de proyectos, con el cual se espera que el SGC pueda hacer una mejor gestión de sus proyectos, que incluye la ayuda de una herramienta tecnológica y un tablero de control para visualizar por medio de indicadores el avance de los mismos.
- La realización de prototipos piloto que permitieran a la entidad visualizar de manera explícita y entender la materialización de los modelos arquitecturales propuestos. Estos proyectos fueron los siguientes:

  — Piloto de arquitectura de configuración escalable para servidor web del Servicio Geológico Colombiano sobre la página de sismos de la entidad.
  — Prototipo del Motor de Integración de Información Geocientífica (MIIG).

Estos proyectos fueron de vital importancia porque permitieron tener resultados parciales de lo que podía llegar a

obtenerse con la implementación de la AE. Especialmente el prototipo del MIIG, ya que este representaba el componente fundamental de la arquitectura, que permitía unificar, catalogar y organizar la información geocientífica para presentarla a los usuarios finales, según sus necesidades.

Implementación de la AE y su seguimiento

Comprendió el desarrollo de las actividades que permitieran iniciar la implementación de la arquitectura propuesta a partir de los proyectos identificados en la anterior etapa y del resultado de los proyectos piloto. Cabe resaltar que el desarrollo de los proyectos en esta fase de implementación y su posterior adaptación a la entidad no ocasionó que se interrumpiera la operación de la misma. Esto permitió que el Servicio Geológico Colombiano pudiera ir haciendo uso de los proyectos que iban siendo terminados y continuar con sus labores de manera normal.

En paralelo con el desarrollo de proyectos, se hizo un acompañamiento técnico especializado en el desarrollo del plan de proyectos de implementación de la AE que permitiría al Servicio Geológico Colombiano asegurar y monitorear la calidad del portafolio de proyectos, así como mantener vigente su arquitectura de TI.

Este proceso de acompañamiento en la implementación se desarrolló siguiendo el método de seguimiento de la AE (SAE), propuesto por el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CIFI) de la Universidad de los Andes. Este seguimiento se ha definido sobre los siguientes cinco aspectos: avance, impacto, pertinencia, uso y apropiación, y madurez. Durante la etapa de implementación se definieron indicadores para los dos primeros aspectos, lo que permite hacer una evaluación del avance en la ejecución de los proyectos. Como resultado se determina el porcentaje de avance en la implementación en dos niveles: avance de los proyectos y avance de las iniciativas de la AE.

Aunque la arquitectura no se encuentra totalmente implementada hoy en día, ya se tienen beneficios explícitos en la organización. Entre los más importantes se pueden citar:

- El uso de un mapa de ruta como herramienta clave para la definición, justificación y priorización de proyectos que se deben llevar a cabo en la entidad.[1]
- El mayor cumplimiento de objetivos misionales e institucionales (por ejemplo, la divulgación[2], integración y estructuración de la información), así como el establecimiento de controles para el uso de la misma.
- Resultados visibles en mejoras de la calidad de la información.
- Una mejor alineación entre el área de tecnología y las labores misionales, con muestras claras de satisfacción por parte de áreas misionales o temáticas.

---

1 Esto teniendo en cuenta los posibles cambios internos y externos del entorno.

2 Según lo establece la Ley de Transparencia y del Derecho de Acceso a la Información Pública Nacional.

- La elaboración y mejora continua de un modelo de ontología geocientífica de geología básica a partir del cual se puedan hacer consultas georreferenciadas semánticas. Esto como un componente adicional de innovación e investigación académica.
- La definición de estándares basados en referencias internacionales (relacionados con la interoperabilidad y divulgación de la información).
- La definición de un modelo de gobierno de información y de políticas que permitan tener un mayor control sobre su activo más importante, la información, lo que representa una mayor madurez en el gobierno de datos y gestión de la tecnología.
- Cambios positivos en procesos y procedimientos los que han permitido mejoras visibles en la operación por parte de los clientes del SGC (personas naturales, entidades sectoriales, etc.).
- Una mayor madurez en el manejo de proyectos, lo que redunda en la disminución de riesgos y el aumento de los índices de cumplimiento.
- Una mejor organización de datos y repositorios haciendo la información consistente y de calidad.

Aunque en principio la adopción de la AE fue desarrollándose de manera lenta debido a la incertidumbre por parte de las direcciones y funcionarios de la entidad, esta visión fue evolucionando luego de ver los beneficios y los cambios positivos significativos para la operación de la entidad, que se fueron generando al ir implementando los proyectos de la AE. Esto se debió en buena parte al gran compromiso de la alta dirección en el apoyo al proyecto.

El proceso de implementación y adaptación en la institución ha sido tan exitoso que el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) ha tomado el caso como ejemplo sectorial e institucional para aquellas entidades que quieren comenzar un proyecto de AE. Además el ministerio tuvo en cuenta la experiencia del Servicio Geológico Colombiano en conceptos y trabajos relacionados con el marco de referencia de la AE para la gestión de TI en el Estado colombiano, así como en la estructuración de documentos que permitan ayudar a evaluar el avance de los proyectos de AE en otras entidades.

En resumen, el desarrollo del proyecto de AE condujo a una mayor madurez tecnológica del Servicio Geológico Colombiano, al fortalecer la gestión de la información geocientífica y aumentar su integración con las labores misionales de la institución. Ahora todos los proyectos se inscriben dentro de un plan general encaminado a apoyar de manera eficaz las estrategias de la entidad, y se cuenta con criterios claros para definir prioridades. Adicionalmente se ha fortalecido el manejo de proyectos, lo que disminuye los riesgos y aumenta los índices de cumplimiento de los mismos.

Por otra parte, el gobierno y la gestión de tecnología son ahora más maduros, y se sentaron las bases para contar con las herra-

mientas tecnológicas necesarias, todo lo que conduce a que se pueda prestar un mejor servicio a los usuarios internos y externos.

Al finalizar la implementación de este proyecto se espera que el Servicio Geológico Colombiano, al tiempo que celebra su centenario de fundación, pueda mostrar al país y al mundo que cuenta con información geocientífica integrada de alta calidad, con producción y difusión transparente soportadas en tecnología, y con información, sistemas y tecnología controlados y suficientes para el desarrollo de su misión.

Bibliografía

Acosta, C. 2007. La historia de INGEOMINAS (1917–2007). 90 años de geología oficial en Colombia. Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), 300 p. Bogotá.

Alonso, D.L., Porras, A.F., Parrado, G.A. & Peña, M.L. 2015. Implementación de la técnica de conteo de neutrones retardados para la cuantificación de Uranio en Minerales Energéticos. XV Congreso Nacional de Geología. Bucaramanga.

Alvarado, C., Moya, H.G., Sandoval, J., Medina, E., Trejos, G.A., Leyva, O.Y., Arévalo, L.M., Ortegón, C. & Ruiz, G.L. 2012. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa. Escala 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.

Britkreuz, C. (Editor). 2011. Nevado del Huila (Colombia): 2007–2008 eruptions, lahars and crisis management. *En*: Britkreuz, C. (editor), Geo–risk management–a German Latin American approach. Freiberger Forschungshefte, C 538, p. 69–80. Field workshop organized by the Geo–Network of Latin American German Alumni (GOAL). Heidelberg, Germany.

Carvajal, J.H., Trejos, G.A., Moya, H.G. & Leiva, O.Y. 2012. Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa. Escala: 1:100 000. Servicio Geológico Colombiano. Bogotá.

Correa, A.M., Ancochea, E. & Pulgarín, B. 2011. Química mineral en las lavas del Complejo Volcánico Nevado del Huila. XIII Congreso Colombiano de Geología y XIV Congreso Latinoamericano de Geología. Abstracts. Medellín.

Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editores). 2015. Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015. Servicio Geológico Colombiano. Publicaciones Geológicas Especiales 33. 429p. Bogotá.

Gómez, J., Montes, N.E., Alcárcel, F.A. & Ceballos, J.A. 2015a. Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia en ArcGIS y Google Earth. *En*: Gómez, J. & Almanza, M.F. (Editores), Compilando la geología de Colombia: Una visión a 2015. Servicio Geológico Colombiano, Publicaciones Geológicas Especiales (33): 63–419. Bogotá.

Gómez, J., Nivia, Á, Montes, N.E. & Diederix, H., compiladores. 2015b. *Geological Map of Colombia*. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá

Gómez, J., Nivia, Á, Montes, N.E. & Diederix, H., compiladores. 2015c. Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:1 000 000. Servicio Geológico Colombiano, 2 hojas. Bogotá

Gómez, J., Nivia, Á, Montes, N.E. & Diederix, H., compiladores. 2015d. Atlas Geológico de Colombia. Escala 1:500 000. Servicio Geológico Colombiano, 26 planchas. Bogotá

López, S., Cañola, E., Toro, G., Pulgarín, B. & Hermelin, M. 2011. Geología del Miembro Chagarton de la Formación Coconucos. Universidad Industrial de Santander. Boletín de Geología. 33(1): 101–116. Bucaramanga.

Monsalve, M.L., Murcia, H., Téllez, L., Navarro, S., Pulgarín, B., Martínez, L.M. & Martínez, L. 2011a. Unidad eruptiva Las Cabras: Evidencia de un gran vulcanismo explosivo en el volcán Sucubún, en la Cordillera Central de Colombia. XIII Congreso Colombiano de Geología y XIV Con-

greso Latinoamericano de Geología. Abstracts. Medellín.

Monsalve, M.L., Pulgarín, B., Mojica, J., Santacoloma, C. & Cardona, C. 2011b. Interpretación de la actividad eruptiva del volcán Nevado del Huila (Colombia), 2007–2009: Análisis de componentes de materiales emitidos. Universidad Industrial de Santander, Boletín de Geología, 33(2): 73–93. Bucaramanga.

Navarro, S., Pulgarín, B., Monsalve, M.L., Cortés, G.P., & Calvache, M.L. 2011.Guía Excursión volcán Nevado del Ruiz–Armero, 26 años después (con alusión a los volcanes Cerro Bravo y Cerro Machín). XIII Congreso Colombiano de Geología y XIV Congreso Latinoamericano de Geología. Medellín.

Parrado, G., Sandoval, J., Peña, M., Cañón, Y., Sierra, O., Alonso, D. & Mosos, F. 2015a. Aplicaciones del reactor nuclear colombiano de investigación IAN–R1. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Anales de Ingeniería Sociedad Colombiana de Ingeniería, 127(931): 12–16. Bogotá.

Parrado, G., Sierra, O., Cañón, Y., Alonso, D., Porras, A., Herrera, D. & Peña, M. 2015b. Improvement of Analytical Capabilities of the Neutron Activation Analysis Laboratory at the Colombian Geological Survey.14th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA14). Holanda.

Parrado, G., Sierra, O., Cañón, Y., Peña, M., Sierra, O., Alonso, D., Porras A. & Herrera D.C. 2015c. Improvement of Analytical Capabilities of the Neutron Activation Analysis. XI Latin American Symposium on Nuclear Physics and Applications. Medellín.

Parrado, G.; Sierra, O. y otros. 2015d. Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) methodology used for 2015–WEPAL proficiency test in the Colombian Geological Survey. IAEA Training Workshop on Inter–Comparison Feedback of NAA Proficiency Tests (WEPAL), no publicado. Holanda.

Pulgarín, B., Navarro, S., Murcia, H., Monsalve, M.L., Correa, A. M., Téllez, L., Martínez, L.M. & Martínez, L. 2011a. Evolución estructural del Complejo Volcánico Sotará y depósitos asociados. XIII Congreso Colombiano de Geología y XIV Congreso Latinoamericano de Geología. Abstracts. Medellín.

Pulgarín, B., Navarro, S., Murcia, H., Monsalve, M.L., Correa, A. M., Téllez, L., Martínez, L.M. & Martínez, L. 2011b. Sotará Volcanic Complex (SVC), Colombia: Associated Structures. 22nd International Colloquium on Latinoamerican Earth Sciences (LAK–22), GAEA Heidelbergensis 18, Abstracts and Programme. Heidelberg, Germany.

Sierra, O.; Parrado, G.; Alonso, D.; Cañón, Y.; Peña, M; Porras A.; Herrera, D. 2015a. Determinación química multielemental de suelos mediante el análisis por activación neutrónica instrumental. XV Congreso Colombiano de Geología. Resúmenes. Bucaramanga.

Sierra, O., Parrado, G., Peña, M., Cañón, Y., Alonso, D., Porras, A. & Herrera, D. 2015b. Characterization of HPGe Gamma Spectrometric Detectors Systems for Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) at the Colombian Geological Survey. 14th International Conference on Modern Trends in Activation Analysis (MTAA14). Holanda.

Sandoval, J. 2015. Instrumentation and Control Upgrade at the TRIGA Nuclear Research Reactor IAN–R1. International Conference on Research Reactors: Safe Management and Effective Utilization. 16–20 Nov. 2015. Viena, Austria.

Sandoval, J., López, E., Hernández, A., Guzmán, M., Orozco, J., & Gómez, J. 2015. Thermal Power Calibration and Neutron Flux Measurement of the Nuclear Research Reactor IAN–R1 2015. International Conference on Research Reactors: Safe Management and Effective Utilization, p. 16–20 November 2015. Viena, Austria.

Servicio Geológico Colombiano. 2015. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa. Escala detallada. Colección de Guías y Manuales. Servicio Geológico Colombiano, informe inédito. 179p. Bogotá.

Téllez, L., Toro, G., Duque, J. & Pulgarín, B. 2011. Aporte al conocimiento de la geología volcánica en las inmediaciones de la población de Río Blanco (Cauca). XIII Congreso Colombiano de Geología y XIV Congreso Latinoamericano de Geología. Abstracts. Medellín.

Valencia, A.J. & Fonseca, S. 2001. Guía metodológica para la zonificación de amenazas por fenómenos de remoción en masa–método univariado y escenarios de riesgo por avenidas torrenciales. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). Bogotá.

Worni, R., Huggel, C., Stoffel, M. & Pulgarín, B. 2012. Challenges of Modelling Current very Large Lahars at Nevado del Huila Volcano, Colombia. Bulletin of Volcanology, 74:309–324. Springer–Verlag. DOI: 10.1007/s00445–011–0522–8.

Anexo

Directores del Servicio Geológico Colombiano

Tomado y completado de Acosta (2007)

Comisión Científica Nacional	
1916–1924	Robert Scheibe
1924–1926	Otto Stutzer
1926–1927	Ernest A. Scheibe
1927–1931	Enrique Hubach
1931–1934	Emil Grosse
Servicio Geológico Nacional	
1939–1945	Benjamín Alvarado Biéster
1945–1947	Luís Alejandro del Río M.
1947–1950	Roberto Sarmiento Soto
1950	Vicente Suárez Hoyos
1950–1953	Enrique Hubach
Instituto Geológico Nacional	
1953–1957	Enrique Hubach
Servicio Geológico Nacional	
1957–1958	Benjamín Alvarado Biéster
1958–1960	Fernando Paba Silva
1960	Jaime López Casas
1961–1964	Alberto Sarmiento Alarcón
1964	Aurelio Lara Agudelo
1965–1966	Jesús A. Bueno
1966–1969	Darío Suescún Gómez
Instituto Nacional de Investigaciones Geológico–Mineras (INGEOMINAS)	
1969–1973	Andrés Jimeno Vega
1974–1977	Jesús Alberto Álvarez
1977	Carlos Prados González
1977–1980	Michel Hermelin Arbaux
1980–1986	Alfonso López Reina
1986–1988	Alberto Lobo–Guerrero Uscátegui
1988–1991	Luís Jaramillo Cortés
Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS)	
1991–1998	Adolfo Alarcón Guzmán

Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero–Ambiental y Nuclear (INGEOMINAS)	
1998–2004	Adolfo Alarcón Guzmán
Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS)	
2004–2007	Julián Villarruel Toro
2007–2010	Mario Ballesteros Mejía
2010–2011	Andrés Ruiz Rodríguez
Servicio Geológico Colombiano	
2011–2016	Oscar Eladio Paredes Zapata

El Servicio Geológico Colombiano 1916–2016.
Cien años al servicio de Colombia
Fue compuesto en caracteres Amasis MT Std
y se terminó de imprimir en la
Imprenta Nacional de Colombia en junio de 2016.

Colección Centenario del
Servicio Geológico Colombiano

Serie Historia, volumen 1

Durante la Primera Guerra Mundial, Colombia enfrentó dificultades para obtener materias primas minerales (hierro, carbón y otras), que entonces se importaban para la incipiente industria nacional y para el funcionamiento de los ferrocarriles. En diciembre de 1916, el Gobierno Nacional decide crear una institución que explore el territorio en busca de yacimientos minerales, la *Comisión Científica Nacional*. Con el correr de los años, y ajustándose a las necesidades del país, la Comisión se transforma en el *Servicio Geológico Nacional* (1938–1968), *INGEOMINAS* (1968–2011) y, recientemente, el *Servicio Geológico Colombiano* (2011–2016). Sus funciones básicas (levantar un mapa geológico nacional y buscar nuevos recursos mineros) se mantienen y se van ampliando en cada transformación, de acuerdo con los requerimientos del desarrollo de la infraestructura de Colombia, de su industrialización y de los desastres geológicos que se van presentando. La Institución pasa a ocuparse de los estudios básicos para obras civiles (represas hidroeléctricas, red vial y otras) y lidera, junto con el Instituto de Fomento Industrial (IFI), los principales proyectos de industrialización del país en el período de la posguerra: siderúrgica de Paz de Río, Planta de Soda de Zipaquirá, carbones de El Cerrejón y otros.

Las dificultades de abastecimiento de agua en muchas regiones y localidades colombianas llevan a la Institución a desarrollar un área de hidrogeología fuerte. Gracias a ella muchos municipios colombianos pueden contar con agua potable. Los inicios de la industria petrolera caen bajo la responsabilidad de esta institución hasta cuando las primeras concesiones revierten al Estado colombiano.

Los desastres naturales, que en la década de los años ochenta y posteriormente se convierten en un tema crítico para el país, llevan al Gobierno Nacional a poner en manos de la Institución los estudios científicos sobre esos fenómenos; dentro de ese marco, le corresponde organizar y operar la Red Sismológica Nacional y las redes de vigilancia volcánica.

Esta obra conmemorativa de los cien años del Servicio Geológico Colombiano expone, para el ciudadano común, los desarrollos institucionales y las contribuciones de este a lo largo de su ya larga historia.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

MINMINAS

TODOS POR UN NUEVO PAÍS
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

Conocimiento Geocientífico 100 años
1916 - 2016

ISBN: 978-958-99528-7-0

