

La Geología y la Geofísica en Colombia: Desarrollo, Estado Actual y Perspectivas

LUIS A. BRICEÑO & JAIRO MOJICA

Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 14490, Bogotá, Colombia

BRICEÑO, L.A. & MOJICA, J. (1993): La Geología y la Geofísica en Colombia.- Geología Colombiana, 18, pp. 161 -198 , 3 figs., 4 Tablas, 1 Anexo, Bogotá.

CONTENIDO

	Página	Página
I. INTRODUCCION.....	161	4.1 Asociaciones Profesionales y Científicas...192
1.1 Presentación.....	162	4.2 Asociaciones Gremiales.....193
1.2 Definiciones Básicas.....	163	4.3 Organismos de Control.....193
1.3 La Geología.....	166	
1.3.1 Historia de la Geología en Colombia y de sus Aportes al Desarrollo Nacional	167	V. LA PROYECCION NACIONAL HACIA EL AÑO 2000, EN EL AREA DE GEOCIENCIAS.....193
1.4 La Geofísica.....	170	
1.4.1 Historia de la Geofísica en Colombia y su Importancia en el Contexto Nacional.....	171	VI. RECOMENDACIONES.....195
II. FORMACION TECNICA Y PROFESIONAL.....	171	REFERENCIAS.....196
2.1 Formación Técnica y Tecnológica.....	171	Anexo 1: Directorio de las principales instituciones mencionadas en el texto.....198
2.2 Formación Universitaria (pregrado).....	172	
2.3 Formación Avanzada (posgrado).....	174	RESUMEN
III. INVESTIGACION.....	178	Con base en el conocimiento derivado de la experiencia personal, de las opiniones de otros colegas, de los resultados de una encuesta realizada para este estudio y de los datos obtenidos de una amplia consulta bibliográfica, se hace una descripción del desarrollo histórico, el estado actual y las perspectivas, a corto y mediano plazo, de la Geología y la Geofísica en Colombia.
3.1 Justificación de la Investigación Geológica-Geofísica en Colombia.....	179	En detalle, el estudio se ocupa de aspectos relativos a : 1) la formación técnica, profesional y de posgrado; 2) los recursos y limitaciones, tipo y calidad de la investigación geológico-geofísica que, en el momento, adelantan en el país diversas instituciones oficiales y privadas, nacionales y extranjeras; 3) publicaciones, bibliotecas, instrumentación básica y equipos; 4) asociaciones profesionales y organismos de control; 5) tendencias y perspectivas del desarrollo de las geo-
3.2 Líneas o Areas de Investigación en Geociencias.....	179	
3.3 Instituciones Responsables de la Investigación en Geociencias.....	182	
3.4 Financiación.....	182	
3.5 Publicaciones.....	183	
3.6 Institutos de Investigación.....	184	
3.7 Infraestructura.....	189	
3.7.1 Información y Documentación.....	189	
3.7.2 Instrumentación y Equipos.....	189	
3.7.3 Equipamiento y Soporte Lógico.....	190	
3.8 Vínculos Internacionales.....	190	
3.9 Problemas de la Invest. en Geociencias...	191	
IV. ORGANISMOS PROFESIONALES.....	192	

ciencias colombianas en los próximos años; conclusiones y recomendaciones.

ABSTRACT

Based on their own experience, opinions from other colleagues, the results of a specially designed poll, and a broad bibliographic consult, the authors have elaborated a synthesis of the historical development, present state, and perspectives of the Geology and Geophysics in Colombia.

Particularly, this study has to deal with different aspects related to: 1) technical, professional and graduate qualification; 2) financial support and limitations in doing geological and geophysical research, and its type and quality of the work that presently is going on, at the different institutions; 3) publications, libraries, basic instrumentation and equipments; 4) professional associations and control organisms; 5) trends and development perspectives for the geosciences in the near future; conclusions and recommendations.

KURZFASSUNG

Aufgrund der beruflichen Erfahrungen der Verfasser, Meinungen von Kollegen, einer speziell für diese Arbeit durchgeführten Umfrage und einer umfassenden bibliographischen Durchsicht wird ein Bild der historischen Entwicklung, des aktuellen Standes und der kurz- und mittelfristigen Perspektiven der Geologie und Geophysik in Kolumbien gegeben.

Im Beitrag werden folgende Themenkreise behandelt: 1), inländische Möglichkeiten von technologischen, Diplom- und Nachdiplom- Studiengänge in den Bereichen der Geologie und Geophysik; 2), die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel der gegenwärtig laufenden Untersuchungen; 3) Veröffentlichungen im Bereich der Erdwissenschaften, des weiteren Stand der Bibliotheken, Apparate und Ausrüstung der verschiedenen Institute und Labors; 4), gewerkschaftliche, berufliche und wissenschaftliche Vereine und gesetzgeberische Kontrollorgane; 5), Perspektiven kurzfristiger Tendenzen und Entwicklungen der Erdwissenschaften in Kolumbien; und 6), Schlussfolgerungen und Empfehlungen.

I. INTRODUCCION

1.1 Presentación

Este aporte constituye una versión ampliada y actualizada de un estudio realizado entre 1989 y 1990, por encargo del

Departamento Nacional de Planeación, para la "Misión de Ciencia y Tecnología", un comité de alto nivel creado por el Ejecutivo, mediante el Decreto 1600 de 1988. Objetivo de dicha Misión era, entre otros, el de adelantar un diagnóstico del estado actual del desarrollo científico nacional, del grado de aceptación e importancia del aporte social de las diferentes disciplinas, del tamaño y las particularidades de las comunidades dedicadas a la investigación, de las posibilidades de formación a nivel tecnológico, profesional y de posgrado, y de las perspectivas de avance en el próximo decenio. Los resultados correspondientes se dieron a conocer en tres volúmenes y cinco tomos, a mediados de 1990. En consecuencia, buena parte del presente trabajo apareció en el Vol. 3, tomo I: "La conformación de las comunidades científicas en Colombia" (v. Briceño & Mojica, 1990).

Sin embargo, en vista de lo reducido de la versión original y de la consecuente limitada difusión de la mencionada obra, consideramos que el texto completo y mejorado puede ser de interés y utilidad para quienes laboran en las diferentes ramas de las geociencias, las estudian actualmente, o se interesan en ellas por otros motivos, tanto en Colombia como en aquellos países con los que nos unen vínculos económicos, técnicos, científicos o culturales.

Aunque se ha tratado de mantener la mayor imparcialidad y objetividad, como es natural, las opiniones aquí expresadas reflejan, en mayor o menor grado, los puntos de vista de los autores, y pueden no coincidir con los de otros investigadores o interesados en el tema, sobre todo en lo que atañe a la visión de la problemática actual de la investigación, de las soluciones propuestas y de las áreas prioritarias para el desarrollo futuro. Por lo tanto, los resultados aquí consignados deben tomarse como una aproximación a la evolución histórica, al estado de avance, y a los logros principales de la comunidad científica responsable de las ramas del saber que nos ocupan. En ninguna forma se ha pretendido mostrar un escenario muy optimista y sesgado, que pudiera considerarse como una apología simplista de las profesiones de los autores, o uno pesimista, reflejo de la conocida estrechez de recursos y la complicada gestión que, en general, acompañan en los países del Tercer Mundo los proyectos de investigación científica "pura" y de aplicación tecnológica.

Algunas conclusiones sobre los temas y problemas aquí considerados se basan en información actualizada, producto de un sondeo a nivel nacional, realizado en algunas de las empresas y universidades, que a juicio de los autores juegan un papel importante en el desarrollo y aplicación de las Geociencias en el país. Así, las encuestas se enviaron a mediados de noviembre/89 a ECOPETROL*, ICP,

* Una lista con las direcciones y abreviaturas de las principales instituciones aquí mencionadas se encuentra en el Anexo 1

INGEOMINAS, CARBOCOL, IGAC (CIAF), ECOMINAS, TEXACO, y a los departamentos o facultades de geología y/o ingeniería geológica de las Universidades Industrial de Santander, de Caldas, Nacional (seccionales de Bogotá y Medellín), EAFIT y Pedagógica y Tecnológica de Colombia (seccional Sogamoso).

Una versión preliminar del manuscrito fue presentada en noviembre de 1989 y discutida en el foro que para tal fin se realizó el 7 diciembre/89 en las oficinas de FONADE (Bogotá), foro al que asistieron los colegas Michel Hermelin (EAFIT, Universidad Nacional, sede Medellín), Hermann Duque (INGEOMINAS, Bogotá), José Velandia y Camilo Hernández (ECOPETROL), los Doctores Gabriel Misas, Jorge Charum, Clara Ramírez y Miryam Henao (por la Misión de Ciencia y Tecnología), y los suscritos. Las observaciones e inquietudes allí expuestas se han tenido en cuenta en la redacción definitiva, y sin duda, han contribuido a mejorar y enriquecer el contenido del presente documento que se espera sirva de inventario inicial sobre lo que existe (personas, instituciones, equipos), lo que se hace (investigaciones, publicaciones), y lo que se proyecta como planes de desarrollo, en el campo de la geología y la geofísica. Por otra parte, y con el ánimo de mostrar al lector el papel que han jugado dichas ramas del saber en nuestro país, hemos considerado pertinente incluir sendas secciones dedicadas a la historia de la geología y la geofísica.

1.2 Definiciones Básicas

Con el objeto de orientar al lector no versado en los temas aquí tratados y para precisar los alcances y objetivos de estas áreas de la investigación, juzgamos conveniente incluir las definiciones de lo que, convencionalmente, en el lenguaje técnico se entiende por Ciencias de la Tierra, Geociencias, Geología y Geofísica, que son voces íntimamente ligadas, pero no sinónimas. Para ello hemos recurrido al glosario de Bates & Jackson (1980), editado por el Instituto Geológico Americano:

Ciencias de la Tierra: Término genérico para aquellas ciencias fácticas relacionadas con el estudio general del planeta (atmósfera, hidrósfera, suelos, corteza y subsuelo profundo) y que comprenden, entonces, disciplinas como la meteorología, oceanografía, geología continental y marina, edafología, agronomía, geofísica, etc. Debido a que los principios básicos son semejantes a los de las Ciencias de la Tierra, se debe incluir aquí también la geoplanetología (o simplemente planetología) que se ocupa de la investigación de los planetas y lunas del Sistema Solar y que, gracias a las recientes misiones espaciales norteamericanas y soviéticas, ha permitido obtener sorprendentes e importantes resultados relativos a la constitución geológica y las carac-

terísticas geofísicas de dichos cuerpos.

Geociencias: Término colectivo para designar las distintas disciplinas básicas, especiales, aplicadas y relacionadas con las ciencias geológicas.

Geología: Es el estudio de la Tierra, los materiales que la componen, los procesos que actúan sobre ella, los productos así formados y el origen e historia del planeta (Fig. 1). Así, la geología se ocupa de las fuerzas físicas que actúan sobre la Tierra, de la química de sus constituyentes, y de la biología de las comunidades animales y vegetales del pasado a través de los registros fósiles. El conocimiento así adquirido se pone al servicio del hombre, entre otras cosas, para ayudarlo en la obtención de minerales, materiales de construcción, combustibles, en el reconocimiento y selección de sitios apropiados para la construcción de grandes obras civiles (e. g. edificios, puentes, presas, carreteras, aeropuertos, túneles), y en el pronóstico de los efectos de los procesos naturales, o de los inducidos por el hombre, que puedan amenazar las construcciones y asentamientos humanos y/o agotar o contaminar los recursos vitales.

Geofísica: Es el estudio de la Tierra por métodos físicos. Intenta cuantificar su geometría y dinámica; sus ramas principales tienen que ver con la geofísica de los sólidos, la atmósfera, la hidrósfera y la física solar y terrestre (Fig. 2). Incluye disciplinas como sismología, tectonofísica, gravimetría, geomagnetismo.

La comunidad científica internacional acepta hoy en día, que el conocimiento del planeta, como ente físico dinámico, y su exploración para beneficio del hombre, es el resultado de la acción del variado conjunto de disciplinas y técnicas, que constituyen las Ciencias de la Tierra. El avance científico y tecnológico de la humanidad ha hecho que los objetivos atacados inicialmente por la Física, la Química y la Matemática, como herramientas básicas de las Ciencias Naturales, en el entendimiento y uso de nuestra Tierra, se vean cada vez más atomizados, dando lugar a nuevas ciencias con métodos y técnicas particulares. Es así que hoy podemos considerar independientemente, la Geología, la Geofísica, la Geoquímica, la Meteorología y la Oceanografía (divergiendo en esto del enfoque dado por Espinosa, 1984), y, dependiendo del problema a estudiar y a resolver, es la correcta interacción entre algunas de ellas, lo que conduce a un resultado óptimo. Es más, en cada una de las citadas Ciencias de la Tierra existen especialistas que difícilmente pueden tener una visión general de esa Ciencia; por ejemplo la Oceanografía habría que considerarla a su vez como una juiciosa integración de la Oceanografía Física y de la Química, de la Biología y de la Geología Marinas; igual sucede con la Meteorología, la Geoquímica, la Geofísica o la Geología. Como dice Hagstrom (1965), cada vez hay menos escolaridad universal en la ciencia, y más aún, la interdependencia entre disciplinas y

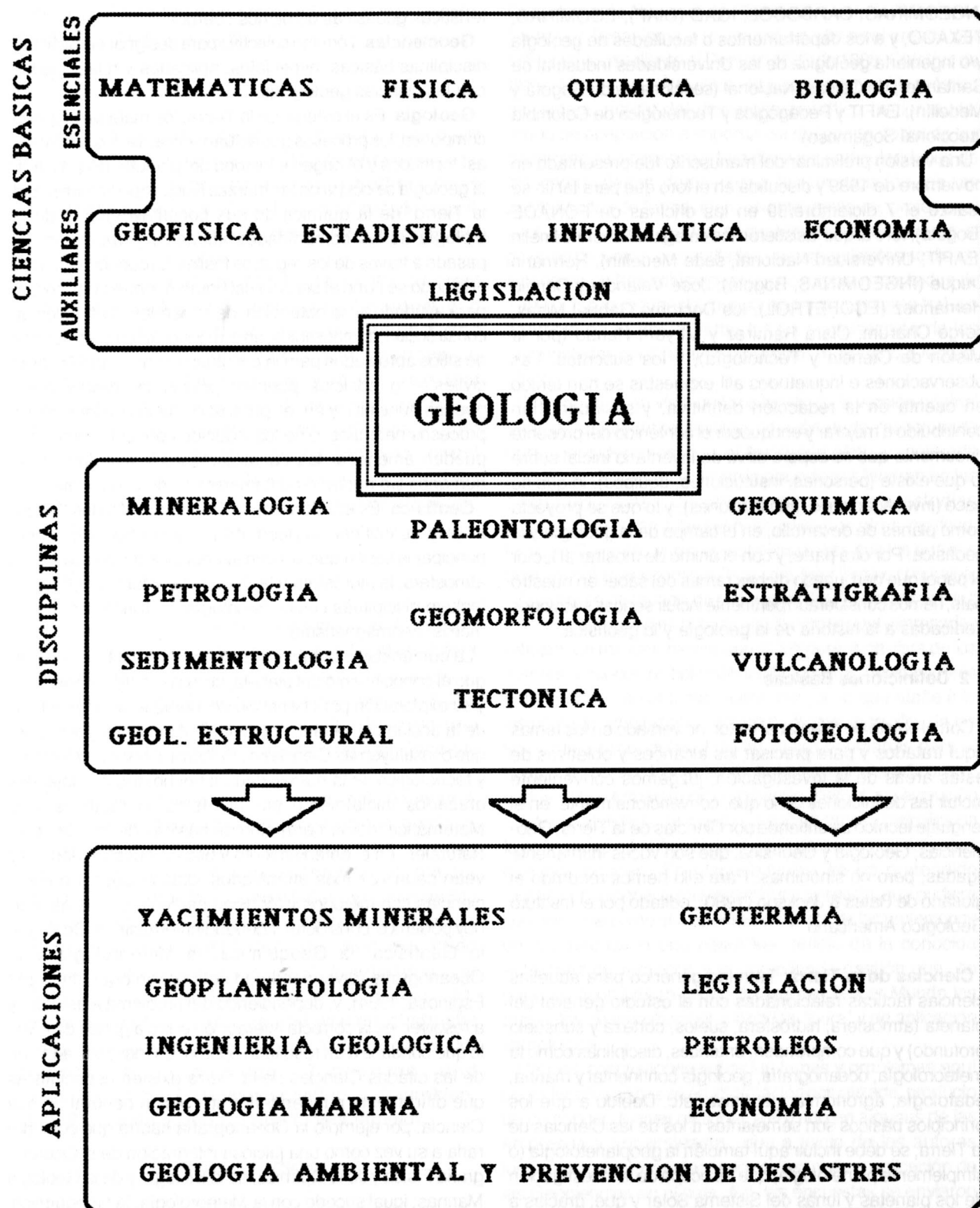


Fig. 1. Ubicación, relaciones, disciplinas y aplicaciones de la Geología.

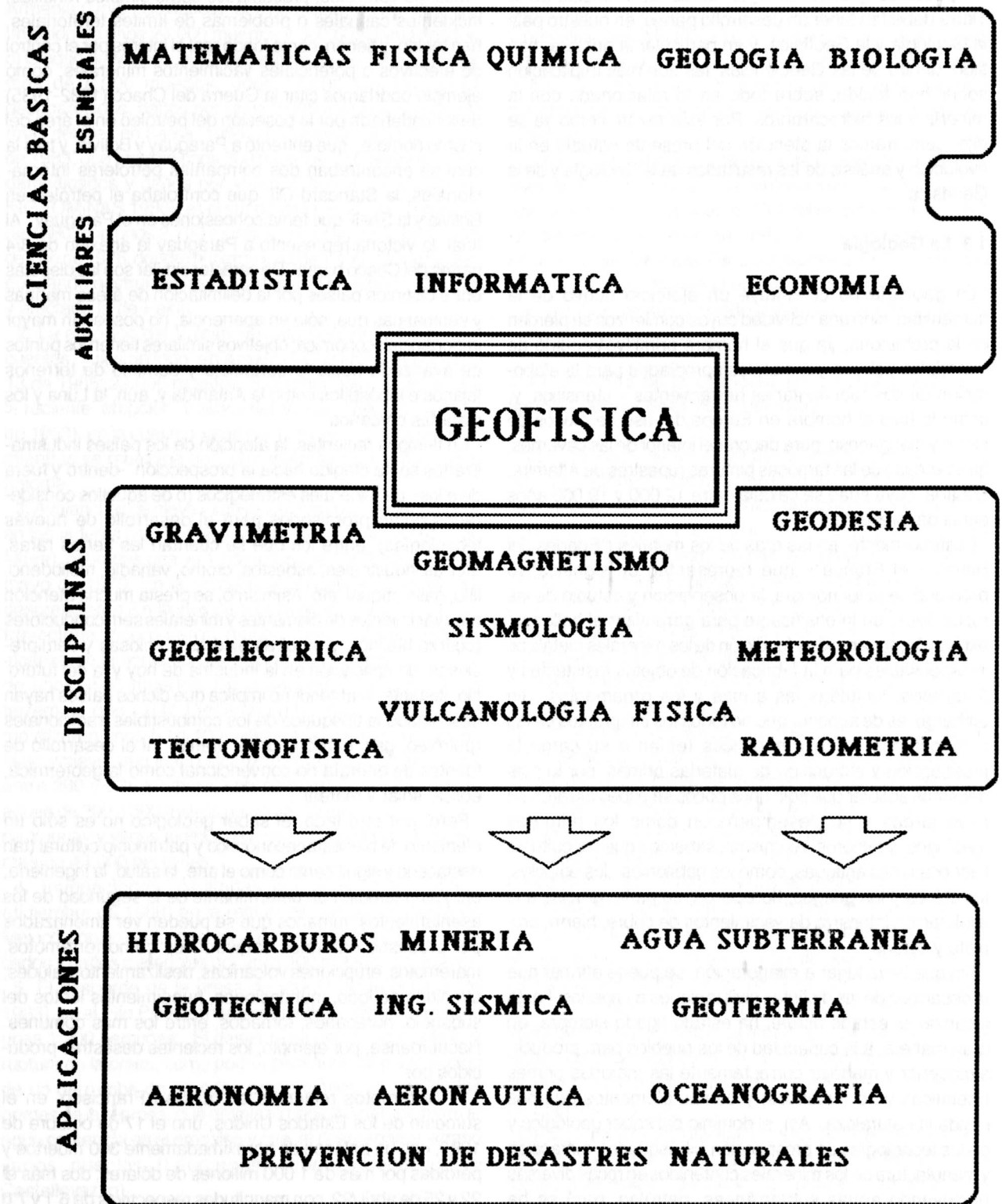


Fig. 2. Ubicación, relaciones, disciplinas y aplicaciones de la Geofísica.

especialidades dentro de ellas, es muy poca.

A pesar de que, idealmente, todas las Ciencias de la Tierra deberían tener un desarrollo parejo, en nuestro país la Geología y la Geofísica, y en particular la primera, han sido, dentro de las Geociencias, las que más implicación social han tenido, sobre todo en lo relacionado con la minería y los hidrocarburos. Por esta razón, como ya se dijo, centraremos la atención del presente estudio en la evolución y análisis de los resultados de la Geología y de la Geofísica.

1.3 La Geología

La geología no constituye un ejercicio nuevo de la humanidad, sino una actividad cuyos comienzos se pierden en la prehistoria, ya que el hombre primitivo requirió de materiales pétreos y minerales apropiados para la elaboración de sus rudimentarias herramientas y utensilios, y, como lo hizo el hombre en Europa, del uso de óxidos de hierro y manganeso, para decorar el interior de las cavernas; tal es el caso de las famosas pinturas rupestres de Altamira, España, cuya edad se calcula entre 12.000 y 19.000 años antes del presente.

Posteriormente, en las eras de los metales ("Edades del Hierro y el Bronce"), que representan un significativo progreso de la tecnología, la observación y estudio de las rocas debieron intensificarse para garantizar el hallazgo, extracción, separación y fundición de los minerales metálicos indispensables para la fabricación de objetos resistentes y duraderos, incluídas las armas y los ornamentos. Sin embargo, es de suponer que no todos los integrantes de las comunidades paleo y neolíticas tenían a su cargo la prospección y extracción de materias primas, por lo cual debemos aceptar que sólo unos pocos se especializaron en esas tareas y se desempeñaron como los primeros "geólogos" y mineros. Asimismo, sabemos que las culturas históricas más antiguas, como los babilonios, los egipcios, los chinos y los griegos, florecieron, en parte, gracias a la explotación intensiva de yacimientos de cobre, hierro, oro, plata y estaño.

Sin que haya lugar a exageración, se puede afirmar que el desarrollo de las distintas civilizaciones e imperios, hasta alcanzar el estado actual, ha estado ligado siempre, en gran manera, a la capacidad de los pueblos para producir, almacenar y manejar correctamente las materias primas (metálicas y no metálicas) y demás elementos que nos brinda la naturaleza. Así, el dominio del saber geológico y de las tecnologías de prospección (=búsqueda), extracción y manufactura de los minerales contenidos en rocas diversas (incluyendo aguas subterráneas, petróleo, gas) se ha convertido en factor determinante del bienestar socio-económico, o de supremacía (= dominación), y en elemento clave para el manejo de la política internacional, en este

caso, de la "Geopolítica".

Muchos conflictos, presentados como simples rencillas, incidentes casuales o problemas de límites territoriales, han tenido, y tienen, como fondo real el interés por el control de efectivos o potenciales yacimientos minerales; como ejemplo podríamos citar la Guerra del Chaco (1932-1935) desencadenada por la posesión del petróleo en el área del mismo nombre, que enfrentó a Paraguay y Bolivia, y tras la cual se encontraban dos compañías petroleras internacionales, la Standard Oil, que controlaba el petróleo en Bolivia y la Shell, que tenía concesiones en el Paraguay. Al final, la victoria representó a Paraguay la anexión de 3/4 partes del Chaco boreal. De carácter similar son las disputas entre distintos países por la delimitación de áreas marinas y submarinas que, sólo en apariencia, no poseerían mayor importancia económica; objetivos similares tienen los puntos de avanzada hacia la conquista y dominio de terrenos lejanos e inhóspitos como la Antártida y, aún, la Luna y los planetas cercanos.

En tiempos recientes, la atención de los países industrializados se ha dirigido hacia la prospección -dentro y fuera de ellos- de minerales estratégicos (o de aquellos considerados como promisorios para el desarrollo de nuevas tecnologías), entre los que se cuentan las tierras raras, arcillas industriales, asbestos, cromo, vanadio, molibdeno, litio, galio, níquel, etc. Asimismo, se presta mucha atención a los yacimientos de diamantes y minerales semiconductores (cuarzo hialino), y de otras piedras preciosas y semipreciosas, de aplicación en la industria de hoy y la del futuro. No obstante, lo anterior no implica que dichos países hayan descuidado la búsqueda de los combustibles tradicionales (petróleo, gas, carbón, turba, uranio), ni el desarrollo de fuentes de energía no convencional como la geotérmica, eólica, solar y mareal.

Pero, por otro lado, el saber geológico no es sólo un elemento de bienestar económico y patrimonio cultural (tan destacado y significativo como el arte, la salud, la ingeniería, etc.) sino también un determinante de la seguridad de los asentamientos humanos que se pueden ver amenazados por procesos naturales catastróficos como terremotos, maremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, aludes, avenidas de lodo, inundaciones, hundimientos lentos del subsuelo, huracanes, tornados, entre los más comunes. Recuérdense, por ejemplo, los recientes desastres producidos por:

1. Terremotos recientes en: a) San Francisco, en el suroeste de los Estados Unidos, uno el 17 de octubre de 1989, con un balance de aproximadamente 300 muertos y pérdidas por más de 1.000 millones de dólares; dos más el 22 y 25 de abril /92, con magnitudes respectivas de 6.1 y 7.0 en la escala de Richter, que no causaron mayores daños ni víctimas humanas; y el último el 29 de junio/92, con magnitud de 7.4 grados y réplicas de 7.0, que en conjunto produjeron

agrietamientos del terreno, daños en torres de conducción eléctrica, la muerte de un niño y decenas de heridos; b) Armenia (Unión Soviética), el 7 de diciembre de 1988 con un saldo de unos 24.000 muertos y 500.000 damnificados; c) Ciudad de México, el 19 de septiembre de 1985, que dejó más de 6.000 muertos, unos 17.000 heridos, 5.000 desaparecidos, daños por unos 2.000 millones de dólares (más detalles en Sarria, 1986); d) Popayán, el 31 de marzo de 1983, que produjo unos 300 muertos, 150 heridos, 4.000 damnificados y daños por varios millones de dólares (v. INGEOMINAS 1986); e) el sur de Italia, el 23 de noviembre de 1980, con unos 2.700 muertos; y f) el sur de China, el 28 de julio de 1976, donde murieron más de 1'400.000 personas, quedando destruidas las ciudades de Tangshen y Tientsín y afectada la de Pekín.

2. La erupción del Volcán Nevado del Ruiz y los subsecuentes "flujos de lodo" en Armero y Chinchiná (noviembre 13 de 1985; 23.000 muertos, 5.000 heridos). Al igual que la reciente erupción freática del Volcán Galeras (enero 7 de 1993), en la cual murieron por lo menos ocho personas, mientras se realizaba un Taller internacional sobre vulcanología.

3. Avalanchas de nieve y subsecuentes flujos de escombros en las laderas del Pico Nevado de Huascarán (6770 m de altura), ocurridas una el 10 de enero de 1962, otra el 31 de mayo de 1970. En la primera, y sin causa conocida, se desprendieron 3 millones de toneladas de hielo, que en su trayectoria incorporaron mucho más material rocoso, alcanzaron la población de Ranrahirca y dejaron un saldo de unos 3500 muertos. En la segunda, iniciada por un terremoto que azotó fuertemente las costa peruana, se movilaron unos 50 a 100 millones de metros cúbicos de hielo y nieve, que luego alcanzaron velocidades máximas entre 280 y 335 km/hora, sobrepasaron una divisoria de aguas de 200 a 300 metros de altura, arrasaron la población de Yungay y varias aldeas vecinas, y causaron la muerte a más de 40.000 personas.

4. Inundaciones, causadas por el Huracán Gilbert (diciembre de 1988) en la región de Cancún, sudeste de México, con un saldo de unos 200 muertos, 139.000 damnificados y daños materiales por unos 400 millones de dólares.

5. El desborde de la presa de Vaiont (9 de octubre de 1963), en el Río Pieve al nordeste de Italia, donde murieron unas 1.200 personas. El desastre se debió, no a la falla o ruptura de la presa, como podría pensarse, sino a la acción de un derrumbe de grandes proporciones en uno de los bordes de la represa, que desplazó unos 2/3 del volumen de agua contenida en el embalse y que, al desbordarse, arrasó varios pueblos (Langarone, Pirago, Codissago y Castellavazzo).

Con motivo de la tragedia ocasionada por las erupciones del Nevado del Ruiz en noviembre de 1985, y de los repetidos desastres naturales ocurridos en Colombia en los

últimos años, especialmente por deslizamientos (e.g. Villatina en Medellín, y en diversos barrios al SE de Bogotá), derrumbes e inundaciones (e.g. Utica, La Guajira, Llanos Orientales, bajo Magdalena), el Gobierno creó una Oficina Nacional para la Atención y Prevención de Emergencias (ONADE), adscrita a la Presidencia de la República, que coordina las acciones de los diferentes comités locales de emergencia.

Con respecto al punto anterior vale la pena mencionar la aparición de una interesante síntesis sobre los principales "deslizamientos" ocurridos en Colombia entre 1980 y 1987 (v. Galves *et al.* 1989); se trata de una investigación a resaltar ya que fue adelantada por alumnos del 7o. semestre de la Carrera de Ingeniería en Manizales, y que demuestra que la labor científica puede comenzar temprano en las carreras profesionales.

1.3.1 Historia de la Geología en Colombia y de sus aportes para el desarrollo nacional

Aún cuando no se tienen registros escritos, es de admitir que las primeras observaciones geológicas en el país fueron realizadas por los pueblos primitivos que explotaron con éxito metales preciosos (oro, plata, platino) y no preciosos (cobre, plomo), gemas (esmeraldas) y sal gema. Según lo describe Espinosa (1984), durante la Colonia y con motivo de la Expedición Franco-Española (La Condamine-Ulloa, 1735-1748), se dieron los primeros pasos serios para la exploración geológica del país. Se trata de los estudios, ante todo geomorfológicos, de Antonio de Ulloa y Jorge Juan, quienes publicaron sus observaciones e impresiones en tres libros: "La Relación Histórica de un viaje hecho por orden de Su Majestad a la América Meridional" de Juan & Ulloa; las "Noticias Americanas" de Ulloa; y "Noticias Secretas de América" de Juan & Ulloa.

Vienen luego las investigaciones en geología y minería de la Expedición Botánica (1783-1816). Su director, el naturalista Don José Celestino Mutis se ocupó largamente en supervisar la explotación de las minas de esmeraldas de Muzo, las salinas de Zipaquirá, las minas de plata de Mariquita, Montusa y El Sapo, y las de cobre de Moniquirá. La Expedición Botánica contó luego con un Director de Minas, Don Juan José D'Elhuyar, a quien se deben dos importantes documentos geológicos: "Diario del Viaje a Muzo, de orden del Exm. Sr. Virrey, emprendido el 6 de septiembre desde Mariquita" y el "Informe del viaje a Muzo". (v. Espinosa, *op. cit.*).

De data anterior son las narraciones de Fray Pedro Simón (1625), quien basado en observaciones de testigos diferentes a él mismo, describe con detalle la erupción del Nevado del Ruiz el 12 de marzo de 1595 y los efectos producidos por la caída de cenizas y las avenidas de lodo por el río Lagunilla. Tales avenidas causaron importantes

daños en el sector donde posteriormente (a comienzos del siglo XX) se levantaría la ciudad de Armero (v. Mojica *et al.* 1986); como se sabe dicha área fue afectada, con mayor intensidad, por otros flujos de lodo el 19 de febrero de 1845, según lo documentan Acosta (1846, 1850) y Arboleda (1919). La poca valoración o desconocimiento de dichas observaciones a nivel de técnicos, políticos y del público no versado, pudo ser una de las causas de la tragedia en 1985. Dicho sea de paso, el mencionado Coronel Joaquín Acosta, natural de Guaduas, debería ser considerado un pionero de la geología en Colombia, ya que, a pesar de su corta producción, fue capaz de ponerse a la altura de los investigadores europeos y de publicar tres artículos en revistas francesas.

No obstante lo anterior, la verdadera investigación geológica se inició en nuestro país con los estudios del Barón Alexander von Humboldt, quien entre 1799 y 1801 adelantó dos excursiones, una por la Orinoquia y Amazonia colombovenezolanas y otra desde la Costa Atlántica, siguiendo el curso del Río Magdalena, pasando por Santa Fe de Bogotá y Popayán, hasta Quito (v. Humboldt 1801). Es de anotar que Humboldt tuvo una sólida formación como geólogo y mineralogista en la Escuela de Minas de Freiberg y que parte de los fósiles por él colectados fueron identificados por Leopold von Buch (1839).

Como lo reportan con detalle Durán (1974), Botero (1978) y Espinosa (1984, 1989), vinieron luego otras grandes expediciones y memorias de naturalistas europeos, en la mayoría geógrafos y botánicos, como Jean Baptiste Boussingault (1821-1833); Hermann Karsten, quien publicó el primer mapa geológico de Colombia y la monumental obra: "La Geologie de l'ancienne Colombie Bolivarienne" (Berlín, 1886); Alphons Stübel, que investigó el vulcanismo y produjo el aporte titulado "Vulkanberge von Kolumbien"; Wilhem Reiss, compañero de Stübel; Alfred Hettner, a quien se debe el clásico libro sobre "Die Kordillere von Bogotá" -en el que se fijaron las bases, aún vigentes, de la estratigrafía de la Cordillera Oriental-, y del cual existe una traducción por el Prof. Ernesto Guhl (Univ. Nal., Bogotá), publicada por el Banco de la República en 1966; Wilhem Sievers, quien produjo, en 1888, un valioso estudio sobre "Die Sierra Nevada von Santa Marta"; Hans A. Stille, que, luego de un recorrido por el Río Magdalena, en 1906, publicó sus "Geologischen Studien in Gebiete des Río Magdalena".

Desafortunadamente, como puede notarse, los resultados de los trabajos antedichos se publicaron todos en Europa, en alemán y en francés, por lo cual su mensaje tuvo poca difusión entre los investigadores nacionales y sólo pudo ser asimilado por un reducido círculo de letrados franco-germanos, que poco podrían contribuir, a distancia, a la ciencia colombiana.

Un primer gran impulso hacia la formación de inves-

tigadores nacionales en las Ciencias de la Tierra fue dado en 1887 con la iniciación de labores académicas en la Escuela de Minas de Medellín, creada por interés del Ingeniero Tulio Ospina, quien en 1911 publicó una "Reseña de la Geología de Colombia, especialmente de Antioquia". Aportes importantes a la mineralogía, la petrografía y la minería de esa época se deben a Ricardo Lleras Codazzi y Juan de la Cruz Posada.

A pesar de lo arriba expuesto, es preciso señalar que la investigación geológica ordenada del territorio colombiano se debe a la creación, en 1916, de la "Comisión Científica Nacional", dirigida por el geólogo alemán Robert Scheibe, y de la cual hicieron parte también Ricardo Lleras Codazzi, Otto Stutzer y Emil Grosse. A este último se debe el "Estudio Geológico del Terciario Carbonífero de Antioquia", producto de un estudio para los Ferrocarriles de Antioquia, publicada en Berlín en 1926, con texto en alemán y español; se trata de una obra clásica cuyos principios y detalles continúan vigentes.

Los resultados de los trabajos de la Comisión Científica Nacional dieron lugar a la publicación, a partir de 1933, de la "Compilación de Estudios Geológicos Oficiales de Colombia", que terminó en 1969. La Comisión Científica Nacional sirvió de base y dió paso (en 1938, según Hermelin 1978 c:8; en 1940, según Espinosa, 1984:230) al Servicio Geológico Nacional, el cual se adscribió en 1940 al Ministerio de Minas y Petróleos, creado en el mismo año. El Servicio Geológico Nacional contó con la colaboración de distinguidos geólogos extranjeros como Enrique Hubach, Hans Bürgli, José Royo y Gómez, Hans W. Nelson, Robert Wokittel, H. C. Raasveldt y Tomas van der Hammen; entre los colombianos se destacan los nombres de Benjamín Alvarado (su primer director; fallecido en abril de 1993), Vicente Suárez Hoyos, Roberto Sarmiento Soto y Gilberto Botero.

El Servicio Geológico Nacional (que entre 1953 y 1957 se denominó Instituto Geológico Nacional) se organizó en grupos de trabajo o secciones de Estratigrafía, Paleontología, Petrografía, Geología Económica, Biblioteca y Museo, estructura básica que, con algunas modificaciones, se conservó hasta 1963, cuando el Gobierno Nacional, con la ayuda de la Agencia Internacional para el Desarrollo y el apoyo del Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norteamérica, emprendió el "Inventario Minero", que funcionó hasta 1968 como una entidad paralela al Servicio Geológico, y contó con unos 40 geólogos nacionales y unos 10 norteamericanos, repartidos en oficinas en Bogotá, Barranquilla, Medellín y Bucaramanga. En 1968, mediante la fusión del Servicio Geológico, del Inventario Minero y del Laboratorio Químico Nacional (fundado en 1928), el Gobierno Colombiano creó el Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras (INGEOMINAS), que en la actualidad se denomina Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química y comprende las Subdi-

recciones de Geología, Geofísica, Química, Minería e Ingeniería Geoambiental y la de Administración de Recursos.

El INGEOMINAS incluye una sede principal en Bogotá y oficinas o Direcciones Regionales en Bucaramanga, Cali, Cartagena, Ibagué, Medellín y Popayán, así como una "Regional del Oriente" que se ocupa de la geología de la Orinoquia y la Amazonia, pero que funciona en Ingeominas, Bogotá. Para más detalles sobre la estructura orgánica y objetivos de dicho instituto, véase INGEOMINAS (1983, 1989 y 1993).

Durante la corta existencia del Instituto Geológico Nacional, y más precisamente en 1953, se inició la edición del "Boletín Geológico", órgano de divulgación que continúa apareciendo hasta el presente. Asimismo, desde 1978 se iniciaron las "Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas", una serie dedicada sobre todo a la difusión de investigaciones muy específicas, entre ellas algunas tesis de doctorado, que por su extensión y características no tienen cabida en el Boletín Geológico.

Al tiempo con el Servicio Geológico Nacional fue fundado el Instituto de Fomento Industrial, con el objeto de impulsar, ante todo, grandes proyectos de explotación minera, entre los que se encontraban Acerías Paz del Río, la planta de soda anexa a las Salinas de Zipaquirá y Cementos Boyacá.

El Servicio Geológico se constituyó en una verdadera escuela superior para la formación práctica de numerosos profesionales colombianos, y entre sus logros se cuentan: la elaboración de los primeros mapas geológicos regionales a escala 1:200.000, y varias versiones actualizadas del de Colombia a escala 1:1'500.000; la realización de numerosos estudios básicos (cuyos resultados se consignaron en la Compilación de Estudios Geológicos Oficiales de Colombia, el Boletín Geológico y en numerosos informes internos; véase Venegas 1960); el muestreo y colección de minerales, rocas y fósiles; y la ayuda a la pequeña y grande minería, a través del reconocimiento, descripción y evaluación de los prospectos o proyectos.

Un nuevo y fundamental paso hacia el desarrollo y manejo consciente de los recursos energéticos fue la creación, en 1951, de la Empresa Colombiana de Petróleos, ECO-PETROL, encargada de propiciar y supervisar la exploración, extracción y refinación de hidrocarburos, hasta esa época en su totalidad en manos de compañías internacionales. La parte concerniente a los aspectos geológicos y geofísicos está a cargo de la Vicepresidencia de Exploración, dirigida durante muchos años por el Geól. Bernardo Taborda. Más recientemente se fundan nuevas empresas comerciales del estado como ECOMINAS (actualmente reemplazada por MINERALCO S.A.), CARBOCOL, COLURANIO (que fue luego sustituido por CARBORIENTE), ISA, e instituciones como el IAN, INSFOPAL (desaparecido en 1988), e ICEL, a las cuales el gobierno nacional ha encargado la organización y funcionamiento de proyectos específicos en los

que, en mayor o menor grado, participan geólogos y geofísicos. De ellas y otras similares se hablará más adelante.

Desde el punto de vista académico es preciso recordar el papel pionero de la enseñanza de la Geología, como parte del plan de estudios general, que por muchos años tuvo la Escuela de Minas de Medellín, fundada como ya se dijo en 1887, y que fue adscrita en 1940 a la Universidad Nacional, con el nombre de Facultad de Minas. Allí, en 1942 se estableció la carrera de "Geología y Petróleos", con la figura del fallecido profesor Gerardo Botero Arango a la cabeza; en su memoria se realizó en 1978 en Medellín el I Seminario "Gerardo Botero Arango", auspiciado por la Universidad Nacional (Medellín) e Ingeominas (Medellín). En 1956, y por iniciativa del desaparecido Instituto Colombiano de Petróleos, se creó en la antigua Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional, sede Bogotá, el Departamento de Geología (ahora de Geociencias), que ha producido hasta la fecha (mayo de 1993) 836 geólogos, o sea un promedio de 26 por año.

Como reconocimiento a sus labores académicas en pro de la formación de personal capacitado para la exploración minera, ambas instituciones, la Facultad de Minas de Medellín y el Departamento de Geociencias de Bogotá, fueron galardonados en 1989 con el "II Premio Nacional de Minería", establecido conjuntamente por el Ministerio de Minas y Energía y ECOMINAS, en Marzo de 1988.

Entre 1974 y 1982 se dió una situación especial para las Geociencias en Colombia, por la llegada al país de numerosas empresas petroleras y mineras -en particular aquellas dedicadas a la prospección de Uranio- como consecuencia de la "crisis" energética que afectó a las naciones industrializadas por las alzas de los combustibles por parte de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP). Dado que Colombia no estaba preparada para un repentino incremento en la demanda de geólogos y geofísicos que coparan las nuevas plazas ofrecidas por las compañías extranjeras, tuvo lugar un "éxodo" de los profesionales más calificados de las empresas e instituciones nacionales (incluidas las Universidades), hacia dichas compañías. Lo anterior motivó en la comunidad geológica colombiana un cuestionamiento, que duró varios años, sobre el estado de la producción y demanda futura de tales profesionales. Al respecto, se realizaron estudios por parte de consultores extranjeros de UNESCO/PNUD, y de entidades nacionales como la Sociedad Colombiana de Geología, el extinto "Comité de Ciencias de la Tierra" de Colciencias y el Consejo Profesional de Geología. Los resultados de esos análisis fueron presentados por Pallister (1976), Case (1978), Hermelin (1978 a y c), Ujueta (1979), Meyer (1981), Hermelin (1981 a y b), Universidad Nacional (1981) y Cadena (1982).

En síntesis, tales estudios coincidieron en la conclusión de que en la década de los años 80 se presentaría un

aumento en la demanda de geólogos (y geofísicos), que no podía ser cubierta con el ritmo de producción mostrado por las escuelas existentes hasta 1979-1980. Las soluciones propuestas al problema pronosticado en los documentos arriba mencionados, o las surgidas en diferentes grupos de la comunidad geológica, apuntaron en tres direcciones principales:

a- El fortalecimiento de las carreras existentes, mediante aumentos presupuestales, incremento del número de docentes de planta y de alumnos admitidos por semestre, e intensificación de las relaciones de tales carreras con las entidades estatales y privadas más cercanas al área de las Geociencias, e.g. INGEOMINAS, MINMINAS, MINERALCO, CARBOCOL, ECOPETROL y demás compañías de petróleos.

b- La apertura de nuevos programas de geología y/o geofísica en las Universidades del Valle e Industrial de Santander.

c- La creación de escuelas privadas de Geociencias o Ciencias de la Tierra (en su defecto de facultades o departamentos de geología y/o geofísica) en Universidades no estatales. Dicho sea de paso, esta idea fue la que, en un principio, contó con menos simpatía dentro del gremio geológico.

De otra parte, con el ánimo de proporcionar una mayor información referente a las Geociencias en la comunidad, y en particular en los posibles aspirantes a elegir las como carrera, se produjeron dos opúsculos, que desafortunadamente no tuvieron mucha circulación, uno de la fallida "Escuela de Ciencias de la Tierra" (1978) -idea impulsada por diversos profesionales de la geología, la geofísica y la geografía, en Bogotá- y otro de Hermelin (1979).

Como consecuencia de todo lo anterior, y ante la falta de una respuesta rápida y eficiente de la Universidad Nacional, a comienzos de la década de los 80 se abrió la carrera de geología en la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga), la Universidad de Caldas (Manizales) y la Universidad Escuela de Administración y Finanzas y Tecnologías (EAFIT, Medellín), así como la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (seccional Sogamoso) y en la Escuela de Ingeniería de Antioquia (Medellín). Las repercusiones de dichas iniciativas, tanto en el mercado profesional como en la investigación, no se conocen bien aún, por lo cual sería conveniente emprender estudios que permitan aclarar la situación actual y las proyecciones hacia el futuro próximo. Se trata de una labor dispendiosa y costosa que implicaría un sondeo detallado en los principales centros de actividad geológica en el país y que conllevaría, además, múltiples desplazamientos, lo cual sobrepasa los alcances de este trabajo.

Con respecto a lo anterior, es de mencionar que las modificaciones introducidas en los últimos años a los Contratos

de Asociación entre Ecopetrol y las compañías petroleras que operan actualmente en Colombia, o las que están interesadas en ingresar al país en el futuro próximo (v. El Espectador, marzo 5/90: "Retocan política de explotación petrolera"), han causado inquietud y "desánimo y malestar" en las últimas, lo cual, de no llegarse a un arreglo satisfactorio, podría traducirse en una reducción de la exploración o, inclusive, en el retiro de dichas empresas hacia países que, como Venezuela y Argentina, parecen dispuestos a facilitar al máximo la inversión extranjera. Tal situación acarrearía, seguramente, una reducción de las plantas de personal, y la liberación y retorno al mercado de geólogos y geofísicos con amplia experiencia, en detrimento de las oportunidades de empleo para los recién egresados.

1.4 La Geofísica

Mide parámetros físicos de la Tierra, analiza su variaciones tanto en el espacio como en el tiempo, con el objeto de establecer modelos físicos del planeta, que a su vez confrontados y complementados con el conocimiento geológico, proporcionan el mejor acercamiento posible a la realidad, en lo composicional, lo geométrico y lo dinámico.

El hombre tiene la curiosidad, la necesidad y el deber de entender y desentrañar el mundo. Cuando la Tierra o parte de ella, se mueven, es necesario saber por qué y cómo, para satisfacer la curiosidad, enriquecer el conocimiento científico global y estar preparados para sucesos futuros; la geofísica es la clave principal para encontrar esas respuestas. Cuando la lluvia y los ríos no bastan para proporcionar agua potable a los hombres; cuando la sola madera no provee energía conveniente, ni suficiente, hay que buscarla en el subsuelo, y para encontrar el agua y los hidrocarburos es necesario observar, analizar, tomar datos, hacer modelos y comprobarlos; en estos procesos científicos interviene la geofísica.

A veces se habla de una geofísica teórica y de una geofísica aplicada; consideramos sin embargo, que la geofísica es ya de por sí una física aplicada a ese gran laboratorio que es la Tierra, y que la distinción corresponde esencialmente a un problema de escala, en el espacio y/o el tiempo. Cuando analizamos las variaciones del campo magnético terrestre en los últimos 50 años en Colombia, o cuando con métodos integrados tratamos de definir si el piedemonte llanero coincide con un borde de placa tectónica, se está ante estudios que, aparentemente, no tienen aplicación como la tiene uno de reflexión sísmica para definir una estructura favorable para la acumulación de hidrocarburos. Pero cambiando la escala temporal, se puede entender la gran necesidad de ese primer tipo de estudios que denominaremos Geofísica Básica, a diferencia de los otros que, simplemente por facilidad de comunicación, seguiremos llamando Geofísica Aplicada.

1.4.1 Historia de la Geofísica en Colombia y su importancia en el contexto nacional

Trabajos geofísicos en Colombia, ciertamente ya se habían realizado desde el siglo pasado, pues las medidas de campo magnético y declinación reportadas por Humboldt en 1801 (Garavito, 1989) son observaciones geofísicas, al igual que la gran cantidad de medidas barométricas y termométricas, realizadas en esa época por el Sabio Francisco José de Caldas (Universidad Nacional, 1966), se consideran como aporte al conocimiento físico del planeta. Descripciones geográficas y datos geodésicos abundantes del territorio nacional se deben a la Comisión Corográfica que se llevó a cabo entre 1850 y 1859 (Soriano, 1968). Pero aparte de estos trabajos identificables dentro de las ciencias naturales, solamente a partir de la segunda década del presente siglo surge la geofísica en Colombia de una manera sistemática y continuada, con los trabajos de exploración de petróleo, a cargo de compañías extranjeras, como la Tropical Oil Co., dueña de la Concesión de Mares desde 1919, y la cual había sido otorgada por el gobierno del General Rafael Reyes, en 1905.

El 16 de Agosto de 1935 se funda el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, primera entidad oficial que haría geofísica básica.

La década del 40 es importante para la geofísica del país, por cuanto en 1940 inicia labores el Servicio Geológico Nacional, el cual, dentro de sus funciones debería realizar trabajos de prospección geológica y geofísica, y en 1941 se funda el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, como resultado de un esfuerzo de varios años realizado en primera instancia por el S. J. Simón Sarrazola y continuado luego por el Padre Jesús Emilio Ramírez (Ramírez, 1977). Con la reversión de la Concesión de Mares en 1951, se inicia el desarrollo de la Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPETROL, encargada tanto del aspecto comercial de los hidrocarburos nacionales, como de la vigilancia de trabajos exploratorios (ECOPETROL, 1988). Como ya se dijo, en 1956 se crea en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, la carrera de Geología y Geofísica, pero es evidente que el énfasis fue esencialmente geológico; por eso, solamente las promociones de 1959 a 1963, obtuvieron el título de Geólogos y Geofísicos, y a partir de entonces la formación de profesionales sólo se dió en el área de la Geología.

La geofísica, a nivel nacional, se enseña como asignatura en las carreras de Geología, Ingeniería Geológica, Ingeniería Geográfica e Ingeniería Catastral y Geodesia.

Hasta 1985, quienes laboraban como geofísicos o hacían investigación en Geofísica, o eran profesionales, generalmente en Ingeniería o Geología con cursos de capacitación en algunas áreas específicas, o habían realizado estudios de posgrado en el exterior. En 1985, en la Univer-

sidad Nacional, sede Bogotá, se inicia un posgrado en geofísica, conducente al título de "Magister Scientiae", con la colaboración y soporte de un programa internacional para el desarrollo de la capacidad de investigación (ICFES-BID).

II. FORMACION TECNICA Y PROFESIONAL

En el área de las Ciencias de la Tierra, a nivel nacional la capacitación se ofrece en las modalidades de técnica y tecnológica, universitaria y avanzada, definidas según el Manual de Información Profesional (ICFES, 1988). Se trata de programas diversos que además de las Geociencias incluyen otros que tienen relación directa con ellas, y que les sirven, o les pueden servir, de soporte en las fases de investigación o de aplicación práctica, y que por lo tanto merecen ser considerados o tenidos en cuenta en los planes de desarrollo futuro.

2.1 Formación Técnica y Tecnológica

De "Programas de Educación Superior 1988-1989" (publicación ICFES) extraemos aquellos que tienen que ver con las Geociencias, al igual que lo haremos con las otras modalidades, indicando por orden alfabético el tipo de programa, la institución que lo ofrece y la ubicación geográfica.

Geotecnología:

- Universidad del Cauca. Popayán.

Técnica Profesional en Minería:

- Instituto Nacional de Educación Técnica Profesional de San Juan del Cesar. San Juan del Cesar (Guajira).

Tecnología en Minería:

- Fundación Tecnológica del Area Andina. Bogotá.
- Politécnico Colombiano "Jaime Isaza Cadavid" (Educación a Distancia). Medellín.
- Universidad Francisco José de Paula Santander. Cúcuta.

Tecnología en Minas:

- Fundación Universitaria de Popayán. Popayán.

Tecnología Minera:

- Universidad Tecnológica del Chocó "Diego Luis Córdoba". Quibdó.

Tecnología en Recursos Hídricos:

- Fundación Universidad Central (Educación a Distancia). Bogotá.

Todos estos programas académicos se ofrecen para bachilleres; su número, ocho en total, no parece ser abundante a nivel nacional, sin que exista uno específico para el área de hidrocarburos, que como se sabe es en la actualidad uno de los pilares económicos del país. En los programas citados, la geología y la geofísica hacen parte del plan de estudios, ya sea como asignaturas independientes o como una de nociones básicas e integradas, del tema de la Tierra y sus propiedades.

2.2 Formación Universitaria

Geología:

- Universidad de Caldas. Manizales.
- Universidad Escuela de Administración y Finanzas y Tecnologías - EAFIT. Medellín.
- Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga
- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá y Medellín.

Geografía:

- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Ingeniería Catastral y Geodesia:

- Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Bogotá.

Ingeniería de Geología:

- Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Ingeniería de Minas:

- Fundación Universitaria de Popayán. Popayán.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso.

Ingeniería de Minas y Metalurgia:

- Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Ingeniería de Petróleos:

- Fundación Universidad de América. Bogotá
- Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga
- Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Universidad Surcolombiana. Neiva.

Ingeniería Geográfica:

- Fundación Universitaria de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano". Bogotá.

Ingeniería Geológica:

- Escuela de Ingeniería de Antioquia. Medellín
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Sogamoso.

Oceanografía Física:

- Escuela Naval de Cadetes "Almirante José Prudencio Padilla". Cartagena.

De los dieciocho programas profesionales universitarios que hemos considerado relacionados con las Ciencias de la Tierra, en todos se ofrece la geología como asignatura en diversos grados de profundización y en trece de ellos sucede lo mismo con la geofísica.

De estos programas consideraremos con más detalle y análisis, los de Geología (5), Ingeniería de Geología (1) e Ingeniería Geológica (2), que tienen que ver de una manera más directa con el propósito del presente trabajo. En siete de estos ocho programas el plan de estudios tiene una duración de cinco años, con excepción de EAFIT (11 semestres).

La Tabla 1, adaptada de las publicaciones del ICFES, ya referenciadas, resume algunos datos acerca de aspirantes, estudiantes admitidos y costos de matrícula por semestre, para 1985-1986. La Tabla 2, elaborada igualmente con datos del ICFES, sintetiza las instituciones y dependencias internas, el carácter, la ubicación geográfica y estado legal de las instituciones que ofrecen los programas antedichos.

A partir del sondeo realizado en las universidades, se ha detectado una gran variación en los recursos físicos, instrumentales y humanos. En término medio, el número de profesores de tiempo completo, por programa, no supera los 15 en la mayoría de los casos, y menos del 50% poseen títulos de formación avanzada.

Las carreras de Geología de la Universidad Nacional (en sus sedes de Medellín y Bogotá), UIS (Bucaramanga) y de Caldas (Manizales) tienen currículos más o menos semejantes -en general recargados de asignaturas- que tienden a la producción de geólogos con amplias bases teóricas, que les faciliten una rápida adaptación profesional en las disciplinas aplicadas y optar a empleos en ramas bien diversas de las Geociencias, lo cual, hasta ahora, les ha permitido una gran movilidad. En todas estas escuelas el plan de estudios contempla una tesis, trabajo final, que por lo común se desarrolla en un lapso de seis a doce meses, con labores de campo y un alto costo económico, que exige la consecución de apoyo por parte de entidades externas a la universidad. Dicho trabajo final, con las dimensiones y extensión anotadas -que en casos particulares puede llegar a alcanzar el nivel, no reconocido oficialmente, de tesis de magister- tiende a suplir la carencia de oportunidades para estudios superiores en geología, en el país.

Ante las dificultades que en ocasiones plantea la financiación de los trabajos finales, en los últimos años ha surgido una alternativa que consiste en adelantar una práctica o pasantía de un semestre en una empresa, lo cual, seguramente, constituye un requisito válido para el grado, y que quizás llene mejor las expectativas de aquellos

INSTITUCION		PRIMERO Y SEGUNDO PERIODO ACADEMICO				PRIMER PERIODO ACADEMICO			
		CUPO	SOLICI- TUDES	MATRI- CULADOS	EGRE- SADOS	CUPO	SOLICI- TUDES	MATRI- CULADOS	VALOR SEM. MATRICULA \$
1	ESCUELA DE ING. DE ANTIOQUIA, DPTO DE ING. GEOLOGICA MEDELLIN	80	75	35	---	80	41	27	68.133
2	UNIVERSIDAD DE CALDAS, FAC. DE GEOL. Y MINAS MANIZALES	100	342	106	---	50	336	55	ENTRE 0.18 Y 7.5 DEL SALARIO MINIMO
3	UNIVERSIDAD ESCUELA DE ADMN. FINANZAS Y TECNOLOGIAS, EAFIT MEDELLIN	40	54	52	---	40	46	29	96.000
4	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, DEPTO. DE GEOLOGIA BUCARAMANGA	80	180	49	---	---	---	---	ENTRE 0.7 Y 7.0 DEL SALARIO MINIMO
5	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COL. FAC. CIENCIAS DEPTO. DE GEOCIENCIAS BOGOTA	15	244	54	31	30	349	21	ENTRE 250 Y 30.000
6	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COL. FACULTAD DE MINAS MEDELLIN	40	533	37	---	20	187	18	ENTRE 250 Y 30.000
7	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COL. FAC DE CIENCIAS, DEPTO. DE CIENCIAS DE LATIERRA MEDELLIN	40	344	45	---	25	120	34	ENTRE 250 Y 30.000
8	UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COL. UPTC SOGAMOSO	40	88	40	---	47	105	47	MINIMA: 1000 MAX. 13.000
		435	1860	418	31	292	1184	231	

Tabla 1. Datos sobre cupos, aspirantes, admitidos y costos en las distintas carreras de Geología e Ingeniería Geológica o de Geología en 1985 y 1986 (Fuente: ICFES, 1988a).

alumnos interesados en un efectivo entrenamiento práctico.

En la Universidad EAFIT y en la Escuela de Ingeniería de Antioquia los planes de estudio contemplan la preparación de los alumnos en áreas como la presentación, la administración y la economía de proyectos, lo cual constituye una opción oportuna y conveniente que ensancha los horizontes profesionales de los egresados y que debería ser tenida en cuenta (imitada) por las demás escuelas de geología e ingeniería geológica del país, ya que, en nuestro concepto, la falta de formación en esas materias ha sido - y continúa siendo - un factor limitante para la proyección de dichos profesionales hacia posiciones directivas en empresas y entidades privadas y oficiales. En este punto vale la pena recordar que lo anterior no constituye una idea muy novedosa, puesto que la conveniencia de preparar a los geólogos en las ramas de la economía y la administración había sido propuesta, tiempo atrás, por Bueno *et al.* (1968), en un documento presentado a la UNESCO.

No obstante a pesar de las deficiencias anotadas y de los cambios sugeridos para mejorar las posibilidades profesionales, la experiencia ha demostrado que, hasta ahora, la preparación de los geólogos colombianos ha sido suficiente para que opten con éxito a cargos en las empresas multinacionales que operan en el país y también, en contados casos, para desempeñar puestos en el exterior. Es así que a partir de la década del 60 se ha dado una paulatina sustitución del personal extranjero que laboraba en dichas empresas, por profesionales colombianos. Sin embargo, el progreso acelerado de la ciencia y las técnicas aplicadas a la prospección de minerales útiles y de combustibles fósiles obligan a una pronta y periódica revisión y adecuación de los planes de estudio.

Por otra parte, es de anotar que en los últimos años se ha incrementado, a nivel nacional la demanda de bachilleres por la carrera de geología. Así, entre 1987-88, de 24 posibilidades, fue la cuarta opción para los bachilleres que se decidieron por las matemáticas y ciencias naturales, cubriendo un porcentaje del 0.21% del total de aspirantes, en tanto que en medicina se alcanzaba un 8.40%. En Bogotá, en los últimos 5 años la relación de solicitantes/admitidos ha sido mayor de 10 a 1. Ligeramente menor en la seccional de Medellín e iguales en la UIS y la Universidad de Caldas. En el último año, en estas 4 instituciones el número de admitidos por semestre no supera los 30 en cada una.

En cuanto a la geofísica, como es sabido no existe a nivel de carrera universitaria en el país, sino que ha sido parte importante de los planes de estudio de las carreras de geología, por lo cual un buen número de geólogos ha hecho tránsito hacia diversas ramas de la geofísica aplicada, en particular de la sísmica, la gravimetría, la magnetometría y los métodos geoelectrónicos, de uso corriente en la industria del petróleo, en la prospección de aguas subterráneas, y en

proyectos de minería y geología para ingeniería. En otros casos, mediante estudios de posgrado en el exterior, profesionales de áreas de la ingeniería y la física han entrado en el campo de la geofísica práctica y docente. Doce instituciones de educación superior en el país enseñan entre una y cinco cátedras relacionadas con la geofísica. Estos centros de educación se encuentran ubicados 1 en Bucaramanga, 1 en Sogamoso, 1 en Cali, 2 en Manizales, 3 en Medellín y 4 en Bogotá. En la mayoría de los casos los programas sirven como una simple información y motivación, excepto quizás en la Universidad Nacional, sede Bogotá, en donde constituye una línea de profundización en la carrera de Geología y una opción terminal en la de Física.

A pesar de que gran parte de la tendencia internacional ha sido la de establecer los programas docentes a nivel de posgrado en geofísica, subsisten instituciones serias con buenos programas a nivel profesional, como en el caso de la Universidad Autónoma de México. Los autores estiman que la creación de la carreras de geofísica podría ser conveniente, en un futuro próximo, cuando se cuente con mayor cantidad de líderes investigativos en estas áreas.

En la actualidad por lo menos diez personas de las que laboran en geofísica, en el territorio nacional, poseen como último grado académico, el profesional en alguna área de la Geofísica, obtenidos principalmente en la Unión Soviética, México y Alemania.

2.3 Formación Avanzada

Especialización en Geotecnia:

- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Especialización en Fotogeología y Sensores Remotos, CIAF (ahora parte de IGAC). Bogotá.

Maestría en Geotecnia:

- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Maestría en Geofísica:

- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá

Maestría en Ingeniería Estructural y Geotecnia:

- Universidad de Los Andes. Bogotá.

Maestría en Ingeniería Sísmica:

- Universidad de Los Andes. Bogotá.

La especialización y la maestría en geotecnia que se ofrecen en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, son planes coordinados académica y administrativamente por el Departamento de Ingeniería Civil y tradicionalmente han sido los ingenieros, en un elevado porcentaje, quienes han aprovechado estos posgrados.

En el área específica de la geología no funciona, actual-

	INSTITUCION	CARAC TER -	CARRERA	CIUDAD	FECHA IMIC. DE LABORES	APROBACION	VENCIMIENTO
1	ESCUELA DE ING. DE ANTIOQUIA, DEPARTAMENTO DE ING. GEOLOGICA	NO OFICIAL	ING. GEOLOGICA	MEDELLIN	1982	Renov. de aprob. Res. I. 2122, 31/08/88	31/12/93
2	UNIVERSIDAD DE CALDAS, FACULTAD DE GEOL. Y MINAS	OFICIAL	GEOLOGIA	MANIZALES	1982	Prorroga Lic. Func. Res. 2274 02/12/86	31/12/89
3	UNIVERSIDAD ESCUELA DE ADMON. FINANZAS Y TECNOLOGIAS. EAFIT	NO OFICIAL	GEOLOGIA	MEDELLIN	1983	## Res. I. 1079 12/05/83	31/12/90
4	UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, DEPTO. DE GEOLOGIA U.I.S	OFICIAL	GEOLOGIA	BUCARAMANGA	1982	## Res. I. 2335 20/09/88	31/12/93
5	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COL. (BOGOTA), FAC. CIENCIAS DEPTO. DE GEOCIENCIAS	OFICIAL	GEOLOGIA	BOGOTA	1956	## Res. Men. 104069 15/10/73	----
6	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COL. FACULTAD DE MINAS	OFICIAL	INGENIERIA DE GEOLOGIA	MEDELLIN	1941	* Ac. de C.S.U. Nº 02/81 Res. Men. 10469 15/10/73	----
7	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COL. FACULTAD DE CIENCIAS, DEPTO. DE CIENCIAS DE LA TIERRA	OFICIAL	GEOLOGIA	MEDELLIN	1981?	----	----
8	UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA UPTC	OFICIAL	ING. GEOLOGICA	SOGAMOSO	1980	## RES. I. 1319 02/06/88	31/12/93

* C.S.U.: Consejo Superior Universitario

Res I. Resolución ICFES

Res. Men. Resolución Ministerio de Educación Nacional

Tabla 2. Entidades con planes de estudio en Geología e Ingeniería Geológica a nivel profesional en Colombia (Fuente: ICFES, 1988b).

mente, un posgrado. Por esta razón solamente un bajo número de profesionales han culminado estudios superiores a nivel de magister y doctorado mediante títulos obtenidos fuera del país sobre todo en Estados Unidos, Alemania, Francia, Suiza y la Unión Soviética como lo señala con datos aún vigentes Ujueta (1979). Se trata de una situación que, por las dificultades que implica la consecución de las becas correspondientes, el aprendizaje de un idioma extranjero y el traslado por varios años de los interesados, ha mantenido bajo el número de participantes. Incidencia negativa tuvo también el así llamado "boom" de la geología, entre 1973 y 1984, cuando -como ya se comentó- por la llegada al país de numerosas empresas mineras y petroleras, así como por el gran impulso que se dió a los grandes proyectos hidroeléctricos e ingenieriles, los geólogos se profesionalizaron prematuramente (en algunos casos aún sin haber obtenido su título básico) y, ante la excelente remuneración ofrecida en esa época, dejaron de lado toda intención de ir al exterior a continuar su formación, en condiciones económicas poco atractivas y, tal vez, con un futuro incierto a su regreso al país, varios años después.

Actualmente, cuando la industria y las instituciones oficiales demandan profesionales con formación más avanzada que el solo título profesional, los programas de posgrado en Geociencias a nivel de magister y doctorado son más factibles; por ello, a pesar de que los primeros intentos no han logrado cristalizar, consideramos que con el apoyo decidido de las diferentes directivas universitarias y de organismos como BID-ICFES, ECOPETROL-ICP, INGEOMINAS, CARBOCOL y algunas universidades extranjeras, sería posible establecer, en un corto plazo, tales posgrados.

Lo anterior parece justificado ya que la inexistencia de planes de posgrado en el área de Geociencias significa una gran desventaja para el país, y un alto costo económico y social, debido a la falta de formación de interlocutores válidos ante expertos extranjeros y la dependencia para la solución apropiada de problemas de minería, la prospección y extracción de hidrocarburos, la ingeniería geológica, y la geología ambiental (problemas de riesgo geológico), entre otros.

Sin embargo, antes de que se tomen decisiones sobre la creación de los posgrados en cuestión, sería preciso establecer, en cada caso, las posibilidades de éxito avaladas por la suficiencia en recursos humanos, capacidad investigativa demostrada, infraestructura física, documentaria e instrumental, así como por la garantía de que los compromisos generados por el posgrado no vayan en detrimento del pregrado. Asimismo, sería conveniente que las propuestas fueran acompañadas por análisis de prefactibilidad que permitan identificar la orientación y el grado de especialización requerida por las distintas empresas e instituciones privadas y gubernamentales, así como el

número de cargos disponibles actualmente, a corto, mediano y largo plazo, para poder definir así en qué tiempo y cuántos especialistas, magisteres y doctores, sería necesario preparar, en orden a suplir las necesidades del país; empero, se trata de una tarea que, aunque importante y urgente, supera los alcances de este trabajo. De no contar con los estudios antedichos, sería muy difícil evitar la improvisación y, por qué nó, la proliferación de posgrados en Geociencias sin la suficiente seriedad y rigor formativo que los hagan aceptables a nivel nacional y/o internacional.

Lo mencionado no significa, en manera alguna, que los posgrados en el exterior hayan perdido vigencia o que no sean deseables. Por el contrario, se debería impulsar el aprovechamiento de las oportunidades que en ese sentido ofrecen continuamente diversos estados extranjeros ya que por ese método se logra una efectiva transferencia y apropiación de los descubrimientos y las tecnologías más recientes, que de otra manera tardan años en llegar al país y más tiempo aún para conocerlas a fondo y dominarlas. Por lo tanto, y mientras no existan las suficientes oportunidades en el país, sería conveniente cubrir el mayor número posible de becas ofrecidas en el exterior, mediante la difusión rápida de la información al respecto, la agilización de los trámites y la eliminación del requisito de que los recién egresados tengan ya una vinculación estable con entidades universitarias o institutos oficiales.

De todos modos, es conveniente mantener en mente que el objetivo principal del posgrado, a cualquier nivel y en cualquier lugar, es la capacitación y formación de la persona para resolver problemas prácticos y teóricos, y abordar nuevos retos investigativos, antes que atiborrarla de información enciclopédica, susceptible de un paulatino olvido y de una inexorable obsolescencia. Se trata simplemente de aprender a trabajar metódicamente, a un nivel superior, una cualidad que a nuestro juicio, si se practica no se pierde, sino que mejora día a día.

Por otra parte, es conveniente tener en cuenta que el carácter interdisciplinario de las Geociencias hace obligatorio que los programas de posgrado tengan que conjugar en distinta proporción las fases informativas, formativas y de investigación. Una educación profesional adecuada, con planes de estudio actualizados, ágiles y modernos, acordes con las necesidades del país y con el personal docente suficientemente preparado, permitiría disminuir bastante los esfuerzos de las primeras dos etapas, en favor de una mejor preparación investigativa. Es claro también que la meta antedicha tiene más posibilidad de éxito si los aspirantes al posgrado siguen una línea directa con el pregrado, que si provienen de carreras poco o nada afines.

Como ya se indicó, en el momento, en Colombia sólo existe un programa de posgrado, con nivel de M.S. en geofísica, que fue aprobado en la Universidad Nacional, sede Bogotá en 1984, y que inició actividades en 1985 con

8 estudiantes, de 26 que se presentaron a la admisión. Un año más tarde, se recibieron otros siete, de 20 interesados. De estos 15 estudiantes de posgrado en Geofísica, se retiraron 2 antes de terminar asignaturas y seis se graduaron. De los 13 estudiantes que terminaron materias, 10 de ellos laboran con éxito en actividades propias de la geofísica, tanto en instituciones oficiales como privadas (INGEOMINAS, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, HOCOL-SHELL, ICP, Universidades Distrital y Pedagógica). Desde 1987, se hizo un alto en la admisión de estudiantes.

De otra parte, en 1988, el Instituto Colombiano del Petróleo, luego de una intensa campaña de promoción y selección, inició un programa de estudios de posgrado a nivel de especialización en Geofísica con 22 profesionales con título básico en Ingeniería Civil, Geología, Física y Matemáticas. El programa estuvo coordinado académicamente por la Escuela de Minas de Colorado ("Colorado School of Mines"), y en él participaron también profesores nacionales, como "homólogos" de los de Colorado. Después de un semestre de actividades el grupo se dividió en 2, procesadores e intérpretes. Con la modalidad de cursos cortos, dictados casi en su totalidad por profesores de Colorado, se cubrieron en el término de 1 año alrededor de unas 50 asignaturas, relacionadas todas con adquisición, proceso e interpretación de datos geofísicos. Este grupo terminó en junio de 1989, otorgándosele a los participantes un certificado de terminación de estudios.

Cursos cortos y ocasionales a nivel de posgrado, sobre tópicos de geofísica se han ofrecido además en Medellín: EAFIT; Cali: UNIVALLE; Manizales: CHEC, Univ. de Caldas y Facultad de Ingeniería de la Univ. Nal.; Bogotá: Univ. de los Andes, Centro Internacional de Física. Los tópicos han sido variados: Paleomagnetismo, Métodos Gravitacionales, Tectónica, Sismología, etc.

En general los recursos humanos disponibles para estos posgrados, eran mínimos hace siete años (1985): 4 geofísicos en la Universidad Nacional en Bogotá, 2 en la Universidad del Valle y convenios con instituciones internacionales. Hoy en día han aumentado considerablemente los recursos instrumentales y los bibliográficos. Sin embargo, a nivel nacional subsiste un déficit de recursos humanos para docencia e investigación.

Recientemente se ha trabajado en propuestas y planes para la creación de posgrados en geofísica en: la Universidad del Valle; la Universidad Nacional, sede Manizales; la Universidad Industrial de Santander. Sin embargo, todas esas iniciativas han fallado al parecer ante todo por la carencia de adecuada infraestructura en recursos humanos y materiales.

Sería conveniente que en los próximos años se implementaran posgrados en geofísica con líneas en sismo-volcanología, exploración de hidrocarburos y aplicación a

la minería. En el caso de la sismo-volcanología se adelantan gestiones para lograr la colaboración de los gobiernos de Japón, Canadá y U.S.A., principalmente. En la exploración de hidrocarburos, son las compañías petroleras y las de servicios geofísicos las encargadas de los programas, iniciando con ECOPETROL; y en el caso de la exploración minera, instituciones como MINERALCO S. A., el Ministerio de Minas y Energía y COLCIENCIAS serían las llamadas a propiciar proyectos aplicados a la pequeña y mediana minería.

Es de mencionar también la importancia que ha tenido para las Geociencias colombianas la preparación a nivel de posgrado que -a través de cursos cortos de 1 a 6 meses, pero sistemáticos- ha venido ofreciendo desde 1969 el CIAF, Centro Interamericano de Fotointerpretación y Sensores Remotos, adscrito desde 1987 al Instituto Agustín Codazzi y ahora llamado Centro de Investigaciones en Percepción Remota y Sistemas de Información Georeferenciada, CIPRES. En este centro, mediante cooperación con el gobierno holandés, se han ofrecido, entre otros, cursos en geomorfología y sensores remotos en los cuales participan, no solamente profesionales nacionales, sino también de otros países latinoamericanos; papel similar cumplen los "Cursos Internacionales sobre Aprovechamiento de Aguas Subterráneas" que anualmente ofrece la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, sede Bogotá.

El éxito alcanzado por el CIAF en la especialización en sensores remotos y fotointerpretación, y la experiencia adquirida en 25 años de labores lo hacen aparecer como una institución apropiada para cursos de mayor profundidad, quizás a nivel de magister.

Más específicamente, hasta 1989 y en el área de "Geología y Geomorfología" el CIAF ha capacitado a 214 profesionales discriminados así: 28 argentinos, 18 bolivianos, 33 brasileños, 53 colombianos, 3 costarricenses, 2 chilenos, 1 dominicano, 21 ecuatorianos, 1 salvadoreño, 1 guatemalteco, 2 haitianos, 1 hondureño, 20 mexicanos, 1 nicaragüense, 1 paraguayo, 14 peruanos, 9 venezolanos, y 5 de otras nacionalidades. El número total de alumnos, incluyendo a las demás especialidades (Levantamientos Edafológicos, Ingeniería Forestal y Ecología, Ingeniería Civil, y Levantamientos Rurales) es, hasta la fecha, de 837. Asimismo, desde sus comienzos y luego de su integración al Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el CIAF mantuvo la edición de la Revista CIAF, que contiene numerosos y valiosos artículos sobre las Geociencias nacionales.

III. INVESTIGACION

Antes de entrar a hablar de la investigación en el área de las Geociencias en Colombia, nos parece conveniente

recordar que la investigación científica es el conjunto de actividades humanas que tiende a la generación de nuevos conocimientos a través del planteamiento y la solución de problemas específicos, de la descripción detallada de los resultados obtenidos y de las metodologías empleadas para resolverlos, así como la proposición de hipótesis o teorías que expliquen -así sea de momento- el por qué de los procesos o fenómenos estudiados.

El objetivo principal de la ciencia es, entonces, la producción y difusión de conceptos generalizantes y de amplia aceptación en la comunidad investigadora. Se trata, por lo general, de postulados cuya aceptación depende, en primer lugar del éxito o fracaso en la reproducción de los resultados (independientemente de quien sea el investigador), y en segundo término, de si el momento histórico y el grado de avance general de la ciencia son propicios para la adopción de posturas comprensivas hacia los nuevos conocimientos. Lo último tiene relación, entre otros, con: a) el sano y natural escepticismo que hace parte de la labor científica (tanto hacia el saber existente, como hacia los posibles nuevos descubrimientos); b) la resistencia individual, grupista o comunitaria hacia los cambios que impliquen el abandono de "teorías", creencias y doctrinas, actitudes y costumbres practicados en el transcurso de generaciones, décadas o años. De todos modos, una vez obtenido un postulado nuevo, su legitimación social y científica sólo tendrá validez al ser sometido a cuestionamiento o crítica, a través de su amplia divulgación a nivel nacional e internacional, lo cual se logra principalmente por medio de la publicación en revistas de reconocida aceptación y/o en su presentación en congresos, seminarios, etc.

De otra parte, la experiencia acumulada en el período histórico de la humanidad demuestra que el conocimiento científico alcanzado en un momento dado no es último y definitivo, y que se trata por lo tanto de patrimonios o inventarios de verdades relativas, en ocasiones de validez sólo temporal, y por lo tanto sujetas siempre al cambio y al perfeccionamiento.

Aunque el fin último de las ciencias fácticas y formales es la formulación de leyes de validez universal, independientes de la época y del estado del conocimiento en el momento de su descubrimiento, por lo común los resultados de la investigación se manifiestan como "hechos científicos", o sea, ideas o hipótesis sustentadas, con un aceptable grado de credibilidad y/o probabilidad, pero aún no con la categoría de principios, teorías o leyes. Así, un hecho científico se define como "una proposición cuestionable, ampliamente difundida, y que ya nadie cuestiona" (Callon, 1989, en Misión de Ciencia y Tecnología 1989). En el área de las Geociencias, casos ilustrativos de hechos científicos serían, por ejemplo:

a) La hipótesis de la deriva continental propuesta en diferentes momentos por Leonardo da Vinci, Sir Francis

Bacon y Alfred Wegener, la cual parte de la observación de que algunos continentes presentan márgenes encajantes -en especial los de África y Suramérica- que sugieren la existencia previa de un supercontinente, o "pangea", que se desintegró entre finales del Paleozoico y buena parte del Mesozoico, por medio de un mecanismo que dichos autores no supieron explicar bien, pero que implica un movimiento ante todo horizontal (o de deriva) de grandes masas litosféricas.

b) La hipótesis del crecimiento de los fondos oceánicos y la tectónica de placas, que apoya la idea de la deriva continental mediante la suposición de la existencia de celdas de convección en el manto superior de la Tierra, que actuarían como bandas transportadoras de los bloques litosféricos (o placas), a partir de las llamadas zonas de divergencia ("rifts" y dorsales oceánicas activas), donde, además, se produciría constantemente nueva corteza oceánica; por el contrario, las zonas de convergencia de los bloques en movimiento serían escenario de dramáticas deformaciones -que incluyen transformación, mezcla y destrucción de materia cortical vieja- ocasionadas por un mecanismo de "subducción", o sea el descenso de corteza densa (oceánica o simática) por debajo de corteza liviana (continental o siática). El desarrollo teórico de esta hipótesis se debe sobre todo al descubrimiento de franjas de magnetismo normal e inverso por parte de Vine y Matthews, dos investigadores ingleses, y a los trabajos posteriores de John Tuzo Wilson, Xavier Le Pichon y muchos más.

c) La "Teoría Anticlinal" propuesta en 1861 por T. S. Hunt y E. D. Andrews y perfeccionada en 1865 por I. C. White (véase North 1985), que postulaba que los hidrocarburos, por su baja densidad, se acumulan en el subsuelo sólo en estructuras cóncavas (o anticlinales); este concepto se mantuvo durante muchos años como una "verdad absoluta". Sin embargo, ahora sabemos que dicha teoría es una verdad relativa, pues el petróleo y el gas pueden encontrarse en otro tipo de estructuras (e.g. trampas estratigráficas, trampas de porosidad, trampas combinadas), lo cual ha permitido ampliar grandemente las áreas de exploración y el hallazgo de gigantescos yacimientos en regiones continentales y marinas, que de acuerdo con la teoría anticlinal tenían poca probabilidad de almacenar grandes cantidades de hidrocarburos.

Aunque existen diversos métodos y medios para producir "hechos científicos" estos son más comunes o propios de los llamados "Laboratorios de Investigación" (también conocidos como Centros, Institutos, Escuelas), que son entidades complejas, por lo general multidisciplinarias, y que responden, aproximadamente, al esquema básico mostrado en la Fig. 3.

Así, pues, el examen del esquema anterior nos muestra que para el correcto funcionamiento de los centros o laboratorios de investigación es necesario conjugar

adecuadamente los elementos que los integran (indicados en el diagrama). Como consecuencia, en ciertos casos, es la falta, por ejemplo, de investigadores calificados, es decir de líderes científicos, lo que puede incidir negativamente en el nivel de los laboratorios de investigación, más que la simple carencia de equipos o medios financieros.

Entonces, de acuerdo con los planteamientos arriba expuestos, los laboratorios de investigación son instituciones estatales, privadas o mixtas, en las cuales la actividad se dirige primordialmente hacia la búsqueda de nuevos conocimientos y, en lo posible, hacia su aprovechamiento para el desarrollo de nuevas tecnologías. Se trata, pues, de universidades, escuelas, institutos y centros formativos, o de entidades estatales, privadas o mixtas con o sin carácter educacional.

Por sus objetivos la investigación científica se diferencia del simple ejercicio profesional, ya que éste consiste sobre todo en la aplicación de los principios y el saber de las disciplinas en la adquisición de información necesaria para adelantar tareas rutinarias o resolver problemas puntuales, lo cual muchas veces se traduce en una actividad mecánica y repetitiva. Los resultados correspondientes tienen, por lo general, una difusión restringida al grupo de personas o entidades que se ocupan del problema en cuestión.

Entonces, el ejercicio profesional es un conjunto de actividades prácticas, de vital importancia para el desarrollo social y el bienestar económico, pero que por la motivación y los objetivos no constituyen verdaderas labores de investigación científica.

3.1. Justificación de la Investigación geológico-geofísica en Colombia

Como se dijo al comienzo (capítulo I), desde el punto de vista de su desarrollo como ciencias individuales y como medio para la formación de profesionales, la Geología y la Geofísica constituyen ramas relativamente recientes del saber. No obstante, su importancia como instrumento eficaz para la producción de materias primas, combustibles y otros recursos energéticos, así como herramienta valiosa para el entendimiento, prevención y control de procesos que pueden afectar la seguridad de las comunidades, justifica la asignación de cuantiosos recursos para la investigación por parte de numerosos gobiernos, especialmente de países desarrollados como USA, Canadá, Francia, Alemania, y Japón. Según lo han entendido y comprobado los gobiernos de dichos países se trata de inversiones que generan conocimiento de aplicación y retorno rápidos.

En el caso colombiano es de todos conocido que el país necesita asegurar su autosuficiencia en hidrocarburos y más aún sostener un aceptable nivel de excedentes para la exportación; empero, por tratarse de recursos no renovables es indispensable mantener una permanente actividad

exploratoria que permita descubrir nuevos yacimientos; de lo contrario en un tiempo corto (5 a 10 años) podría repetirse la situación crítica vivida entre 1973 y 1985 cuando el país pasó de exportador a importador de crudos. De otra parte, la pequeña, mediana y gran minería constituyen una fuente importante de divisas, que se ha incrementado notablemente en los últimos cinco años mediante la exportación de carbón, oro, plata, platino, ferroníquel, y gemas diversas, entre otros. Tal actividad exige lógicamente la formación y renovación permanente de personal técnico y científico bien capacitado para la formulación y el desarrollo de proyectos de diversa escala. Por último, las Geociencias están llamadas a contribuir en el hallazgo y adecuada explotación de materiales útiles y minerales industriales (e.g. caliza, barita, azufre, hierro) y a solucionar problemas ambientales generados por la contaminación y los procesos naturales de carácter catastrófico.

Volviendo al tema de la importancia económica de la minería y los hidrocarburos, es de anotar que, según datos del Banco de la República (extractados de manifiestos de aduana), las exportaciones de dichos sectores pasaron de un 9% a comienzos de la década de los 80, hasta un 43% en 1989; gracias a ello, el país ha logrado disminuir la dependencia cafetera y afrontar con menos traumatismos la baja de los precios del grano por la ruptura del pacto cafetero a finales de 1983. Pero, aunque los progresos logrados en la exploración y explotación minera han sido sorprendentes en los últimos años, por motivos que no son del caso discutir aquí el país continúa importando minerales como cobre, azufre, mercurio, etc, conocidos desde hace mucho en el territorio nacional.

3.2 Líneas o áreas de Investigación en Geociencias

A nivel internacional la investigación en Geociencias se desarrolla en tres niveles:

a) Investigación Fundamental, que es la que se lleva a cabo más que todo para adquirir nuevos conocimientos sobre los fundamentos de los fenómenos y hechos observados, sin buscar una aplicación inmediata o utilización particular o específica (documento interno de Colciencias, 1989). Este tipo de investigación, que prácticamente no existe en el país, incluye el desarrollo de hipótesis y teorías geocientíficas, nuevas técnicas de trabajo, diseño de equipo y experimentos.

Debido a las exigencias de infraestructura y de personal muy altamente calificado, aún en los países más desarrollados, no todos los institutos de investigación y universidades están en capacidad de adelantar este tipo de investigación. Por lo común, las tecnologías desarrolladas a partir de estos conocimientos se adecúan a las condiciones y necesidades del medio ambiente, en el cual han sido generados

y, por lo tanto, su aplicación en latitudes diferentes puede exigir modificaciones cuidadosas e importantes.

b) Investigación Complementaria o Adaptativa, que es aquella que, basada en los resultados de la investigación fundamental, se realiza con el fin de adquirir información novedosa o adicional sobre un tema particular, sin que, por lo general, esta labor lleve a la profundización del saber básico proporcionado por la investigación fundamental, ni tenga por objeto, al parecer, una aplicación determinada inmediata, a corto o mediano plazo. Caben aquí aquellos estudios cuyo objetivo es obtener o complementar el conocimiento de una región dada, como por ejemplo la cartografía regional, inventarios mineros, caracterizaciones mineralógicas o petrográficas, procesos tectónicos, evolución geológica, modelamiento geofísico, etc. Este tipo de investigación sería la que realizan en el país aquellas instituciones que no tienen un interés económico inmediato, como por ejemplo, el INGEOMINAS, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, el IAN, y otros institutos especializados, así como también las diferentes universidades.

c) Investigación Aplicada, que es aquella que, aprovechando los conocimientos y resultados de la investigación fundamental y de la complementaria, se realiza para la resolución de problemas prácticos inmediatos. Se incluyen dentro de este tipo los estudios de prospección y evaluación minera, de hidrocarburos, de aguas subterráneas, de geotecnia, de geología ambiental, entre otros. Esta clase de trabajos los adelantan en el país instituciones creadas con fines específicos (e.g. ECOPETROL, ECOMINAS, CARBOCOL, ICEL), y que por limitaciones de personal y/o infraestructura pueden recurrir a la ayuda de empresas de asesoría o consultoría, labor esta que ocasionalmente puede involucrar también a las universidades y los institutos, que apetece estas asesorías como una fuente de ingresos para subsanar la recurrente insuficiencia de recursos, y como un medio de poner en práctica sus conocimientos teóricos.

Si se toma como referencia investigativa, en los proyectos financiados, total o parcialmente por COLCIENCIAS (en teoría, la principal institución estatal financiadora de investigación) en los últimos 20 años, parecieran no existir líneas de investigación en Geociencias. De 2661 propuestas apoyados por COLCIENCIAS, sólo 38 tienen que ver con geología, geofísica o sismología, incluyendo cofinanciación de talleres o seminarios internacionales (2), edición de revistas (3), trabajos realizados por personal extranjero de paso (3), además de trabajos en áreas afines como ingeniería, biología marina, arqueología, hidráulica (6), compilaciones bibliográficas (2), desarrollo y estado de la profesión (3), trabajos de tesis profesional (1) e implementación de equipos (1). Es decir que menos de 20 proyectos

investigativos en nuestra área de interés han sido cofinanciados en casi 20 años. Específicamente sobre geofísica, como proyecto investigativo nacional, hasta octubre de 1989, COLCIENCIAS no había cofinanciado ningún proyecto investigativo.

Lo anterior podría inducir a negar o subvalorar la existencia de proyectos de investigación en Geociencias. Sin embargo, basados en las encuestas, en los datos de la Tabla 3, y en el conocimiento directo de los autores, se puede afirmar que en el país sí se realizan proyectos investigativos importantes y variados, que han conducido a la publicación de artículos, presentación de ponencias y discusiones críticas que, en la mayoría de los casos, permiten la definición de líneas de investigación.

En el área de la geología, consideramos que las principales líneas son, sin ningún orden prioritario, las siguientes

1.- Evaluación y Exploración de Cuencas con posibilidades de hidrocarburos.

En su desarrollo se han utilizado métodos variados e integrados que incluyen:

Cartografía geológica; geoquímica; palinología, petrografía y estratigrafía, geofísica aplicada, y otros. En esta línea desarrollan proyectos ECOPETROL-ICP, y alrededor de 50 compañías comprometidas en la exploración, extracción y comercialización de petróleo, gas y sus derivados.

2.-Geología aplicada a la Minería.

Desarrollan proyectos en este campo, INGEOMINAS, MINERALCO, CARBOCOL, CARBORIENTE y empresas privadas como INTEGRAL S.A., GEOMINAS, GEOTEC, Cementos Samper, Minera de Colombia Ltda., Geoexploraciones Mineras Ltda., y otras, con proyectos que a veces se realizan parcialmente en Universidades, como trabajos de grado.

3.-Mineralogía y Petrología.

Realizan gran cantidad de proyectos en estas áreas, entre otras las siguientes instituciones: Universidades Nacional (sedes Bogotá y Medellín), Industrial de Santander (UIS), Caldas, EAFIT, INGEOMINAS en sus diversas regionales.

4.- Estratigrafía y Macropaleontología.

Instituciones: Ingeominas, Universidad Nacional (Bogotá y Medellín), Universidad de Caldas.

5.-Tectónica.

Instituciones con proyectos realizados o en proceso: Universidad Nacional (Bogotá y Medellín), INGEOMINAS, Universidad Industrial de Santander, Universidad de Caldas.

6.-Oceanografía.

Proyectos de instituciones como el Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas -CIOH- de la Armada Nacional (Cartagena), el INGEOMINAS y la

Universidad Nacional (Bogotá).

7.- Procesos Volcánicos.

Instituciones: INGEOMINAS, Universidad de Caldas, Univ. Nacional (sedes Bogotá y Medellín), EAFIT.

8.- Dataciones Radiométricas.

Instituciones: INGEOMINAS, Universidad Nacional (Bogotá y Medellín).

Métodos: huellas de fisión, K/Ar, Rb/Sr y Carbono 14.

9.- Geotermia.

Instituciones: ICEL, Universidad Nacional (Bogotá), CHEC, INGEOMINAS.

10.- Micropaleontología.

Incluyendo proyectos sobre foraminíferos y palinología.

Instituciones: Universidad Nacional (Bogotá), Instituto de Ciencias Naturales, ICP, INGEOMINAS, ECO-PETROL.

11.- Geología Ambiental.

Instituciones: INGEOMINAS, EAFIT, Universidad Nacional, Universidad de Caldas, Universidad Industrial de Santander, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (CIAF).

12.- Cartografía Geológica Básica y Aplicada.

Instituciones: INGEOMINAS, Universidades en general, Empresas privadas como Geotec, INGETEC, Gómez-Cajiao.

13.- Hidrogeología.

Instituciones: INGEOMINAS, CVC, CAR, Universidad Nacional (Bogotá y Medellín), consultores particulares.

14.- Sensores Remotos aplicados a la Geología.

Métodos: fotografías aéreas convencionales y en color, imágenes de radar y de satélite (MSS/SPOT y Landsat). Instituciones: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (CIAF), INGEOMINAS, Consultores particulares y EAFIT.

En las últimas tres áreas se incluyen empresas de consultoría, por ser esas líneas en las que es más evidente su participación. Insistimos, sin embargo, con la opinión expresada en documentos inéditos de la Misión de Ciencia y Tecnología, en la necesidad de diferenciar la investigación de la consultoría, ya que esta última se limita a la solución en "períodos limitados de tiempo de problemas puntuales de carácter aplicado, que inevitablemente le resta generalidad y restringe el rango de fenómenos a aquellos susceptibles de concluir en recomendaciones de acción".

En la parte geofísica, la gran complejidad tectónica del país que se refleja en una intensa actividad sísmica y volcánica, ha impulsado a la orientación de esfuerzos tanto nacionales, como internacionales hacia una línea que denominamos "sismotectónica", dentro de la cual podemos incluir: trabajos de tesis de posgrado, relativos a esta área realizados en Bogotá (Univ. Nacional) o en el exterior (USA, URSS, Francia); trabajo de cooperación internacional en el

"Proyecto Nariño", o el realizado entre la Univ. del Valle y el gobierno suizo para el establecimiento del Observatorio Sismológico del Suroccidente OSSO; entre instituciones francesas e Ingeominas en el estudio del foco sísmico de Bucaramanga. Se destaca también dentro de esta línea la colaboración de entidades nacionales como Planeación Nacional y Corporaciones Regionales (Cauca, Nariño, Valle, Caldas) en estudios sobre riesgo sismovolcánico. Los Observatorios Volcanológicos de Colombia (Manizales) y de Pasto, bajo la coordinación y dirección de Ingeominas han propiciado y fortalecido la línea en mención.

Desde el punto de vista de los hidrocarburos, que se constituye en una segunda línea de profundización en "geofísica aplicada a la prospección", el trabajo investigativo ha sido poco y se reduce a la adaptación de nuevas tecnologías a las condiciones colombianas, lo cual se puede considerar como una "ciencia adaptativa". Así, en los últimos tres años ECOPETROL ha podido mejorar los resultados de la exploración geofísica, gracias a la adquisición de modernos equipos de cómputo y el entrenamiento de personal en Canadá, lo cual ha permitido el reprocesamiento de numerosas secciones sísmicas de áreas estudiadas y evaluadas con bastante anterioridad. Se espera que con el fortalecimiento del Instituto Colombiano del Petróleo, se refuerce el trabajo investigativo en esta línea. Igualmente el surgimiento de empresas nacionales de adquisición, proceso e interpretación de datos sísmicos, como es el caso de Sismocol o Inversísmica, tiene que reflejar en mejoramiento del conocimiento y solución científica de problemas exploratorios a nivel nacional.

Otro recurso energético que ha motivado la realización de varios proyectos de investigación geofísica es el geotérmico. Los trabajos se han realizado desde 1978, principalmente por parte del ICEL y la CHEC, con la colaboración del gobierno italiano y de la Organización Latinoamericana de Energía, OLADE (Ministerio de Minas y Energía - COLCIENCIAS 1985). Tales estudios permitieron definir zonas de máxima prioridad geotérmica en los Volcanes de Chiles-Cerro Negro y Azufral en Nariño, y de prioridad media en el Nevado del Ruiz y en la región de Paipa-Iza. Estos proyectos incluyeron, entre otros, estudios magnéticos, gravimétricos y eléctricos.

Asimismo, es de recordar que los métodos geofísicos son primordiales en la exploración de aguas subterráneas y también en la solución de problemas puntuales de la ingeniería, la geología ambiental y la prospección minera; dichos métodos han ido ganando importancia en los últimos años y se los ha aplicado en los proyectos mineros para oro en el Bagre (Antioquia), California (Santander del Sur) y la Serranía de Naquén (Guainía); para cobre en Pantanos-Pegadorcito.

3.3 Instituciones responsables de la investigación en Geociencias

Como ya se vió, en el país se llevan a cabo numerosos estudios geológicos y geofísicos, por parte de diversas entidades descritas en la sección 3.7. En primer término, se trata de instituciones estatales o de aporte mixto creadas con fines específicos de investigación en Geociencias o relacionadas con ellas en mayor o menor grado como INGEOMINAS, ECOPETROL-ICP, MINERALCO S.A. (antigua ECOMINAS), CARBOCOL, IAN, ICEL, CORELCA, etc. Todas ellas poseen la infraestructura básica, capacidad económica y personal calificado, para el cumplimiento de sus objetivos.

Sin embargo, por diferentes motivos, una buena parte del trabajo se dedica a la investigación aplicada o al uso rutinario de los métodos propios de la profesión. En segundo término, y aún cuando no es su objetivo primario, otra parte considerable de investigación en Geociencias es asumida por las universidades, sobre todo en el nivel adaptativo, y a veces con aspiraciones de investigación fundamental, bien como proyectos de los docentes, o como trabajos y tesis de grado.

Esporádicamente, y no siempre con suficiente control por parte del estado, Universidades y otras entidades extranjeras emprenden en el país trabajos de campo, generalmente con soporte logístico nacional, que conducen a tesis de magister y doctorado, que se publican en el exterior y que permanecen, por lo común, desapercibidas para la comunidad científica nativa.

Es necesario anotar en este punto que en un porcentaje alto de la investigación geológico-geofísica en Colombia ha sido, y sigue siéndolo, obra de empresas petroleras internacionales, que, lamentablemente, mantienen reserva total sobre los objetivos y los resultados, que, entonces, no trascienden más allá de las Oficinas de Fiscalización del Ministerio de Minas y de Ecopetrol. Por ello, estos conocimientos no pueden ser integrados al saber nacional, ni contribuir al pronto desarrollo del mismo.

3.4 Financiación

Tradicionalmente, la investigación nacional en el área de las Geociencias ha sido soportada por instituciones del estado (Ministerio de Minas y organismos dependientes de él, como INGEOMINAS, ECOPETROL, MINERALCO, IAN, CARBOCOL), empresas privadas (compañías mineras y de petróleo), Universidades colombianas (ante todo Univ. Nal. en Medellín y Bogotá; Universidad Industrial de Santander y EAFIT), universidades extranjeras, y organismos internacionales como UNESCO, Servicio Geológico Americano; Centro Internacional de Investigación Científica de Francia; BGR (Bundesanstalt für

Geowissenschaften und Rohstoffe), GTZ (Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit), DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) de Alemania Federal.

En los últimos tiempos se tienen ofrecimientos y proyectos de cooperación por parte del gobierno y entes geológico-mineros de Canadá, la Comunidad Económica Europea y Japón.

Asimismo, COLCIENCIAS ha apoyado, de manera más bien ocasional, investigaciones en geología, en algunas universidades estatales y privadas. Al parecer, el bajo número de proyectos presentados para aprobación en COLCIENCIAS, en el área de Geociencias, se debe a factores como el tamaño reducido de la comunidad con tiempo y ánimo para la investigación, al temor de los interesados a los trámites previos a la aceptación de los proyectos, y a la dificultad del manejo y ejecución de los dineros asignados. En algunos casos, para proyectos especiales, COLCIENCIAS apoya a otros organismos del estado como Ingeominas, IGAC (CIAF), etc.

La investigación en las universidades, sobre todo como tesis y trabajos de grado, es posible por la ayuda que brindan INGEOMINAS, ECOPETROL-ICP, CARBOCOL, ECOMINAS, IAN, MINMINAS, MINOBRAS, y empresas privadas de minería y compañías de petróleos. Los casos de grupos de profesores con proyectos de investigación con suficiente soporte económico para financiar tesis no son comunes. Sin embargo, la segunda etapa del préstamo BID, coordinado por COLCIENCIAS, constituye una posibilidad de financiación para las investigaciones, que en el área de Geociencias sean de interés nacional. Otra posibilidad de cofinanciación en áreas como la minería y la atención a desastres, está siendo impulsada con gran interés desde 1989 por la Comunidad Económica Europea (CEE), a través de COLCIENCIAS.

Otro aspecto que hay necesidad de considerar como distractor de la investigación universitaria, es el de las consultorías que éstas adelantan en ocasiones. Cuando empresas particulares no son suficientes para solucionar problemas específicos, las universidades, donde se concentran recursos humanos variados y bien capacitados, son llamadas a colaborar. En carreras bastantes profesionalizadas como las de las ingenierías o de las Geociencias, la necesidad de consultores es permanente, y a pesar de que dicha actividad brinde experiencias que pueden enriquecer la docencia, disminuye momentáneamente la productividad científica.

De todas maneras, en el campo de las Geociencias parte importante de la investigación sigue a cargo de las Universidades, a pesar de que, como ya se mencionó, no siempre cuentan con los recursos adecuados. Así, en la Universidad Nacional, durante 1989, se asignó para la investigación, una cantidad menor del uno por mil de su presupuesto total (Cortés 1989). Sin embargo, este porcentaje puede ser

diferente en universidades privadas, ya que, según Hermelin (en carta al Director de la Misión de Ciencia y Tecnología - XII- 22-19) desde hace varios años EAFIT asigna el 6% de su presupuesto a la investigación. En la Universidad Nacional (sede Bogotá), factor importante en la financiación de proyectos y trabajos investigativos, han sido los recursos obtenidos a través del "Programa para el Desarrollo de la Capacidad de Investigación" del BID-ICFES.

En las tablas latinoamericanas de inversión nacional para investigación presentadas por Cortés (1989), se aprecia la precariedad de recursos destinados en Colombia a este propósito (0.15 %), apenas ligeramente por encima de Ecuador (0.13 %), del producto interno bruto dedicado a la investigación y técnica, que si consideráramos solamente la parte de la investigación sería aún mucho menor.

En el área de Geociencias no hay datos, a nivel nacional, de lo invertido en investigación y desarrollo tecnológico, pero si comparamos el número de Institutos de investigación y formación de investigadores existentes en Chile, Argentina, Brasil y México con el de Colombia, estamos detrás de ellos en muchos campos de las Geociencias. Empero, debido a los recientes sismos de Tumaco y Popayán, al igual que a la reactivación de los Volcanes del Ruiz y Galeras, se ha avanzado sobre dichas experiencias colocándonos como modelo latinoamericano en el manejo integral de esas catástrofes. El establecimiento próximo de una moderna red sísmica nacional, integrada a redes locales o regionales, como la del OSSO, permitirá tener una infraestructura de primer orden a nivel latinoamericano, pero habrá que complementarla con un programa más intenso de capacitación de investigadores y docentes a niveles avanzados. Dado, que las causas de fenómenos generadores de desastres naturales son genéticamente correlacionables, se vislumbra una mayor integración científica por lo menos a nivel de países andinos, como ya comienza a darse en lo referente a estudios oceanográficos del Pacífico Sur y en el grupo de Tsunamis.

También en la parte exploratoria de recursos, tanto de minería como de hidrocarburos, si nos comparamos con Chile en el caso minero, o con Argentina, Brasil o Venezuela en el caso de hidrocarburos, es menor en Colombia el porcentaje de docentes investigadores. La situación anterior se ve agravada por el hecho de que, hasta la fecha, la diferencia salarial entre los profesionales que laboran en las compañías petroleras o de servicios que operan en el país, y los de las Universidades e Institutos de Investigación es tan notable, que difícilmente puede subsistir personal dedicado a la investigación básica.

3.5. Publicaciones

Los resultados de la investigación geológica y geofísica en Colombia se encuentran en revistas periódicas nacionales

y extranjeras, así como en un buen número de trabajos de tesis elaboradas en el país y en el exterior, por lo general de circulación restringida y de difícil consecución, según se lista, aunque no exhaustivamente, a continuación:

A) Revistas Nacionales.

- Compilación de los Estudios Geológicos Oficiales en Colombia. Comenzada en 1933 por el antiguo Ministerio de Industria y Trabajo y continuada por el Servicio Geológico hasta 1960, fecha de la terminación del Tomo X, que se publicó apenas en 1969 (Bogotá). Gracias a las gestiones de algunos profesionales que tuvieron vinculación con el antiguo Servicio Geológico Nacional, su publicación será reanudada en el transcurso de 1993.
- Boletín Geológico. INGEOMINAS, desde 1969 hasta la actualidad, (Bogotá).
- Boletín de Geología. Universidad Industrial de Santander, (Bucaramanga).
- Geología Colombiana. Depto. de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia, anual.
- Boletín Sismológico. Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, (Bogotá).
- Boletín de Ciencias de la Tierra. Universidad Nacional de Colombia, (Medellín).
- Geofísica Colombiana. Academia Colombiana de Ciencias Geofísicas (Bogotá).
- Geología Norandina. Sociedad Colombiana de Geología (Bogotá). Trimestral.
- Revista de Minería. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia (Medellín).
- Revista EAFIT, EAFIT (Medellín).
- Revista CIAF. Centro Interamericano de Fotointerpretación, (Bogotá).
- Boletín del Observatorio Volcanológico de Colombia, (Manizales). Bimensual.
- Boletín Colombiano de Geotecnia. Asociación Colombiana de Geotecnia (Bogotá). Semestral, publicada desde Junio de 1989.
- Boletín mensual del Observatorio Sismológico del Sur-occidente.
- Boletín Científico, Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH), Cartagena.

B) Revistas u obras no periódicas como:

- Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS. Ingeominas, (Bogotá).
- Publicaciones Especiales. Universidad Nacional, (Medellín).
- Memorias de algunos de los Congresos Colombianos de Geología: de los cinco celebrados hasta ahora (1o. y 2o. Bogotá; 3o, Medellín; 4o, Cali; 5o, Bucaramanga), sólo los dos primeros y el quinto han publicado total o

parcialmente los trabajos presentados.

- Memorias y resúmenes de diversos simposios realizados en el país.
- Guías de excursiones anuales ("Field-Trips") organizados por la Sociedad Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo. (Bogotá).
- Publicaciones del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (Bogotá).

C) Revistas nacionales y extranjeras que incluyen esporádicamente artículos sobre las Geociencias colombianas:

- Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (Bogotá).
- Caldasia, Instituto y Museo de Ciencias de la Universidad Nacional (Bogotá).
- Bulletin of The American Association of Petroleum Geologists (Tulsa).
- Bulletin of Geological Society of America (New York).
- Journal of Paleontology (Kansas - Tulsa).
- Bulletin of the Seismological Society of America.
- Oil and Gas Journal.
- Petróleo Interamericano.
- Journal of South American Geosciences.
- World Oil.
- Journal of Geophysical Research.
- Newsletters on Stratigraphy (Berlín - Stuttgart).
- Geologisches Jahrbuch (Hannover).
- Zentralblatt für Geologie und Paläontologie (Stuttgart).
- Journal of the Geological Society (London).

D) Artículos sobre las Geociencias colombianas que aparecen en las memorias de congresos, simposios, coloquios y reuniones de grupos de trabajo realizadas en el extranjero, entre los cuales cabe destacar:

- Congresos Latinoamericanos de Geología, de los cuales se han realizado hasta ahora siete, el 6° de ellos en Bogotá, 1985.
- La Conferencia Geológica del Caribe, de la cual se han realizado hasta ahora 12, la 10a. en Cartagena, 1983.
- Los Coloquios de Geociencias Latinoamericanas, de los cuales se han realizado 11, todos ellos en la República Federal Alemana, con participación aceptable de investigadores del nuevo continente.

3.6 Institutos de Investigación

Con base en la experiencia de los autores de este estudio y la información disponible, se puede concluir que en Colombia existen los siguientes institutos (=laboratorios) dedicados en su totalidad, o parcialmente a la investigación geológico-geofísica:

A) Instituto Nacional de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química (INGEOMINAS). Creado en 1969, por fusión del Antiguo Servicio Geológico Nacional, el Inventario Minero Nacional y el Laboratorio Químico Nacional. Tiene sede principal en Bogotá y sedes regionales en Bucaramanga, Cali, Cartagena, Ibagué, Medellín y Popayán. Años atrás, el INGEOMINAS tuvo, además, una regional Sogamoso y otra del Oriente (Orinoquia y Amazonia).

El INGEOMINAS emplea actualmente alrededor de 140 geólogos, además de cerca de 500 personas profesionales y no profesionales de apoyo.

La infraestructura incluye amplias y modernas instalaciones en los predios de la Ciudad Universitaria, laboratorios de petrografía, paleontología, sensores remotos, de diferentes clases de análisis químicos, así como equipos de geofísica (gravimetría, resistividad, magnetometría, sísmica), de perforación para pozos poco profundos (ante todo aguas subterráneas), de microscopía convencional y electrónica, y absorción atómica. Como complemento existe un número apreciable de vehículos para los trabajos de campo.

B) CARBOCOL, Carbones de Colombia S. A., creada en diciembre de 1976, tiene por objeto propiciar y controlar la exploración y explotación de los carbones colombianos desde minas artesanales hasta grandes proyectos como el de El Cerrejón (conjunto con INTERCOR), La Loma, La Jagua. Cuenta con una sección de geología con 7 geólogos e ingenieros de minas. Adelanta, por su cuenta, investigaciones sobre carbones, o mediante el apoyo de tesis y trabajos de grado, en áreas como estratigrafía, caracterización de carbones, control de calidad, cálculo de reservas, mercadeo, usos del carbón.

C) ECOPETROL, Empresa Colombiana de Petróleos. Fundada en 1951, con el fin de desarrollar la exploración de hidrocarburos (petróleo y gas) y de controlar la exploración y explotación de yacimientos por parte de compañías privadas, nacionales (muy pocas), extranjeras (la gran mayoría); asimismo, Ecopetrol se encarga de recibir y administrar los campos o contratos que al final del tiempo de concesión (25 años) o de contrato de asociación, revierten al país. Tiene una Vicepresidencia de Exploración, encargada de la asignación de contratos, y de la prospección de nuevos yacimientos mediante estudios de superficie (cartografía, estratigrafía, geología estructural) y por métodos geofísicos, sobre todo sísmica. Emplea unos 45 geólogos de planta, además de un número variable, en la modalidad de contratos a término.

D) Instituto Colombiano del Petróleo (ICP). Creado como Proyecto Especial de Ecopetrol en 1985, con sede en Piedecuesta (Santander), desarrolla proyectos en explotación y exploración, refinación y petroquímica, energía y ambiente. Emplea unos 35 geólogos y unos 10 geofísicos.

E) MINERALCO S.A., compañía que sustituyó a la Empresa

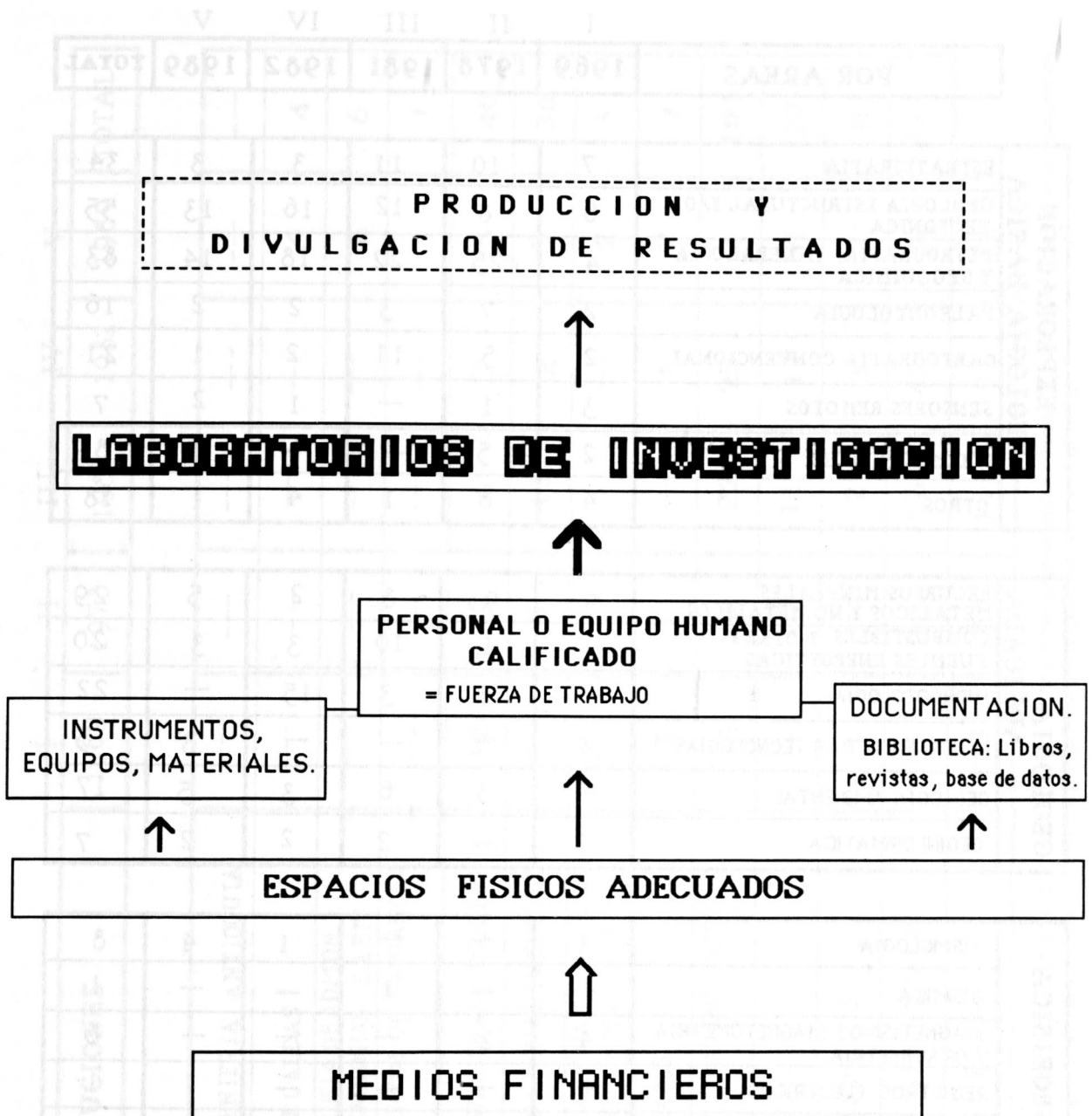


FIG. 3 Esquema básico de los elementos que constituyen los "Laboratorios de investigación".

		I	II	III	IV	V	
POR AREAS		1969	1978	1981	1982	1989	TOTAL
EXPLORACION GEOLOGIA BASICA	ESTRATIGRAFIA	7	10	11	3	3	34
	GEOLOGIA ESTRUCTURAL Y/O TECTONICA	6	8	12	16	13	55
	PETROGRAFIA, MINERALOGIA Y GEOQUIMICA	4	25	22	18	14	83
	PALEONTOLOGIA	2	7	3	2	2	16
	CARTOGRAFIA CONVENCIONAL	2	5	11	2	1	21
	SENSORES REMOTOS	3	1	--	1	2	7
	SEDIMENTOLOGIA	2	5	--	--	1	8
	OTROS	4	8	1	4	1	18
GEOLOGIA APLICADA	RECURSOS MINERALES METALICOS Y NO METALICOS	5	9	8	2	5	29
	COMBUSTIBLES Y OTRAS FUENTES ENERGETICAS	--	4	10	3	3	20
	HIDROGEOLOGIA	--	4	3	15	--	22
	MINERIA Y OTRAS TECNOLOGIAS	2	--	--	--	3	5
	GEOLOGIA AMBIENTAL	--	3	6	3	5	17
	GEOINFORMATICA	1	--	2	2	2	7
GEOFISICA	SISMOLOGIA	3	--	--	1	4	8
	SISMICA	--	--	1	--	--	1
	MAGNETISMO MAGNETOMETRIA Y GRAVIMETRIA	4	2	--	--	--	6
	REGISTROS ELECTRICOS	--	--	--	--	1	1
	OTROS METODOS	3	1	1	4	2	11
OTROS	EXCURSIONES	2	6	6	--	4	18
	DOCENCIA E INVESTIGACION	4	1	--	1	1	7
	APLICACION A OTRAS CIENCIAS	2	--	--	1	1	4
TOTAL		56	99	97	78	68	

TABLA 3. Trabajos presentados y/o publicados en los cinco Congresos Colombianos de Geología.

POR INSTITUCIONES		I 1969	II 1978	III 1981	IV 1982	V 1989	TOTAL
UNIVERSIDADES	ESCUELA DE INGENIERIA ANTIOQUIA	---	---	---	---	---	---
	UNIVERSIDAD DE CALDAS	---	---	---	---	4	4
	UNIVERSIDAD ESCUELA DE ADMON. Y FINANZAS Y TECNOLOGIAS EAFIT	---	---	---	---	6	6
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SANTANDER U.I.S	---	---	---	---	1	1
	UNIVERSIDAD NACIONAL (BOGOTA)	12	10	6	7	5	40
	UNIVERSIDAD NACIONAL (MEDELLIN)	---	8	13	4	5	30
	UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA U. P. T. C.	---	---	1	---	2	3
	OTRAS UNIVERSIDADES	3	1	---	1	2	7
	UNIVERSIDADES Y OTRAS ENTIDADES EXTRANJERAS	26	29	22	25	1	103
	EMPRESAS PRIVADAS	1	---	11	11	4	27
OTROS O INDEPENDIENTES		3	---	2	3	---	8
NO UNIVERSITARIAS OFICIALES		13	55	58	42	43	211
TOTAL		58	103	113	93	73	

Tabla 4. Indice de participación con trabajos o ponencias, por instituciones, en los 5 congresos colombianos de Geología hasta ahora celebrados. La divergencia con los totales se debe a que en ocasiones los trabajos fueron presentados por más de una institución.

Colombiana de Minas (ECOMINAS), creada en junio de 1968, cuyo objetivo era el control y el impulso de la minería en el país, mediante los estudios técnicos, la asesoría a particulares, empresas privadas y estatales. Mineralco cuenta con una sección de geología económica con 5 geólogos e ingenieros de minas. Sus proyectos tienen que ver con la explotación de minerales metálicos, (oro, plata, platino, cobre, molibdeno, plomo) y no metálicos, gemas (esmeraldas, rubí, zafiro) y piedras semipreciosas (ágata, granate, cuarzo). A comienzos de 1989 organizó conjuntamente con la Univ. Nal. (Bogotá) un curso de gemología.

F) MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES. Creado para cumplir con las tareas de control y planeación de vías y obras relacionadas con el transporte aéreo y marítimo, a nivel nacional, tiene una sección de geotecnia, que ocupa desde años atrás entre 1 y 6 geólogos, cuya labor consiste, entre otras cosas, en la supervisión de los estudios para nuevos corredores viales, prevención y saneamiento de derrumbes, búsqueda de materiales para recebo y asfalto de carreteras y demás obras civiles de carácter gubernamental.

G) MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Fundado en 1940 para fomentar, fiscalizar, controlar y ordenar la exploración y explotación minera del país, tiene una sección de fomento minero y una de fiscalización. El Ministerio de Minas cuenta con un gran archivo de información suministrada por las empresas petroleras y mineras. Ocupa actualmente unos 5 geólogos.

H) Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, creado en 1941, dependiente de la Univ. Javeriana ocupa actualmente 1 geofísico.

I) Observatorios Vulcanológicos de Manizales y de Pasto, dependientes de la Subdirección de Geofísica del Ingeominas, funcionan desde su creación en 1986 y 1991, respectivamente, y ocupan unos 8 geólogos e ingenieros.

J) Instituto Geográfico Agustín Codazzi, derivado del antiguo Instituto Geográfico Militar, que había sido fundado en agosto de 1935. Tiene como función principal la cartografía del país, así como la determinación oficial de los avalúos y el uso de tierras. Cuenta con una subdirección de investigación, a la que recientemente (4 años atrás) se le integró el antiguo Centro Interamericano de Fotointerpretación. Con el apoyo de gobiernos extranjeros, y en particular de varios institutos holandeses, desarrolla investigación, mediante el uso de sensores remotos, en geología, edafología, ingeniería catastral y geotecnia. Emplea en la actualidad unos 7 geólogos y dicta cursos, a nivel de posgrado para alumnos colombianos y otros países latinoamericanos, en las áreas arriba mencionadas. Cuenta con un laboratorio de suelos, equipos de rayos X, difracción y fotogrametría, y con una infraestructura sólida y eficiente.

K) Observatorio Sismológico del Suroccidente Colom-

biano, dependiente de la Universidad del Valle, comenzó a funcionar en 1987, con la colaboración del Grupo Suizo de Socorro.

L) IAN, Instituto de Asuntos Nucleares, fundado en 1959. Su tarea principal es el estudio de las aplicaciones de la energía atómica en diferentes campos como la medicina, la agricultura, y la generación de electricidad. Tiene una sección de geología, en el área de materias primas que, con equipos básicos para la investigación mineralógica, petrográfica geoquímica y geofísica, adelanta informes de prospección de materiales radiactivos en el país, que tuvo un auge inusitado en la década del 70, cuando llegaron al país diversas compañías internacionales (ENUSA, URANGESELLSCHAFT, MINATOME, TOTAL, AGIP) con las cuales trabajó conjuntamente, al lado de COLURANIO como supervisor. Empero, la caída de los precios internacionales del uranio por los problemas sociales que generó la construcción de centrales nucleares en Europa, Estados Unidos, a más del descubrimiento de grandes yacimientos en Australia y Canadá, derivó en una paralización de la exploración y en el retiro de tales compañías, que dicho sea de paso, llegaron a ocupar y formar más de 45 geólogos especializados en el tema, los cuales se reubicaron luego en empresas mineras y en la industria del petróleo. El IAN emplea en la actualidad 5 geólogos.

M) ICEL, Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, fundado en diciembre de 1968, por reestructuración del antiguo Instituto de Aprovechamiento de Aguas y Fomento Eléctrico (ELECTRAGUAS). Depende directamente del Ministerio de Minas y Energía y sus objetivos son, entre otros, el fomento, control y mantenimiento de los programas de generación de energía eléctrica por medios hídricos, térmicos, geotérmicos, solares y otros no convencionales (e.g. biomasa, energía eólica y mareal), pero ante todo, aquellos con carácter de beneficio social y menores de 10 megavatios. El ICEL mantiene una sección con 2 geólogos, que se encargan sobre todo de evaluar y supervisar la factibilidad geológica de los proyectos que adelanta dicho instituto. En asocio con diversas entidades nacionales e internacionales ha adelantado investigaciones sobre geotermia en las zonas con vulcanismo reciente; no obstante, no cuenta con equipos y laboratorios propios, suficientes.

N) Interconexión Eléctrica S. A. (ISA). Empresa comercial e industrial del estado, en la que participan ICEL, CORELCA, Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, Empresas Públicas de Medellín y CVC. Sus funciones consisten sobre todo en la planificación de los macroproyectos de generación eléctrica, la construcción de líneas de transmisión y la comercialización en bloque de la energía. Emplea unos 3 geólogos para la supervisión de los proyectos.

Ñ) Carbones del Oriente (CARBORIENTE S. A.), empresa industrial y comercial del estado, creada en 1985, en

emplazo de COLURANIO. Funciona en Bucaramanga y se ocupa de la prospección, caracterización, usos y comercialización del carbón en el noreste colombiano. Emplea en la actualidad 4 geólogos.

O) Universidades con carreras de Geología, Ingeniería Geológica o de Geología, (veáanse 2.2 y 2.3).

3.7 Infraestructura

3.7.1. Información y Documentación

Libros y revistas de carácter nacional e internacional en el área de Geociencias con énfasis en geología y geofísica, existen para consulta pública en las siguientes bibliotecas especializadas:

- Ingeominas, en sus sedes de Bogotá, Medellín, Ibagué, Popayán, Cali, Bucaramanga y Cartagena.
- Instituto Geofísico de Los Andes Colombianos, Universidad Javeriana, Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi y antiguo CIAF, Bogotá.
- Universidad Nacional, Dpto. de Geociencias, Bogotá.
- Universidad de los Andes, Fac. de Ingeniería, Bogotá.
- ICP, Piedecuesta (Santander).
- Universidad de Caldas, Manizales.
- Universidad EAFIT, Medellín.
- Universidad Nacional, Medellín.
- Universidad del Valle, Cali.
- Cenicafé, Chinchiná (Caldas).
- Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá.
- Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia sede de Sogamoso.
- Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín.

El SIDES, Servicio de Información y Documentación para la Educación Superior, posee una gran cantidad de revistas en nuestra área de interés, y posibilidades de acceso a bancos de información internacional, con ayuda computarizada.

Existe bajo la coordinación de ECOPETROL, un banco de datos nacionales sobre temas de geología y geofísica, INGEOCOL, al cual pueden tener acceso todos los investigadores.

En la parte marina, la Comisión Colombiana de Oceanografía ofrece un servicio de información computarizada denominado "Servicio de Información en Ciencias y Tecnología del Mar, INFOMAR". Allí se puede obtener información, entre otras, de 38 proyectos que en las áreas de geomorfología, sedimentología, paleontología y exploración de la plataforma continental, se han realizado en nuestros márgenes Caribe y Pacífico.

3.7.2. Instrumentación y Equipos

En la parte geológica, todas las instituciones que realizan labores profesionales o investigativas, poseen, aunque no siempre en las mejores condiciones, equipos primordiales para las labores básicas, entre los que se cuentan brújulas, martillos, lupas binoculares, microscopios petrográficos, estereoscopios de bolsillo y de espejos y laboratorios para la elaboración de secciones delgadas. Los análisis avanzados exigen la utilización de instrumentos costosos y sofisticados como microsondas, microscopios electrónicos, equipos de rayos X, espectrómetros, los cuales se encuentran en algunas instituciones como el Ingeominas, el ICP-ECOPETROL, el IGAC, la Universidad del Valle y la Universidad Nacional, entre otras. Asimismo, Ingeominas cuenta con un equipo completo para análisis geoquímico y de carbones en el antiguo "Laboratorio Químico Nacional", y con un Museo Geológico abierto permanentemente al público y a los interesados en la investigación detallada de las muestras que en él reposan.

En este punto, es preciso recordar que la geología es una disciplina cuyas labores se desarrollan en gran proporción en sectores rurales, algunas veces muy alejados de las sedes de los institutos de investigación, lo cual implica desplazamientos costosos de personal y equipo, y por lo tanto la existencia de una apropiada infraestructura de transporte representada en vehículos todo terreno, que debido a las condiciones difíciles de trabajo deben ser mantenidos y/o renovados periódicamente, lo cual no siempre se logra.

En la rama de la geofísica se requieren para la adquisición de información, equipos casi siempre portátiles, excepto en el caso de redes sísmicas regionales o locales y para el proceso e interpretación, sistemas de cómputo ágiles.

En el país, exceptuando las compañías privadas de servicios, solamente el Ingeominas y la Universidad Nacional, poseen un soporte instrumental más o menos completo que incluye: gravímetro, magnetómetro, equipos de geoelectricidad, electromagnetismo, polarización inducida, registros físicos de pozos, equipos portátiles de refracción sísmica y componentes sismológicas. Además de los sistemas de cómputo necesarios para el procesamiento de la información.

Sin embargo, existen problemas de mantenimiento, pues muchos de los componentes no se consiguen en el país y los procesos de importación además de ser costosos, son demorados y de trámites algo dispendiosos pues han de manejarse en moneda extranjera.

La red sísmica nacional del Ingeominas, en proceso de instalación, incluido el sistema de comunicación, costará al país del orden de U.S \$ 4'000.000, y brindará datos a quienes deseen utilizarlos.

En el OSSO, se ha venido haciendo una adecuada asimi-

lación instrumental que incide positivamente en el desarrollo de una instrumentación y tecnología cada vez más nacional.

En la parte de geología y geofísica marina, se cuenta con un buque de investigación oceanográfica con un costo superior a los U.S \$ 6'000.000.

Se observa, pues, que en la parte instrumental la geofísica es relativamente costosa y debe ser aprovechada racionalmente en la investigación y la docencia.

3.7.3. Equipamento y Soporte Lógico ("Software")

El análisis de datos requiere en Geociencias del funcionamiento de programas de modelamiento tanto directo como inverso y de paquetes graficadores. A pesar de que casi todas las instituciones poseen los computadores apropiados, aún no se ha optimizado el uso de los programas, por lo menos en lo que al Ingeominas y la Universidad Nacional se refiere. En esta última, se ha comenzado a aprovechar la ayuda de estudiantes de tesis de Ingeniería de Sistemas para obviar parcialmente el problema. Pero se requiere de expertos, de tiempo completo, en diseño y uso de software para Geociencias, en todo los grupos de investigación. En el OSSO, han venido formando este tipo de expertos, a partir de ingenieros de sistemas con orientación a la geofísica.

ECOPETROL-ICP y algunas de las compañías asociadas y de servicios poseen modernos paquetes interactivos de interpretación geológico-geofísica (e.g. Vortext, Quipú, etc) que agilizan el análisis de la información y permiten resultados de alta confiabilidad.

3.8. VINCULOS INTERNACIONALES

En el área de Geociencias existen gran cantidad de convenios entre instituciones colombianas y extranjeras, algunos de ellos sin que aún hayan pasado a la práctica; además de los convenios se tienen contratos sobre temas específicos y programas regionales de investigación, que funcionan, unos con el auspicio de organismos coordinadores de carácter transnacional, y otros gracias a relaciones menos formales, basadas en las vínculos personales de los investigadores.

Cada instituto o universidad ha tratado de realizar intercambios a nivel internacional que propician la actualización técnica y científica nacional, mediante el establecimiento de mecanismos que permitan la cooperación para el desarrollo de proyectos particulares, el apoyo para la participación de colombianos en programas internacionales, pasantías o viajes de estudio, la adquisición de instrumentación, intercambio de información, programas de posgrado, el envío de asesores, etc. Así por ejemplo, en los últimos cinco años, ECOPETROL ha adelantado trabajos de investigación aplicada con el BEICIP (Bureau de études

industrielles et de cooperation de l'Institute Francais du Petrole) y con el ESRI (Earth Sciences Research Institute, Carolina del Sur) para estudios integrados de cuencas hidrocarburíferas.

El ICP, para el desarrollo de proyectos académico-investigativos, ha establecido convenios y/o contratos con la Escuela de Minas de Colorado, la Universidad de Texas A&M, el Instituto Francés del Petróleo y la empresa "Teknica" del Canadá.

Por su parte el Ingeominas ha estrechado sus relaciones de trabajo e investigación con el Servicio Geológico de los E.E.U.U. (USGS), especialmente en lo relativo a los estudios sobre sismovulcanología y amenazas geológicas. En otros aspectos de Geología básica y aplicada, el Ingeominas recibe el apoyo del Servicio Geológico Británico (BGS) para el estudio de metales básicos en el suroccidente colombiano y con el Servicio Federal de Investigaciones para Geociencias y Materias Primas (BGR), de Alemania Federal para la prospección de metales preciosos y no preciosos en las Cordilleras Central y Occidental. En el área de la tectónica ha realizado proyectos cooperativos con el Instituto de Física del Globo de París; con la Universidad de Duke (USA) y de Kioto (Japón) para el estudio de vertebrados; con la Universidad de Maguncia y la GTZ para cursos y estudios de volcanes y sus productos.

El IGAC (CIAF) ha recibido el soporte del Gobierno Holandés, principalmente a través del "International Training Center (ITC)", ahora denominado Instituto Internacional de Aeroexploración y Ciencias de la Tierra (Amsterdam), para sus programas de sensores remotos.

Carbcol ha recibido apoyo y asesoría de la GTZ, en su propuestas de desarrollo minero.

El Observatorio Sismológico del Suroccidente (OSSO) se inició con un fuerte soporte del Cuerpo Suizo de Socorro, y actualmente recibe apoyo de otras instituciones nacionales e internacionales.

El Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH) ha contado con la colaboración de organismos franceses en los estudios oceanográficos y sedimentológicos del Caribe.

En la actualidad las Universidades colombianas tienen convenios u otro tipo de relaciones con Institutos o Universidades de otros países, como Alemania Federal, Argentina, Austria, Brasil, Canadá, Chile, España, Estados Unidos, Francia, Holanda, Italia, Japón y México. Algunos ejemplos de este tipo de cooperación son:

- Universidad de Karlsruhe (Instituto de Geofísica) - Ecopetrol-Universidad Nacional: Determinación de esfuerzos en pozos petroleros.
- Universidad de Osnabrück - IGAC - Ingeominas - Universidad Nacional: Estudio de los glaciares colombianos.
- Universidad de La Plata de Buenos Aires - Universidad Nacional: Estudios estratigráficos, en especial en

paleontología y paleobotánica.

- Universidad Tecnológica de Viena - Universidad Nacional: Estudio de esfuerzos tectónicos y montaje del software correspondiente.
- Universidad de Sao Paulo (Instituto de Recursos Geocronológicos) - Ingeominas - Universidad Nacional: Dataciones radiométricas Rb/Sr, K/Ar, U/Pb.
- Universidad de Chile - Universidad Nacional: Geofísica aplicada a minería.
- Universidad Complutense - Universidad de Caldas: Cursos sobre petrología volcánica.
- Universidad de Carolina del Sur - Ecopetrol - Universidad Nacional: Preparación de personal a nivel de Magister y Doctorado.
- Universidad de Burdeos - Universidad Nacional: Estudios foraminíferológicos-sísmicos en el Caribe Colombiano.
- Universidad Blaise Pascal (Clermont Ferrant) - Ingeominas - Universidad Nacional: Investigaciones vulcanológicas.
- Instituto Internacional de Aeroexploración y Ciencias de la Tierra (Holanda) - Universidad Nacional: Investigaciones de magnetismo terrestre.
- Instituto de Minería y Geofísica Aplicada (Trieste) - Universidad Nacional: Geofísica aplicada a la minería.
- Universidad de Kioto - Ingeominas - Universidad Nacional: Estudio de vertebrados del Terciario.
- Universidad de Sukuba - JICA - Ingeominas - Universidad Nacional: Prevención de desastres naturales.
- Universidad Nacional Autónoma de México - Universidad Nacional: Geofísica aplicada.

Se debe mencionar además que el Gobierno Japonés, a través de la Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional (JICA) ha colaborado en diversas instituciones nacionales (Universidad del Valle, Ingeominas, Universidad Nacional, Carbocol), tanto en aspectos científicos como de dotación instrumental, especialmente en lo relacionado con la sismovulcanología y el desarrollo minero.

Entre los proyectos o programas de carácter internacional o regional que han favorecido el intercambio de experiencias y la concentración de esfuerzos en las Geociencias nacionales se destacan:

- a) Programa Internacional de Correlación Geológica (IGCP), en el cual Colombia participa, o ha participado, en los siguientes proyectos, con el coordinador respectivo:
 - 156 Fosforita: Francisco Zambrano.
 - 165 Correlación estratigráfica regional del Caribe: Hermann Duque-Caro.
 - 166 Correlación de Formaciones que contienen carbón.

Raúl Durán.

- 171 Jurásico Circum-Pacífico: Jairo Mojica.
- 192 Desarrollo del Cámbrico y Ordovícico de Latinoamérica: Carlos Ulloa.
- 193 Silúrico-Devónico de América Latina: Alberto Forero.
- 197 Metalogenia relacionada con ofiolitas: Jairo Alvarez.
- 202 Megafallas de Sudamérica: Jean Francois Toussaint, Hernando Lozano.
- 204 Evolución Precámbrica de la región Amazónica: Christian Bridger.
- 211 Paleozoico Tardío de Suramérica: Jairo Mojica, Carlos Villarroel.
- 233 Terrenos en los orógenos del Paleozoico Circum-Pacífico-Atlántico: Hermman Duque-Caro, Fernando Etayo, Alberto Forero.
- 237 Flora de Gondwana: Hernando Dueñas.
- 242 Cretáceo de América Latina: Fernando Etayo.
- 249 Magmatismo Andino y su ambiente tectónico: Jorge Julián Eduardo Restrepo.
- 258 Eventos del Paleozoico Temprano en Latinoamérica: Carlos Ulloa.
- 270 Eventos del Paleozoico Inferior para la génesis del Gondwana en América Latina: Carlos Ulloa.
- 271 Conodontología Paleozoica: Alberto Forero.
- 277 Rocas ferríferas oolíticas fanerozoicas: Carlos Ulloa.
- 279 Terrenos en América Latina: Jean Francois Toussaint.
- 281 Climas Cuaternarios de Sur América: Hernando Dueñas.
- 322 Correlación de Eventos Jurásicos en Suramérica, Jairo Mojica, Codirector.

b) Programa Internacional de Tsunamis.

c) Programa Internacional de Posicionamiento Global por Satélite (GPS).

d) Programa Regional de Estudios de Sismicidad para América Latina, coordinado por CERESIS.

3.9 Problemas de la Investigación en Geociencias

A pesar de que, como se ha visto, existe un aporte científico y técnico importante de las Geociencias a nivel nacional, éste podría incrementarse considerablemente si se pudiera dar solución total o parcial a algunos problemas, entre los que se cuentan:

- Lo reducido del tamaño del grupo de personal altamente calificado, a nivel de magister y doctorado, con la suficiente motivación e incentivos para dedicarse de lleno a la inves-

tigación, lo cual ha sido consecuencia de situaciones particulares, como por ejemplo la ya mencionada excesiva demanda de profesionales entre 1975 - 1985, y la dificultad que hasta ahora ha existido, como ya se anotó, para aprovechar al máximo las becas de posgrado en el exterior, máxime cuando a nivel nacional no existe la posibilidad de formación avanzada en las distintas ramas de las Geociencias. A lo anterior se suma el hecho de que parte de este personal cede con facilidad a las mejores condiciones económicas ofrecidas por la industria privada.

- Distracción del tiempo de los investigadores hacia labores ajenas al quehacer científico, entre ellas la consultoría.

- Insuficiencia de material bibliográfico en las bibliotecas y bases de datos o de medios técnicos para la oportuna consecución, tanto a nivel nacional como internacional, de la información requerida para los proyectos de investigación, especialmente para aquella que se realiza en la provincia.

- Falta de ágiles y adecuados medios para la publicación de los resultados de la investigación. Es necesario anotar que aún cuando existen numerosas revistas nacionales especializadas en Geociencias (véase 3.6), éstas adolecen de una permanente insuficiencia de recursos, lo cual incide negativamente en su contenido o periodicidad.

- Aislamiento o falta de suficiente contacto entre los diferentes investigadores o grupos de investigación, lo cual conduce a la superposición de objetivos en la investigación que viene a reflejarse en un localismo o endemismo científico.

- Incredulidad hacia la ciencia colombiana, debido a la falta de proyección de los investigadores nacionales hacia el ámbito internacional.

- La frecuente dificultad para la consecución y el manejo de los recursos económicos asignados a los programas y proyectos de investigación. En particular, en las instituciones oficiales, en los meses de diciembre y enero, que es cuando los investigadores cuentan con mayor holgura de tiempo, el desembolso de dineros es prácticamente imposible.

- En ocasiones, la eventual falta de una adecuada infraestructura instrumental y soporte económico para la realización de proyectos específicos.

A parte de los problemas anteriormente citados, los autores del presente ensayo, consideran que la transdisciplinariedad, escasa e incipiente de la investigación en Geociencias, es una falla que se debe a su carácter, hasta ahora, eminentemente monodisciplinario.

IV. ORGANISMOS PROFESIONALES

4.1. Asociaciones Profesionales y Científicas

Como regla general, en nuestro país, los profesionales de la geología y geofísica pertenecen a una, o varias de las

asociaciones descritas a continuación, que son agrupaciones creadas por ellos mismos o con su concurso:

- **Sociedad Colombiana de Geología.** Fundada en 1960, cuenta con más de 350 miembros. Su propósito principal es el de propiciar el desarrollo de las ciencias geológicas de Colombia mediante la presentación de conferencias y, sobre todo, la organización de congresos, simposios, talleres y coloquios. Esta sociedad tiene sede en Bogotá y cuenta con capítulos regionales en Bucaramanga, Cali y Medellín. Publica, sin regularidad, el folleto informativo denominado "Geonotas" y la revista "Geología Norandina". Por otra parte, la Sociedad Colombiana de Geología es miembro de PROGEOS, o sea, la Federación Colombiana de Ciencias de la Tierra.

- **Sociedad Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo,** fundada en 1959 en Bogotá. Agrupa ante todo a geólogos, geofísicos y otros profesionales de las geociencias vinculadas, directa o indirectamente, con la industria del petróleo; tiene por objeto facilitar la comunicación de los mismos, fomentar la presentación periódica de conferencias, y la publicación de las guías de sus excursiones técnicas anuales; también organiza congresos y simposios sobre el tema de los hidrocarburos y publica la respectivas memorias. Recientemente dicha sociedad ha iniciado la edición de textos básicos, como los "Elementos de Geología Estructural", del profesor Manuel Julivert, geólogo español que trabajó largos años en Colombia y produjo innumerables artículos sobre la geología local y editó en 1968 la magna obra que constituye el "Léxico Estratigráfico para el Precámbrico, Paleozoico y Mesozoico". La SCGGP está afiliada a la Asociación Americana de Geólogos del Petróleo (AAPG).

- **Sociedad Colombiana de Geotecnia,** con sede en Bogotá, constituida en su mayor parte por ingenieros civiles. Su objetivo es fomentar el estudio, conocimiento y mejoramiento de las disciplinas relativas a la geotecnia, mediante la realización de congresos, seminarios, simposios y eventos técnicos, de carácter nacional e internacional. Publica el "Boletín Colombiano de Geotecnia".

- **Comisión Oceanográfica Colombiana,** bajo la dirección de la Armada Nacional y que propende por la investigación multidisciplinaria de las áreas marinas y submarinas del país.

- **Academia Colombiana de Ciencias Geofísicas,** creada recientemente en Bogotá, para propiciar y fomentar el desarrollo de las distintas áreas de la geofísica.

Por otra parte, algunos geólogos y geofísicos son miembros también de asociaciones y entidades científicas nacionales y extranjeras, como:

- ACAC, Asociación Colombiana para el Avance de la

Ciencia.

- Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- ACOAGUA, Asociación Colombiana de Perforadores de Pozos de Agua.
- AGID, Asociación de Geocientíficos para el Desarrollo Internacional, que por varios años tuvo en Ingeominas (Bogotá) la sede para América Latina, actualmente en Cochabamba (Bolivia).
- Asociación Paleontológica Argentina.
- Sociedad Colombiana de Geografía.
- Sociedad Americana de Geólogos del Petróleo.
- Unión Geológica Alemana.

4.2. Asociaciones gremiales

- **Asociación de Geólogos Egresados de la Universidad Nacional (AGUNAL).** Es una agrupación que, de acuerdo con sus estatutos, ha de velar por el bienestar y estabilidad de sus afiliados, pero que, a veces, participa en la preparación de congresos y similares así como en la discusión sobre problemas técnicos geológicos, y que de acuerdo con el artículo 18 de la Ley 9a. de 1974 tiene el carácter de "cuerpo técnico consultivo del Gobierno Nacional para las cuestiones y problemas relacionados con la aplicación de la geología al desarrollo del país". AGUNAL cuenta actualmente con unos 70 afiliados y tiene un órgano de difusión denominado "Tribuna Geológica", que es una publicación no periódica.

- **Asociación de Geólogos de Minas y Petróleos (AGEMPET),** con sede en Medellín, que agrupa ante todo profesionales vinculados a la minería y la industria del petróleo y que tiene, como AGUNAL, un carácter predominantemente gremial.

4.3 Organismos de control

A pesar de las variadas disciplinas involucradas en el área de las Geociencias sólo existe un organismo de control, que es el

- **Consejo Profesional de Geología,** adscrito al Ministerio de Educación. Creado por la Ley 9ª de 1974. Tiene como funciones principales la expedición de las matrículas profesionales de los geólogos que laboran en el país, velar por el fiel cumplimiento de la ley en mención, así como la preparación y presentación para su aprobación por el Legislativo del Código de Ética Profesional y, de acuerdo con su Reglamento Interno (Artículo 32), la publicación periódica de la lista de los geólogos matriculados, sancionados o suspendidos. Tiene sede en Bogotá y está conformado por representantes, nombrados por periodos de dos años, de los Ministerios de Educación, Minas y Energía, AGUNAL y las universidades legalmente

autorizadas para expedir el título de geólogo en el país (para mayores detalles, véase Consejo Profesional de Geología, 1982). El número de matriculados hasta la fecha asciende a 1135.

V. LA PROYECCION NACIONAL HACIA EL AÑO 2000, EN EL AREA DE GEOCIENCIAS

Cualesquiera que sean las orientaciones y métodos del manejo científico-tecnológico nacional en el área de Geociencias, visto el desarrollo, la potencialidad y las necesidades de nuestro país, consideramos que en la década del 90 habría que concentrar esfuerzos para que la investigación permita, por una parte, reducir al mínimo las pérdidas humanas y de infraestructuras, que mucho le han costado a la nación, y por otra, mejorar la ubicación, cuantificación y explotación de los recursos energéticos y mineros, de tal forma que permitan al país aumentar las divisas y garantizar su autosuficiencia.

Específicamente, estos objetivos de desarrollo se lograrán preparando el personal adecuado, mejorando la instrumentación y auspiciando proyectos y programas multidisciplinarios en las siguientes líneas investigativas:

1.Exploración de Recursos Energéticos, con programas en:

a) **Hidrocarburos.** En concordancia con las metas y políticas de la Empresa Colombiana de Petróleos, consideramos que en la década en curso, el Gobierno Nacional tendrá que establecer las bases y propiciar los mecanismos que conduzcan a la formación de un número apropiado de geocientíficos con niveles académicos avanzados, capaces de sostener y fomentar la investigación en los aspectos que tienen que ver con la adquisición, procesamiento e interpretación de información geológica y geofísica. Al respecto, es de agregar que la exploración de hidrocarburos en los próximos años deberá orientarse por una parte hacia la optimización de la producción y el hallazgo de nuevas reservas en las regiones actualmente productoras (e.g. Valle del Magdalena, Putumayo, Llanos Orientales, Catatumbo, La Guajira), mediante la reinterpretación de la información existente, la realización de nuevos estudios, y una correcta integración de los resultados por medio de técnicas modernas. De otra parte, hacia la investigación de áreas menos conocidas, de gran extensión y consideradas de mayor riesgo económico, como el Chocó-Pacífico, el Cauca-Patía, la Amazonia, y la Plataforma Caribe, en donde se espera encontrar algunas reservas de petróleo.

b) **Carbones.** Habiéndose establecido proyectos de explotación y comercialización a gran escala, en el Cerrejón (Norte y Sur), al igual que en La Jagua de Ibirico, será preciso desarrollar los proyectos de La Loma y San Jorge

Por otra parte, las zonas carboníferas de la región andina (Altiplano Cundiboyacense, Oriente Antioqueño, Valle del Cauca y, los nuevos hallazgos en el Páramo del Almorzadero) conocidas y explotadas durante varias décadas, a nivel de pequeña y mediana minería, contienen aún grandes reservas, que es preciso cuantificar con mayor exploración geológica y geofísica; paralelamente será necesario y conveniente para el país, que se amplíen los programas de asistencia técnica al sector de este tipo de minería, como lo han venido desarrollando Carbocol, Carboriente y el Sena.

c) Geotermia, energía hidráulica y otros. A pesar de que, a nivel nacional, los recursos de hidrocarburos, carbón e hidroeléctricos, nos han permitido una relativa autosuficiencia energética, se trata, en cada caso, de proyectos con períodos de vida finitos y contables en términos de generaciones, y por lo tanto no deberíamos limitar nuestras posibilidades de explorar recursos alternos, como los geotérmicos, radiactivos, solares y eólicos.

Al respecto, vale la pena anotar aquí que, desde comienzos de mayo de 1992, Colombia fue sometida a un racionamiento de 8 horas diarias de energía eléctrica, ocasionado por el ineficiente manejo de los embalses y el desconocimiento o la subvaloración de los estudios y los pronósticos meteorológicos de corto plazo -como lo es la incidencia negativa para las lluvias, cada 8 a 10 años, del Fenómeno del Niño-. Lo anterior ha puesto en evidencia el peligro que constituye para la economía y el bienestar nacional la dependencia casi total de una sola fuente de energía y de un vulnerable sistema de interconexión eléctrica. Así, pues, la solución pronta y segura a este grave tropiezo ha cobrado máxima importancia y ha de buscarse en la pronta ejecución de los proyectos hidroeléctricos cuyas fases de prefactibilidad están listas desde años atrás, en el logro de un manejo descentralizado y responsable de los mismos, en el uso creciente de otros recursos energéticos, entre ellos la instalación de nuevas termoeléctricas a base de carbón y gas, y en el empleo de la energía solar para usos domésticos e industriales.

Las investigaciones geotérmicas permitirán al país cuantificar sus recursos, para desarrollos futuros, y en ocasiones, sustituir localmente otras fuentes energéticas, propiciando así el aumento de las exportaciones de posibles o temporales excedentes. En relación con este asunto deben promoverse estudios básicos de sensores remotos, geología y geofísica, así como de petrofísica en la zona fronteriza con Ecuador, Parque de los Nevados y en la zona de Paipa-Iza-Sogamoso.

El uso de la energía atómica con fines pacíficos, sigue siendo indispensable en muchos campos de la ciencia y tecnología. Si el país llegare a necesitar esta materia prima, habría necesidad de establecer políticas racionales de exploración, explotación y procesamiento de los elementos radiactivos. En la parte exploratoria existe una información básica proporcionada en la década del 70 principalmente

por compañías extranjeras, que debe ser cuidadosamente evaluada, comprobada y continuada.

2. Exploración Minera y Aguas Subterráneas:

a) Exploración Minera. En el año de 1988, la participación del sector minero en el PIB, alcanzó un 4.57% (Ministerio de Minas y Energía, 1989), con un total de exportaciones mineras de 2.102 millones de dólares, de los cuales 1.024 corresponden al petróleo y sus derivados. Se desprende consecuentemente, la importancia que la minería ha venido adquiriendo en nuestro desarrollo económico, por lo cual es conveniente continuar con la exploración ordenada y sistematizada que hasta ahora han adelantado entidades como INGEOMINAS, MINERALCO, MINMINAS, y las Universidades.

Conocer la caracterización de otros minerales estratégicos y preciosos, y realizar una ubicación y cuantificación en zonas como la Costa Pacífica y la Amazonia podrá aumentar considerablemente nuestra capacidad económica.

b) Aguas Subterráneas. A pesar de la gran cantidad de recursos hídricos superficiales que posee nuestro territorio, extensas zonas, especialmente rurales, carecen de agua potable, que podría ser suplida mediante el adecuado aprovechamiento de las aguas subterráneas con lo que se mejoraría la salud ciudadana y se lograría aumentar considerablemente la producción agrícola. La ubicación y cuantificación de este recurso se logra mediante estudios conjuntos de tipo geológico, geofísico y meteorológico. Los proyectos aislados serán más productivos, técnica y económicamente, si se integran como programas regionales e interinstitucionales. En el campo de las aguas subterráneas hay necesidad de auspiciar investigación básica para la caracterización de las propiedades físicas, químicas e hidrológicas de los acuíferos de interés, que además del consumo directo son indispensables para la industria cervecera y la de gaseosas. La aplicación de las modernas técnicas de recarga artificial de acuíferos podría constituirse en una práctica común, que nos permitiría aprovechar mejor las abundantes aguas de escorrentía de los períodos lluviosos, guardándolas en reservorios naturales, para usarlas en tiempos de sequía.

3. Prevención de Desastres, con programas en:

a) Sismología y vulcanología. Con la realización de proyectos de: 1) adecuación y complementación instrumental, redes e instrumentación portátil que permitan el establecimiento de una mayor densidad de datos, tanto en el tiempo como en el espacio; 2) estudios de geología histórica, estructural, y petrológica, aplicados a las áreas de interés (fortalecimiento de la vulcanología); 3) preparación de modelos geofísicos y geológicos, a partir de datos

históricos e instrumentales. Como aspecto complementario habremos de fijar atención en el análisis de "tsunamis".

Estas investigaciones deberán conducir a la obtención de mapas y modelos nacionales, regionales y locales de potencialidad y riesgo sismovolcánico, de referencia obligatoria en cualquier política de desarrollo.

b) Medio ambiente y estabilidad de terrenos. Al igual que en el caso de la sismovolcanología se requiere de la creación y fortalecimiento de grupos de investigadores (ojalá interdisciplinarios) que, mediante estudios geológicos, geofísicos, meteorológicos e ingenieriles, identifiquen las áreas de peligro para el hombre y sus infraestructuras.

Investigaciones geotécnicas y ambientales serán necesarias en cualquier polo de desarrollo, en especial de la contaminación atmosférica y de aguas superficiales y subterráneas.

Se incluyen aquí, estudios geológicos y morfológicos de zonas costeras.

c) Riesgos Hidrometeorológicos. Los programas integrados sobre este tema deben incluir análisis meteorológicos, climáticos, geográficos, geológicos, tanto áreas de posibles inundaciones o sequía y otros efectos como tormentas y ciclones tropicales. Mapas y modelos de variaciones temporales permitirán un control adecuado de estos riesgos.

Por lo tanto, sería necesario crear programas de pre y/o posgrado en meteorología y áreas complementarias.

Aparte de las citadas 3 líneas de investigación, como propuestas prioritarias de desarrollo y proyección en Geociencias, deberán considerarse otros proyectos básicos que se han venido realizando con resultados positivos y que muchas veces corresponden a programas internacionales como el del Cretácico, el de Megafallas, de Cuencas Oceánicas, Geodinámica Global, o el del Antártico. Estos proyectos permiten al país una presencia internacional en el campo geocientífico y comenzar a abordar problemas de frontera necesarios para el fortalecimiento y proyección de la Ciencia y Tecnología en Colombia.

VI. RECOMENDACIONES

1° Elaborar un directorio nacional de Ciencias de la Tierra, que incluya instituciones educativas, entidades y empresas estatales, mixtas y privadas, personal técnico y científico, asociaciones profesionales y gremiales, etc. Como modelo de dicho directorio se podría tomar, por ejemplo, el de UNESCO (1991).

2° Preparar una recopilación bibliográfica con los títulos de los libros, monografías, artículos, resúmenes, conferencias y tesis relativos a los diferentes tópicos de las Ciencias de la Tierra en Colombia, publicados en el país y en el exterior.

Tal publicación, ojalá de bajo costo, constituiría una

herramienta valiosa para el trabajo de alumnos, profesores, profesionales independientes y empresas que tienen que ver con las Ciencias de la Tierra; más aún dicha obra debería alimentar las bases de datos correspondientes y, en lo posible, venderse en forma de disquetes. Esta labor sería más rápida y efectiva si para su realización se logra el concurso del mayor número posible de instituciones.

3° Que cada una de las escuelas, departamentos o facultades con planes de estudio de pre y posgrado en Ciencias de la Tierra elaboren cuadernillos informativos, con datos completos sobre los planes y duración de los estudios, orientación general, infraestructura y laboratorios, datos históricos de la creación, aprobación y evolución de los programas, relación entre aspirantes y admitidos/semestre, número de egresados/semestre, número y grado de formación de los docentes, costos de las carreras y/o posgrados, y perspectivas de empleo para los egresados.

4° Adelantar un estudio detallado, de cubrimiento nacional, con miras a determinar la producción histórica, actual y proyectada de profesionales de las Geociencias, para luego confrontar los resultados con las necesidades actuales y las estimadas a 5, 10, 15 y 20 años, incluyendo niveles de posgrado.

Sólo así se podrán tomar decisiones bien fundamentadas, tendientes a mantener, incrementar (o eventualmente reducir) el número de admitidos y de egresados de las escuelas existentes; con esos datos se podrá también evaluar la conveniencia o no de la creación de nuevas carreras en Geociencias, o de la puesta en marcha de eventuales programas de posgrado.

5° Propiciar la realización de un amplio primer Encuentro o Congreso Nacional de Ciencias de la Tierra, que permita tanto el intercambio de conocimientos especializados, como el diálogo sobre políticas generales, áreas prioritarias de investigación y aplicación tecnológica, problemas que afectan a las instituciones y los gremios, necesidades instrumentales y de personal, etc. La información así obtenida será, sin duda, de gran valor para la acertada postulación de los planes de desarrollo en el sector de los recursos naturales no renovables, a corto, mediano y largo plazo.

6° Dado que Colombia es un país ecuatorial con abundantes recursos naturales y con una dinámica geológica compleja -que origina una alta sismicidad, un vulcanismo muy activo y una inestabilidad cortical que se manifiesta como derrumbes, deslizamientos, hundimientos, cambios de cauces en los ríos-, sería conveniente el impulso vigoroso de una cultura que propicie, por una parte, la explotación racional de los recursos no renovables, y por otra una actitud social responsable ante eventos catastróficos naturales. Es esta una labor que, a pesar de los logros enumerados en los capítulos anteriores, aún se encuentra en un estado poco avanzado.

Para poder cumplir con este cometido, los estamentos

gubernamentales deberían apoyar al máximo los diversos niveles de formación, así como la apertura en los medios de comunicación masiva (prensa, radio, cine y televisión) de espacios periódicos divulgativos, y la realización de frecuentes seminarios dirigidos a profesores de educación primaria y secundaria, ofrecidos por instituciones y profesionales competentes, que al final permitirían al estudiante y futuro ciudadano adquirir una sólida conciencia sobre los beneficios que se derivan del conocimiento de las Ciencias Naturales. Afortunadamente, en el último quinquenio, el Ministerio de Educación Nacional ha comenzado a reorientar la enseñanza, ofreciendo por ejemplo, la posibilidad de canalizar esfuerzos en el bachillerato hacia un mayor conocimiento y aprovechamiento de los recursos marinos en zonas costeras.

En relación con lo anterior, es de destacar que entre 1989 y 1990, la Secretaría de Educación del Distrito Especial de Bogotá y la Universidad Nacional adelantaron conjuntamente la implementación y puesta en marcha de un nuevo plan de estudios para los grados 10 y 11 del bachillerato diversificado en "Ciudad Bolívar" y "CEMDIZOB", plan que entre otras cosas contempla las Geociencias, como una parte fundamental de las Ciencias de la Tierra, en los grados antedichos.

7° Estudiar la posibilidad de incrementar los recursos físicos y humanos existentes en el área de Geociencias, mediante un aumento del presupuesto para la investigación, a partir de los rendimientos extras que vienen produciendo al país las exportaciones de hidrocarburos y minería. Asimismo, debería analizarse la conveniencia de la creación de un "Consejo Superior de Investigaciones Científicas" (al estilo de los existentes en España, Argentina, Brasil y Venezuela), capaz de evaluar competente y eficazmente los distintos programas que se presenten para aprobación de los diferentes organismos financiadores y, sobre todo, analizar periódicamente, ojalá una vez por año, los rendimientos de los investigadores y la calidad de los resultados de los proyectos a su cargo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a las instituciones que respondieron las encuestas y a aquellas personas que con sus comentarios y observaciones contribuyeron a la mejora del contenido del presente ensayo, entre otros los Drs. Jorge Charúm, Hermann Duque y Michel Hermelin; a las señoritas Sonia Pongutá y Lucía Ochoa por la transcripción mecanográfica.

REFERENCIAS

ACOSTA, J. (1846): Relation de l'éruption boueuse sortie du Volcán Ruiz et de la catastrophe de Lagunilla dans la République

de la Nouvelle Granade. -Comptes Rendus. Acad. Scie. 22 (709 - 710), Paris.

ACOSTA, J. (1850): Sur les montagnes de Ruiz et de Tolima (Nouvelle Granade) et les éruptions boueuses de la Magdalena. - Bull. Soc. Geol. France, 489 - 496, Paris.

ARBOLEDA, G. (1919) Historia contemporánea de Colombia. - Ed. Arboleda & Valencia, T. I, pg 490; T. II p 474, Bogotá.

BATES, R. L. & JACKSON, J. A. (1980): Glossary of Geology.- Amer. Geol. Inst., pp. 1-733, Falls Church, Virginia.

BOTERO, G. (1978): Apuntes para la Historia de las investigaciones geológicas en Colombia.- En Ciencia y Tecnología en Colombia, Biblioteca Básica Colombiana, Inst. Colombiano Cult., Edit. Escala, Bogotá.

BRIEVA, J. *et al.* (1989): La investigación en ciencias de la tierra en la Universidad Nacional. Presente y Futuro.- Mscr., 14 pp., Fac. Ciencias, Univ. Nal., Bogotá.

BUCH, L. von (1839): Pétifications recueillies en Amérique par Mr. A. de Humboldt et par Mr. Charles Degenhardt; 22 pp., 2 pl., Berlin (Impr. Acad. Roy. Sciences).- Reproducido también en: EWALD, J. & DAMES, W. (Ed.): Leopold von Buch's gesammelte Schriften, 4 Bd., 2 Hlfte, pp. 519-542, Berlin, 1985.

BUENO, J.A., BRIEVA, J.A., DURAN, L.G., LOZANO, J.A. & CACERES, C.A. (1968): Proyecto de cooperación de la UNESCO en el desarrollo del Departamento de Geología, Facultad de Ciencias.- Universidad Nacional de Colombia, 64 pp., Bogotá.

CADENA, R. (1982): La situación de la Docencia y la Investigación en Geología. -Soc. Colombiana de Geología & Colciencias, (Mscr.), 86 pp., Anexos, Bogotá.

CASE, J.E. (1978): Future Programm of the Earth Sciences at National Level for Colombia.- UNDP Project COL/76/005, UNESCO, Mscr., 16 pp., Menlo Park, California.

CONSEJO PROFESIONAL DE GEOLOGIA, (1981): Folleto Informativo, pp. 1-35, Bogotá.

CORTES, C. (1989): En ciencia y tecnología, estamos rezagados.- Lecturas Dominicales, El Tiempo, Octubre 22/89. Bogotá.

DURAN, L. (1974): Reseña histórica de la geología en Colombia.- Historia Extensa de Colombia, Tomo XXIV, pp. 288-308. Academia Colombiana de Historia. Bogotá.

- ECOPETROL, (1988): Conociendo nuestro petróleo. Cuaderno N° 1. Public. ECOPETROL, 10 p. Bogotá.
- ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA (1979): Geología, Geofísica, Geografía, Ciencia y Profesión.- Corp. Desarr. Cient. Recursos Nat. no Renov. & Escuela de Ciencias de la Tierra, 70 pp., Bogotá.
- ESPINOSA, A. (1984): Historia de las investigaciones geológicas en Colombia, notas a partir de la segunda mitad del siglo XIX.- *Cienc. Tec. Des.* 8 (1-4), pp. 211- 252, Bogotá.
- _____. (1989): Panorama Histórico de la Geología Colombiana, entre 1880 y 1980.- *Rev. de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Volumen XVII, N° 64, pp. 133-136. Bogotá.
- GALVEZ, C.E., SOTO, R., VALENCIA, M., DUQUE, J.C., MARTINEZ, J.A. & TORO, J.C. (1989): Pesquisa en diario el "El Espectador" sobre los deslizamientos ocurridos en el territorio Colombiano en el período 1980-1987.- *Bol. Vías*, XVI, 67, 72-109, 2 Figs., Univ. Nal., Manizales.
- GARAVITO, C. (1989): Medidas del campo magnético en Bogotá, desde 1801 hasta la fecha actual. -*Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia*, V39, 122-123, pp. 41-48. Bogotá.
- HAGSTROM, W. O. (1965): The Differentiation of Disciplines, tomado de Barry Barnes: *Sociology of Sciences*. Penguin Book, s.f. London.
- HERMELIN, M. (1978 a): Simbiosis, ponencia para la reunión dedicada a la enseñanza de la geología.- I Congr. Colombiano de Geol. (Mscr.). 25 pp., Bogotá.
- _____. (1978 b): Pentagrama (o las cinco agrupaciones geológicas colombianas). Ponencia presentada en el II Congreso Colombiano de Geología.- Mscr. 23 pp., Bogotá.
- _____. (1978 c): El panorama de la Geología en Colombia visto desde Ingeominas.- *Prociencia* N° 7, pp. 6-51, Bogotá.
- _____. (1979): La Geología: Ciencia y Profesión.- Mscr. 59 pp., Bogotá.
- _____. (1981 a): Situación de la Geología en Colombia.- Mscr. 46 pp., Sociedad Colombiana de Geología, Bogotá.
- _____. (1981 b): Soluciones propuestas para la crisis de geólogos en Colombia.- Mscr. 18 pp.
- HUMBOLDT, A. von (1801): en "Alexander von Humboldt en Colombia, extracto de sus diarios".- Acad. Colombiana Cienc. Exac. Fis. & Nat.- Acad. Cienc. Republ. Democr. Alemana (Edit.), 281 pp., 1982, Bogotá.
- IAN (1989 a): Instituto de Asuntos Nucleares: Ciencia y Tecnología para el Progreso.- IAN, 269 pp., Bogotá.
- IAN (1989 b): Informe de labores 1988.- IAN, 54 pp., Bogotá.
- ICFES (1988 a): Programas de Educación Superior 1988-1989. Subdirección Jurídica, División de Procesos Editoriales, 177 pp., Bogotá.
- _____. (1988 b): Directorio de la Educación Superior en Colombia.- Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior. Subdirección de Fomento. Suplemento, 137 pp., Bogotá.
- ICFES / SNP (1988): Manual de Información Profesional. Edit. Guadalupe Ltda., 353pp., Bogotá.
- INGEOMINAS (1983): ¿Qué es Ingeominas?-Ingeominas Dirección General, 31 pp., Bogotá.
- _____. (1984): Catálogo de Publicaciones.- Ingeominas, Sec. Exten. 46pp., Bogotá.
- _____. (1986): El sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983.- Autores varios. Public. Banco Central Hipotecario, 320 pp., Bogotá.
- _____. (1989): Ingeominas, investigación para el desarrollo de Colombia.- Folleto informativo, Dirección General, 24 pp., Bogotá.
- _____. (1993): Plan Operativo 1993.- Ingeominas, Ofic. Planeación, 38 pp., Bogotá.
- MEYER, R.P. (1981): Assesment of Geosciences training and research in Colombia, with emphasis on Geophysics.- UNDP Project COL/76/005, 76 pp.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA- ECOMINAS (1989): Estadísticas del Sector Minero, N° 4, Oficina de Planeación. Bogotá.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA - COLCIENCIAS (1985): Programa Nacional de Ciencia y Tecnología en Recursos Energéticos. Edic. Guadalupe Ltda, 86 pp., Bogotá.
- MISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (1989): Documento de Trabajo "Los Laboratorios de Investigación". pp. 1-9.- FONADE, Bogotá.

- MOJICA, J. COLMENARES, F., VILLARROEL, C., MACIA, C. & MORENO, M. (1986): Características del flujo de lodo ocurrido el 13 de noviembre de 1985 en el Valle de Armero, Tolima.- Geol. Colombiana N° 14, pp. 107-140, 23 Figs., Bogotá.
- NORTH, F. K. (1985): Petroleum Geology.- Allen & Unwin Inc., 607 pp., Winchester, Mass.
- PALLISTER, J. W. (1976): Informe preliminar sobre necesidades actuales y futuras de geólogos en Colombia.- Proyecto COL/72/037/UNESCO/PNUD, (Mscr.). 22 pp. Bogotá.
- RAMIREZ, J. E. (1957): Bibliografía de la biblioteca del Instituto Geofísico de los Andes sobre Geología y Geofísica de Colombia.- 2a. edición, Vol. serie G - Geología N° 6, 551 pp., Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Bogotá.
- RAMIREZ, J. E. (1977): Historia del Instituto Geofísico al conmemorar sus 35 años.-Edit. Guadalupe, 31 pp. Bogotá.
- SARRIA, A. (1986?): Terremoto de México del 19 de septiembre de 1985.- Compañía Central de Seguros, 77 pp., Bogotá.
- SIMON, Pedro (1625): Noticias historiales de las conquistas de la tierra firme en las indias occidentales. -Ed. Medardo Rivas, 376 pp., Capítulos VI y XLI. 1982, Bogotá. También en la Biblioteca Autores Contemporáneos, Min. Educ. Nal. Edic. Rev. Bolívar, Ed. Kelly, T. IV y VI, 1953, Bogotá.
- SORIANO H. (1968): Itinerario de la Comisión Corográfica. Universidad Nacional de Colombia. Imprenta Nacional, 185 p. Bogotá.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (1966): Obras completas de Fransisco José de Caldas. -Imprenta Nacional, 530 pp., Bogotá.
- _____. (1981): La Geología en la Universidad Nacional: Perspectivas de Desarrollo. -Oficina de Planeación, 12 pp., Bogotá.
- UJUETA, G.(1979): Geólogos, demanda actual y futura para la búsqueda y evaluación de los recursos energéticos y mineros de Colombia.- Consejo Profesional de Geología, pp. 1-35, Bogotá.
- UNESCO (1991): Directorio de Facultades/Departamentos de Geociencias de Universidades y Comités Nacionales y Puntos Focales del Programa Internacional de Correlación Geológica - PICG, América Latina y el Caribe.- Montevideo
- Geológico Nacional.- Comp. Estud. Geol. Ofic. Colombia. 592 pp. Servicio Geológico Nacional, Bogotá.
- Dirección de los Autores:*
- Profesores*
- Geofísico Luis A. Briceño Ms y*
- Geólogo Jairo Mojica Dr. rer. nat.*
- Universidad Nacional de Colombia*
- Facultad de Ciencias*
- Departamento de Geociencias*
- Apartado 14490*
- Tels: 2682289 - 2442810*
- Santafé de Bogotá, D.C*
- Manuscrito recibido: mayo de 1993.*

ANEXO 1

Direcciones de las principales entidades mencionadas en el texto

ACAC

(Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia).
Antiguas Residencias Camilo Torres, Bloque C, Módulo 3,
Universidad Nacional, Apartado 92581 Tels. 269 9111; 2213313.
Bogotá

ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES.

Carrera 3a. N° 17-34, Tel. 242 4805
Bogotá.

ACGGP

(Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo)
Tel. 288 6729
Bogotá.

AGEMPET

(Asociación Colombiana de Geólogos, Ingenieros Geólogos, de Minas, Metalurgia y Petróleos)
Apartado 51 505, Tels. 263 2268 - 295 1317
Medellín.

AGID

(Asociación de Geocientíficos para el Desarrollo Internacional)
Oficina principal en Suramérica:
Casilla 183, Cochabamba, Bolivia.
En Colombia: Geól. Jorge Valdiri, INGEOMINAS,
Bogotá

AGUNAL

(Asociación de Geólogos Egresados de la Universidad Nacional)
Departamento de Geociencias, Apartado 14490, Universidad Nacional, Tel. 268 0675
Bogotá.

BID

(Banco Interamericano de Desarrollo)
Avenida 40 A N° 13-09 Piso 8°, Tel. 288 0366,
Fax (91) 288 6336, Apartado 12037
Bogotá.

- CAR**
Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Bogotá, Ubaté y SuárezCarrera 10a. N° 16-82, pisos 4-5-6, Tel. 281 3111, Apartado 11645
Bogotá
- CARBOCOL**
(Carbones de Colombia S.A.)
Carrera 7a. N° 31-10, Pisos 5-10, Fax (91) 287 7113
Bogotá.
- CARBORIENTE**
(Carcbones del Oriente S.A.)
Calle 35 N° 17-77, Tels. 21606 - 23998 - 29151 Piso 5, Apartado 2580
Bucaramanga.
- CEE**
(Comunidad Económica Europea)
Dirección General de Investigación y Desarrollo
DG XII 64, Rue de la Loi 200 B-1049
Bruselas- Bélgica
- CIAF**
(Centro Interamericano de Fotointerpretación)
c.o. IGAC
CARRERA 30 N° 49-51, TELS. 2680700; 2216700
Bogotá
- CIF**
(Centro Internacional de Física)
Edificio Manuel Ancizar, Oficina 2053, Fax 268 2366, Universidad Nacional, Apartado 49490
Bogotá
- COLCIENCIAS**
(Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas)
Transversal 9A N° 133-28, Tels. 216 9800 - 216 6953 - 216 3462, Fax (91) 274 4460, Apartado 36770
Bogotá
- CPG**
(Consejo Profesional de Geología)
Edificio Manuel Ancizar, Tel. 268 0675, Piso 3, Universidad Nacional, Apartado 49490
Bogotá
- COMISION COLOMBIANA DE OCEANOGRAFIA**
Calle 41 N° 46-20, Piso 4, CAN, Tel. 222 0436
Bogotá
- CORELCA**
(Corporación Autónoma Regional Eléctrica de la Costa Atlántica)
Carrera 55 N° 72-109, Piso 9
Barranquilla
- CORPONARIÑO - GTZ**
Tels. (930) 39 111 - 34 226
Apartado 902
Pasto
- CVC**
(Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca)
Carrera 56 N° 11-36, Tel. (92) 396671, Apartado 2366
Cali
- CHEC**
(Central Hidroeléctrica de Caldas)
Estación La Uribe
Manizales
- EAFIT**
(Universidad Escuela de Administración y Finanzas y Tecnologías)
Carrera 49 N° 7 Sur 50, Autopista Sur, Av. Las Vegas, Tel. (574)266 0500, Fax (574) 266 4284
Medellín
- ECOPETROL**
Empresa Colombiana de Petróleos
Carrera 13 N° 36-24, Edificio Colgás, Tels. 285 6400 - 285 0411, Apartados 5938 - 6813
Bogotá
- ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA**
Calle 25 Sur N° 42-73, Tels. 255 9050 - 255 7522, Apartado 7516
Medellín
- ESCUELA NAVAL DE CADETES**
"Almirante José Prudencio Padilla"
Isla de Manzanillo-Bosque, Tels. 622568 - 620978
Cartagena
- FEN**
(Financiera Eléctrica Nacional S.A.)
Calle 71 A N° 6-30, Pisos 15 y 20. Tel. 217 2100, Apartado 1062Bogotá
- FONADE**
(Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo)
Calle 26 N° 13-19, Tel. 282 9400, Fax (91)282 6018
Bogotá
- FUNDACION TECNOLOGICA DEL AREA ANDINA**
Calle 71 N° 13-21, Tels. 2489054-235 8864
Apartado 50814
Bogotá
- FUNDACION UNIVERSIDAD CENTRAL**
Carrera 5a. N° 21-38, Tels. 234 1966- 234 6229
Bogotá
- FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA**
Paseo Bolívar N° 19-91, Tels. 281 5706- 281 8440
Bogotá
- FUNDACION UNIVERSITARIA DE BOGOTA "Jorge Tadeo Lozano"**
Calle 23 N° 4-57, Tels. 281 0351- 2838600
Bogotá
- FUNDACION UNIVERSITARIA DE POPAYAN**
Calle 53A N° 3-38, Tels. 21920- 22395, Apartado 742, Sede Los Robles, Km 8
Popayán,
- IAN**
(Instituto de Asuntos Nucleares)
Carrera 50 - Avenida El Dorado, Tel. 222 0036, Apartado 8595
Bogotá
- ICEL**
(Instituto Colombiano de Energía Eléctrica)
Carrera 13 N° 27-00, Piso 3-4-6-9, Tel. 281 6200

Bogotá

ICFES
(Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior)
Calle 17 N° 3-40, Tel. 281 9311, Apartado 6319
Bogotá

ICP
(Instituto Colombiano del Petróleo)
Instalaciones de Guatimar, Tels. (975) 50508-50507, Fax (975) 50571
Piedecuesta, Santander

INFOMAR
(Servicio de Información en Ciencias y Tecnología del Mar)
Comisión Colombiana de Oceanografía
Calle 41 N° 46-20, Piso 4°, CAN
Bogotá

IFI
(Instituto de Fomento Industrial)
Calle 16 N° 6-66, Pisos 7-15, Tel. 282 2055
Bogotá

IGAC
(Instituto Geográfico Agustín Codazzi)
Carrera 30 N° 48-51, Tels. 268 0700- 221 6700
Bogotá

INGEOCOL
(Servicio de Información Geológica Colombiana)
Carrera 13 N° 36-24, Edificio Colgás, Piso 8,
Bogotá

IGCP
(International Geological Correlation Program - UNESCO-UIGS)
Division of Earth Sciences, UNESCO, 7 Place de Fontenoy
75000 Paris, France

INSTITUTO GEOFISICO DE LOS ANDES COLOMBIANOS
(Pontificia Universidad Javeriana)
Carrera 7a. N° 40-62, Tel. 287 5584, Apartado 56710
Bogotá

INGEOMINAS
(Instituto Nacional de Investigaciones en Ciencias de la Tierra,
Minería y Química)

Sede Principal y Regional del Oriente:
Diagonal 53 N° 34-53, Tels. 222 1811- 2223909, Fax 222 3597,
Apartado 4865
Bogotá

Regional del Alto Magdalena:
Carretera 8a. N° 19-31, Barrio Interlaken, Tels. (982) 648149-
639913, Fax (982) 630683, Apartado 916
Ibagué

Regional del Nororiente:
Carrera 20 N° 24-71, Tel. (973) 25527, Fax (973) 25481
Bucaramanga

Regional del Pacífico:
Avenida Jorge Garcés, Calle 16 Esquina, Predios Univalle,
Edificio 349, Tel. (923) 393077, Fax 394899
Apartado 9724
Cali

Regional del Caribe:
Carrera 3a. N° 8-11, Bocagrande, Tel. (953) 654531,
Fax (953) 655438
Cartagena

Regional del Noroccidente:
Transversal 75 N° 79A 51, Tel (94) 264 4949,
Fax (94) 2345062, Apartado 65160
Medellín

Regional del Sur:
Calle 4 N° 2-39, Tel. (9282) 33711, Fax 22255
Popayán

INSTITUTO NACIONAL DE EDUCACION TECNICA
PROFESIONAL DE SAN JUAN DEL CESAR
Barrio 20 de Julio, Tels. 40271- 40098
San Juan del Cesar, Guajira

ISA
(Interconexión Eléctrica S.A.)
Sede Principal:
Calle 12 Sur N° 18-161, Tel. (94) 266 2000, Apartado 8915,
Carretera Las Balsas
Medellín
Sede de Bogotá:
Calle 26 N° 48-45, Piso 3°, Tels. 282 8763- 2821961,
Fax (91) 281 7318
Bogotá

MINERALCO (Ex ECOMINAS)
Minerales de Colombia S.A.
Calle 32 N° 13-07, Tel. 287 5588
Bogotá

MINMINAS
(Ministerio de Minas y Energía)
CAN, Avenida El Dorado, Tels. 222 4555- 222 0068
Bogotá

MINOBRAS
(Ministerio de Obras Públicas y Transporte)
CAN, Avenida El Dorado, Tels. 221 6060- 222 3574
Bogotá

MISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
Calle 26 N° 13-19, Tel. 282 9400, FONADE
Bogotá

OBSERVATORIOS VULCANOLOGICOS
DE COLOMBIA
-Avenida 12 de Octubre N° 15-47, Tels (968) 843004- 843005, Fax
(968) 826735, Apartado 1296
Manizales
-Carrera 3a N° 18-07
Pasto

OFICINA DE PLANEACION NACIONAL
Calle 26 N° 13-19, Piso 17, Tel. 282 9400
Bogotá

ONADE
(Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y
Emergencias de la Presidencia de La República, Departamento
Administrativo)
Calle 7 N° 6-54, Piso 3°, Tel. 283 4966, Fax 233 5906
Cali

Bogotá

OSSO

(Observatorio Sismológico del Suroccidente Colombiano)
Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Apartado 25360
Cali

POLITECNICO COLOMBIANO

"Jaime Isaza Cadavid" (Educación a distancia)
Avenida Las Vegas Calle 10A N° 48-95, Tels. 266 5700- 2661622,
Apartado 4932
Medellín

SIDES

(Servicio de Información y Documentación para la Educación Superior)
Avenida 40 N° 16-46, Tels. 287 7097- 287 7071
Bogotá

SISMOCOL

(Sismografía Colombiana S.A.)
Transversal 6a. N° 27-10, Tel. 2846068
Bogotá

SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOLOGIA

Edificio Manuel Ancizar, Piso 3°, Tel. 268 0675 Universidad Nacional,
Apartado 32214
Bogotá

SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

Fax (91) 2923484, Tels. 222 3895- 292 4695,
Apartado 057045
Bogotá

TEXACO

Texas Petroleum Company
Calle 100 N° 7A-81, Apartado 12712
Bogotá

UIS

(Universidad Industrial de Santander)
Carrera 27 Calle 9A, Tel. (973) 352101, Apartado 678
Bucaramanga

UN

(Universidad Nacional de Colombia)

Sede principal: Tels. (91) 269 9111- 2691700
Ciudad Universitaria
Bogotá

Seccional Manizales:

Carrera 27 N° 84-60, Tels. 852332- 854105
Apartado 275
Manizales

Seccional Medellín:

Carrera 64 Calle 65, Autopista Norte
Tels. (94) 230 011- 230 0760
Apartado 508
Medellín

UNESCO

(Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)
1 Rue Miollis, Tel. (33) -1-568 2868
75015 Paris, France

UNIVERSIDAD DE CALDAS

Calle 65 N° 26-10, Tels. 855240- 851712
Apartado 275
Manizales

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Carrera 1a. Este N° 18A-10, Tels. (91) 241 0467
2437474, Apartado 4976
Bogotá

UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Carrera 22 N° 18-109, Tels. 35654- 35655
Apartados 505 y 626
Pasto

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

Calle 5a. N° 5-70, Tels. 23020- 23021
Poapayán

UNIVERSIDAD DISTRITAL "Francisco José de Caldas"

Carrera 8a. N° 40-78, Tels. (91) 245 8688- 287 0751
Apartado 8688
Bogotá

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

Avenida Gran Colombia N° 12E-96, Tels. 44252- 40072
Apartado 1055
Cúcuta

UPTC

(Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia) Calle 4a.
Sur N° 15-134, Tels. 3670- 2278,
Apartado 332
Tunja

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Carrera 1a. Avenida Pastrana Borrero
Tels. 47277- 47266- 45443, Apartado 385
Neiva

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCO

"Diego Luis Córdoba"
Carrera 2a. N° 25-22, Apartado 22
Quibdó, Chocó