



COLECCIÓN ADMINISTRACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO

**PLAN ESTRATÉGICO DEL CONOCIMIENTO
GEOLÓGICO DEL TERRITORIO
COLOMBIANO 2014-2023**



**PLAN ESTRATÉGICO DEL CONOCIMIENTO
GEOLÓGICO DEL TERRITORIO
COLOMBIANO 2014-2023**

COLECCIÓN ADMINISTRACIÓN, GESTIÓN Y DESARROLLO

**PLAN ESTRATÉGICO DEL CONOCIMIENTO
GEOLÓGICO DEL TERRITORIO
COLOMBIANO 2014-2023**



CONSEJO DIRECTIVO

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Tomás González Estrada
MINISTRO DE MINAS Y ENERGÍA

Luis Felipe Henao Cardona
MINISTRO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO

Yaneth Giha Tovar
**DIRECTORA GENERAL
COLCIENCIAS**

Javier Betancourt Valle
**PRESIDENTE
AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS**

Natalia Gutiérrez Jaramillo
**PRESIDENTA
AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA**

Carlos Iván Márquez Pérez
**DIRECTOR GENERAL
UNIDAD NACIONAL PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES**

Contralmirante Ernesto Durán González
**DIRECTOR GENERAL
DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA**

DIRECTIVOS

Oscar Eladio Paredes Zapata
DIRECTOR GENERAL

Iván Sarmiento Galvis
SECRETARIO GENERAL

Alberto Ochoa Yarza
DIRECTOR DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

Marta Lucía Calvache Velasco
DIRECTORA DE GEOAMENAZAS

Gloria Prieto Rincón
DIRECTORA DE RECURSOS MINERALES

Héctor Manuel Enciso Prieto
DIRECTOR DE LABORATORIOS

Fernando Mosos Patiño
DIRECTOR DE ASUNTOS NUCLEARES

Margarita Bravo Guerrero
DIRECTORA DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN

Adriana Plazas Tovar
JEFE OFICINA ASESORA JURÍDICA

Leopoldo González Oviedo
ASESOR DE LA DIRECCIÓN GENERAL

Édgar González Sanguino
COORDINADOR GRUPO DE PLANEACIÓN

© Servicio Geológico Colombiano

Compilado por Armando Espinosa Baquero
ASESOR, SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO

Coordinación y revisión editorial
Luis Eduardo Vásquez Salamanca
Diseño y diagramación
Adriana Carolina Mogollón Castellanos
PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y COMUNICACIONES

Bogotá, Colombia
Diciembre, 2014

AGRADECIMIENTOS	1
PRESENTACIÓN	3
BREVE RESEÑA HISTÓRICA	3
EVOLUCIÓN RECIENTE Y COMPETENCIAS FUNCIONALES	3
MISIÓN	5
VISIÓN	6
MAPA DE PROCESOS	6
ORGANIGRAMA	6
OBJETIVOS ESTRATÉGICOS	7
PLAN ESTRATÉGICO	7
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO	8
DIRECCIÓN DE GEOCIENCIAS BÁSICAS	13
DIAGNÓSTICO	13
LÍNEAS TEMÁTICAS	22
PROYECTOS	27
ESTRATEGIAS	38
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO	45
DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES	49
OBJETIVO GENERAL	49
OBJETIVO ESPECÍFICO	49
DIAGNÓSTICO	50
LÍNEAS TEMÁTICAS	53
PROYECTOS	54
ESTRATEGIAS	54
METODOLOGÍAS	55
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO	56
DIRECCIÓN DE HIDROCARBUROS	59
DIAGNÓSTICO	59
LÍNEAS TEMÁTICAS	59
PROYECTOS A DIEZ AÑOS EN LAS CUENCAS COLOMBIANAS	61
ESTRATEGIAS	61
METODOLOGÍAS	64
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO	64

DIRECCIÓN DE GEOAMENAZAS	67
DIAGNÓSTICO	67
LÍNEAS TEMÁTICAS	70
PROYECTOS	71
ESTRATEGIAS	71
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO	72
DIRECCIÓN DE ASUNTOS NUCLEARES	77
DIAGNÓSTICO	77
LÍNEAS TEMÁTICAS	88
PROYECTOS	88
ESTRATEGIAS	88
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO	89
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN	93
DIAGNÓSTICO	93
LÍNEAS TEMÁTICAS	95
PROYECTOS	96
ESTRATEGIAS	105
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO	106
DIRECCIÓN DE LABORATORIOS	109
DIAGNÓSTICO	109
LÍNEAS TEMÁTICAS	111
PROYECTOS	113
ESTRATEGIAS	116
APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO	117
ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN	121
GENERALES	121
BÁSICAS	123
ANEXOS	127
GEOCIENCIAS BÁSICAS	129
RECURSOS MINERALES	136
GEOAMENAZAS	137
GESTIÓN DE INFORMACIÓN	138
LABORATORIOS	139
RESUMEN DE PRESUPUESTO	140

El Plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014-2023 es un esfuerzo realizado por los integrantes de los equipos técnicos del Servicio Geológico Colombiano (SGC), es una respuesta a la necesidad de contar con una guía estratégica del quehacer científico de esta entidad, la cual habrá de orientar la asignación de las importantes inversiones que en el conocimiento geocientífico del subsuelo de la nación deberá hacer el SGC como autoridad geocientífica del territorio nacional.

Por su dedicación y esfuerzos les expresamos un agradecimiento especial a los profesionales Marta Lucía Calvache Velasco, Gloria Prieto Rincón, Leopoldo González Oviedo, Alberto Ochoa Yarza, José Álvaro Nivia Guevara, Gabriel Rodríguez García, Armando Espinosa Baquero, Jorge Gómez Tapias, Jaime Arturo Romero León, Gloria Obando Erazo, José Henry Carvajal Perico, Héctor Mora Páez, Ana María Correa Tamayo, Henry Villegas Vega, Bernardo Pulgarín Alzate, María Luisa Monsalve Bustamante, Diana Montoya Arenas, Fernando Etayo Serna, José Arenas Mosquera, Édgar Carrillo Lombana, Hans Diederix, Marco Antonio Rincón Mesa, Roberto Terraza Melo, Ismael Moyano Nieto, Claudia María Alfaro Valero, Hugo Jesús Cañas Cervantes, Adriana Agudelo Restrepo, Diego Gómez Martínez, Gloria Patricia Cortés Jiménez, John Makario Londoño Bonilla, Andrés Reyes Merchán, Mónica Arcila Rivera, Cristian Santacoloma Salguero, Jaime Sandoval Lagos, Fernando Mosos Patiño, Mary Luz Peña Urueña, Margarita Bravo Guerrero, Alberto García Bolívar, Héctor Hernando Torres Rojas, Julián Escallón Silva, Rosa Amelia Parra Cartagena, Jaime Alberto Garzón Barrios, Ómar Santafé Alfonso, Ana María Cardona López, Héctor Manuel Enciso Prieto y funcionarios de los laboratorios.

Particular agradecimiento al Banco Mundial por su valiosa asesoría y recomendaciones técnicas, efectuadas a través de Daniele La Porta Arrobas, especialista en minería, y Enrique Ortega Gironés, geólogo consultor; a la Agencia Nacional de Hidrocarburos, por la participación de Juan Fernando Martínez, vicepresidente técnico, quien colaboró en la elaboración del capítulo de recursos hidrocarburiíferos, al doctor Enrique Forero González y demás directivos de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por su aporte en la moderación y resumen de las recomendaciones que surgieron del Foro Perspectivas del desarrollo de conocimiento geológico de Colombia 2014-2023.

Igualmente, un agradecimiento especial al geólogo Armando Espinosa Baquero, por su dedicación y compromiso en la compilación de este Plan Estratégico, sin cuyo trabajo este documento adolecería de la estructura coherente que hoy presenta.

Oscar Eladio Paredes Zapata

DIRECTOR GENERAL

BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El Servicio Geológico Colombiano fue fundado en 1916 con el nombre de Comisión Científica Nacional y tomó luego los nombres de Servicio Geológico Nacional (1939-1953), Instituto Geológico Nacional (1953-1957), Servicio Geológico Nacional (1957-1969), Ingeominas (1969-2011) y Servicio Geológico Colombiano (desde noviembre de 2011). La continuidad de esas instituciones no plantea dudas, ya que cada una de ellas recibió en su acta de fundación las funciones de aquella que le precedió.

Durante sus casi cien años de existencia el Servicio Geológico ha hecho grandes contribuciones al progreso de Colombia. Sus mayores desarrollos ocurrieron en las épocas de guerra (Primera y Segunda guerras mundiales) cuando la Comisión Científica Nacional y el Servicio Geológico Nacional tuvieron como misión buscar yacimientos de materias primas; estas eran entonces casi todas importadas y las guerras habían interrumpido su abastecimiento. En la década del cincuenta del siglo pasado, el Servicio Geológico fue uno de los motores de la industrialización del país, pues asumió el liderazgo de proyectos como la siderúrgica de Paz de Río y la primera industria cementera nacional.

Los estudios geológicos básicos, en particular la cartografía geológica sistemática del territorio nacional, han sido un objetivo fundamental del Servicio Geológico y han apoyado el desarrollo del país en muchas áreas como obras de infraestructura, minería, aspectos ambientales y ordenamiento del territorio, entre otras. A pesar de que el tema de los fenómenos geológicos dañinos no estuvo incluido en las funciones del Servicio Geológico en sus primeras décadas, los acontecimientos lo fueron llevando a ocuparse de él, en casos como los terremotos de 1917 en Bogotá, de 1979 en el antiguo Caldas y de 1983 en Popayán, deslizamientos en muchas regiones del país desde la década de 1930 y la erupción del Nevado del Ruiz en 1985. Finalmente, el gobierno nacional puso a su cargo las redes sismológicas, de acelerógrafos, de GPS y GNSS, de los observatorios vulcanológicos, y el liderazgo en el tema de las amenazas geológicas.

EVOLUCIÓN RECIENTE Y COMPETENCIAS FUNCIONALES

Los servicios geológicos constituyen una de las instituciones públicas más tradicionales y de más reconocimiento en la organización de la mayor parte de los

países. En todos los casos, su origen tuvo como motivación el proporcionar el conocimiento del subsuelo indispensable para apoyar el desarrollo económico de cada país y especialmente el del sector minero.

Con el paso del tiempo, una parte de los objetivos originales que dieron lugar a la creación de los servicios geológicos permanecen aún válidos, pero el desarrollo tecnológico y los recientes cambios en las demandas sociales han introducido cambios sustanciales en las funciones y obligaciones que un servicio geológico moderno debe abordar. En varios países, dichas funciones han sido recientemente reevaluadas y los gobiernos correspondientes se han cuestionado sobre los productos que un servicio geológico debe proporcionar, en conformidad con las necesidades del desarrollo del país y de forma coherente con las demandas de la sociedad. Como consecuencia, durante las últimas dos décadas, una gran parte de los servicios geológicos del mundo han redefinido sus funciones y rediseñado sus productos y servicios.

El SGC no es una excepción en esta tendencia global y, a punto de cumplir su primer centenario, un cambio radical acaba de producirse en su mandato institucional, al incluirse el Programa de Ciencias de la Tierra dentro del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Este cambio trascendental, de forma coherente con la tendencia internacional, ubica a la investigación en geología, geoquímica y geofísica entre los procesos de desarrollo científico que impulsan al país en la dinámica de desarrollo global, además de que se constituye en insumo importante para el desarrollo de las políticas de Estado.

En las “Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 Prosperidad para Todos”, el cual hace parte del *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014*, según el artículo 2.º de la Ley 1450 de 2011, al hacerse un análisis del sector minero-energético del país se plantea que para poder tomar las decisiones de política acertadas para el desarrollo del potencial de recursos del subsuelo de Colombia es necesario contar con un conocimiento geológico, geoquímico y geofísico adecuado del subsuelo. Ese conocimiento permite identificar zonas susceptibles de ser reservadas por el Estado para su posterior asignación a través de procesos competitivos.

Según los lineamientos planteados en la reforma al Sistema General de Regalías (Acto Legislativo 005 del 18 de julio 2011) se prevé que un 2 % de las regalías totales serán distribuidas según las políticas y prioridades sectoriales en cartografía y conocimiento geológico del subsuelo y en la fiscalización de los yacimientos.

El Decreto Ley 4131 de 2011 “Por el cual se cambia la Naturaleza Jurídica del Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas)”, determina en el artículo 3.º que el Servicio Geológico Colombiano como entidad de carácter científico y técnico tiene como objeto “realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo y administrar la información del subsuelo”. Dicho decreto define funciones explícitas para el Servicio Geológico Colombiano encaminadas, entre otras, a que sea la institución competente para “generar e inte-

grar conocimientos y levantar, compilar, validar, almacenar y suministrar, en forma automatizada y estandarizada, información sobre geología, recursos del subsuelo y amenazas geológicas” y “realizar la identificación, el inventario y la caracterización de las zonas de mayor potencial de recursos naturales del subsuelo, tales como minerales, hidrocarburos, aguas subterráneas y recursos geotérmicos, entre otros”. El documento ratifica la especialización del Servicio Geológico Colombiano en investigación, generación e integración de conocimientos básicos y aplicados del potencial de recursos del subsuelo y en la administración de los datos e información del subsuelo del territorio nacional, atendiendo a las prioridades de las políticas del Gobierno Nacional y conforme a las necesidades planteadas, entre otros, por la Agencia Nacional de Minería y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.

El Decreto 2703 de 2013, que reestructuró el Servicio Geológico Colombiano, dio a esta institución la estructura adecuada para el cumplimiento de las funciones y responsabilidades asignadas mediante las disposiciones antes mencionadas.

Finalmente, es importante señalar que la Resolución 181283 de 2012 del Ministerio de Minas y Energía dio claridad y especificidad al tema de la responsabilidad del Servicio Geológico Colombiano, al señalar que el Servicio Geológico Colombiano tiene delegada la función del conocimiento y cartografía geológica del subsuelo colombiano y que la función de conocimiento y cartografía geológica del subsuelo colombiano en materia de hidrocarburos se encuentra temporalmente delegada en la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) hasta el 30 de diciembre de 2014, pero se entenderá reasumida por el Ministerio de Minas y Energía e inmediatamente delegada en el SGC.

Otras funciones del SGC, según el Decreto Ley 4131 de 2011:

- Integrar y analizar la información geocientífica del subsuelo, para investigar la evaluación, la composición y los procesos que determinan la actual morfología, estructura y dinámica del subsuelo colombiano.
- Administrar la Litoteca, Cintoteca, Mapoteca, Museo Geológico y demás fondos documentales.
- Suministrar a la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) la información que se requiera para la elaboración de estudios e investigaciones de planeamiento sobre los recursos del subsuelo.

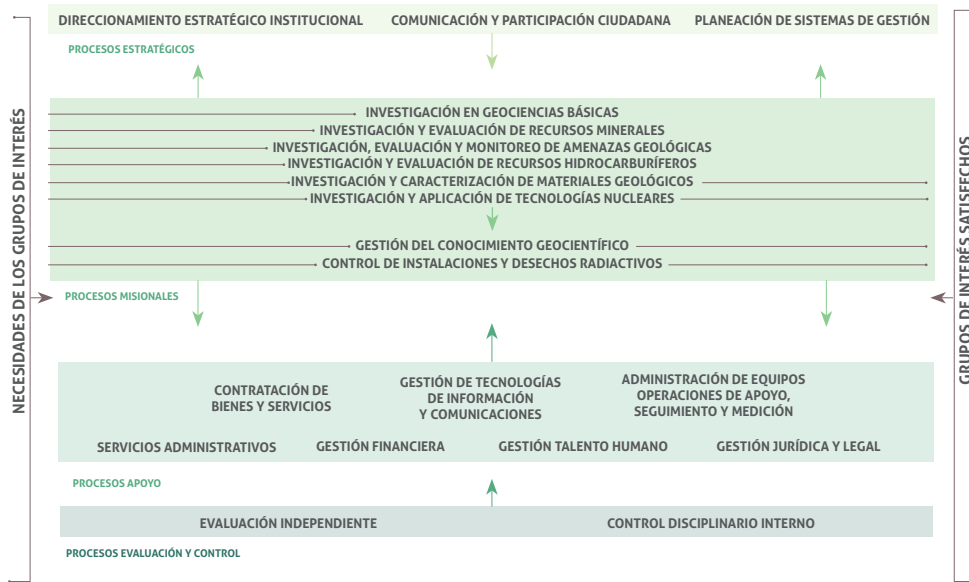
MISIÓN

Contribuir al desarrollo económico y social del país, a través de la investigación en geociencias básicas y aplicadas del subsuelo, el potencial de sus recursos, la evaluación y monitoreo de amenazas de origen geológico, la gestión integral del conocimiento geocientífico, la investigación y el control nuclear y radiactivo, atendiendo las prioridades de las políticas del Gobierno Nacional.

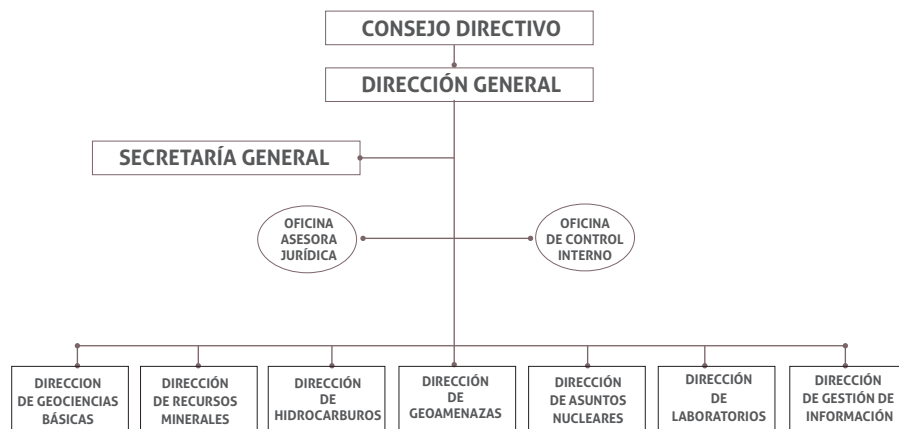
VISIÓN

Consolidar para su centenario en el año 2016, al Servicio Geológico Colombiano como la autoridad geocientífica del territorio nacional y entidad líder en la investigación de aplicaciones nucleares y radiactivas.

MAPA DE PROCESOS



ORGANIGRAMA



OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

- Realizar investigación científica básica para generar conocimiento geocientífico integral del territorio nacional.
- Realizar investigación de recursos del subsuelo para evaluar su potencial.
- Realizar investigación, seguimiento y monitoreo de las amenazas geológicas que sirva de base para la gestión integral del riesgo, ordenamiento territorial y planificación de desarrollo.
- Gestionar integralmente el conocimiento geocientífico del territorio nacional para garantizar su disponibilidad.
- Fomentar la investigación y aplicación de tecnologías nucleares con fines pacíficos.
- Garantizar el control en el uso y disposición segura de los materiales nucleares y radiactivos del país.
- Promover la formación de capital humano altamente especializado, para dar continuidad y vincular nuevas generaciones al desarrollo de la gestión de conocimiento geocientífico y nuclear.
- Satisfacer las necesidades de los grupos de interés mediante el cumplimiento de la misión institucional.
- Promover la Apropriación Social del Conocimiento Geocientífico (ASCG) en la sociedad colombiana.

PLAN ESTRATÉGICO

Dentro de la tendencia global, contextualizada a las necesidades y demandas de la sociedad colombiana, este *Plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014-2023*, representa el documento básico que define las líneas maestras y que servirá de guía para desarrollar las actividades del Servicio Geológico Colombiano durante los diez años. La preparación del documento ha requerido en conjunto todos los estamentos directivos de la institución, analizando las actividades en curso y previstas para cada una de las áreas, proyectando posteriormente las previsiones (en función de las necesidades y las demandas) hacia el futuro. Toda la información así generada, ha sido compilada y homogeneizada para proporcionar al documento un contenido conciso, claro y coherente.

El *Plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014-2023* se inició en octubre de 2012, por iniciativa de la Dirección General del Servicio Geológico Colombiano, y se compiló en el 2013 tras recibir la contribución de todos los estamentos de la institución. La estructura del plan está basada en la organización interna del SGC, por capítulos que se conforman con sus unidades jerárquicas principales; es decir, las direcciones de Geociencias Básicas, Recursos Minerales, Hidrocarburos, Geoamenazas, Gestión de Información, Asuntos Nucleares y Laboratorios. Cada uno de estos capítulos presenta a su vez una estructura constituida por un diagnóstico, unas líneas temáticas, los programas y proyectos que va a desarrollar en los próximos diez años y las estrategias para

lograrlo. Estas últimas se definen como las acciones institucionales necesarias para alcanzar los objetivos propuestos y se distinguen de las metodologías en que son acciones científicas para lograr los mismos objetivos.

Una vez elaborada una primera versión del Plan Estratégico, en junio de 2013, esta fue difundida y presentada ante el XIV Congreso Colombiano de Geología (31 de julio-2 de agosto de 2013) y posteriormente se hizo circular entre las instituciones, oficiales y privadas, relacionadas con el tema: ministerios, instituciones oficiales de los sectores petrolero y minero, universidades, corporaciones autónomas regionales, empresas mineras y otras. Se solicitó a las instituciones hacer comentarios y sugerencias al documento, y se preparó una nueva versión durante los primeros meses de 2014. La Dirección General del instituto consideró conveniente someter esta versión del Plan Estratégico a un debate público para recibir sugerencias y recomendaciones, para lo cual organizó el Foro *Perspectivas del desarrollo del conocimiento geológico de Colombia 2014-2023*, coordinado por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. El evento tuvo lugar en Bogotá el 6 de junio de 2014, con la participación de 184 personas de los sectores de la geología, la minería y del petróleo, tanto de los niveles oficial, académico y privado del país. En esencia, el Foro propuso estrategias y acciones para ejecutar lo propuesto por el Plan Estratégico, no se modificaron los temas ni los proyectos. En ese sentido, los sectores geológico-minero del país avalaron el Plan Estratégico, pues no propusieron modificaciones a su contenido, por el contrario plantearon ideas para que éste se pueda ejecutar.

Este documento es la versión actualizada a la presentada para discusión en el Foro, con conclusiones y recomendaciones.

Teniendo en cuenta los retos que el estado y la sociedad colombiana deben afrontar durante el próximo decenio, no es aventurado afirmar que el adecuado diseño y el eficiente cumplimiento de este plan estratégico constituyen uno de los pilares esenciales para el desarrollo equilibrado y sostenible de Colombia.

Este plan, como todos los de su género, es un documento dinámico que será permanentemente actualizado en la medida que aparezcan nuevas tendencias y necesidades en la sociedad colombiana y que el estado colombiano juzgue oportuno incluirlas en los lineamientos del Servicio Geológico Colombiano.

Por último, vale la pena resaltar que el Plan Estratégico nace con vocación de cooperación, coordinación y colaboración con todas las entidades que participan en el desarrollo del conocimiento geológico de Colombia, como son las universidades, los centros de investigación y asociaciones profesionales.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

El Servicio Geológico Colombiano pondrá en marcha el Plan de Acción para promover la apropiación social del conocimiento geocientífico (ASCG), pues en la medida en que ese conocimiento se democratice, el SGC alcanzará de manera más eficaz sus

objetivos y logrará posicionarse como autoridad geocientífica del territorio nacional y entidad líder en las ciencias de la Tierra nacional e internacionalmente.

Las líneas estratégicas del Plan de Acción para la ASCG responden tanto a los objetivos perseguidos por el SGC, entre sus fines misionales, como a lo establecido por Colciencias en la *Estrategia nacional de apropiación social de la ciencia, la tecnología y la innovación* (2010). La gestión del conocimiento para la apropiación social se definió como la principal línea de acción del Plan, y a partir de ella se desarrollan las líneas de comunicación, transferencia e intercambio del conocimiento, y participación ciudadana.

El objetivo general del Plan de Acción es promover la apropiación social del conocimiento geocientífico en la sociedad colombiana. Se estructura en tres programas estratégicos:

ORGANIZACIÓN INTERNA PARA LA APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

El programa establece vínculos sociales, cognitivos y operativos más estrechos dentro del SGC, de modo que sea posible rediseñar los procedimientos y trámites institucionales que inciden directa y significativamente en la ASCG. Incluye los proyectos de planeación integradora y de construcción de herramientas para la ASCG.

DESARROLLO DE CAPACIDADES PARA LA ASCG

Este programa estratégico orienta sus proyectos a la formación de los colaboradores del SGC para promover la ASCG, el desarrollo y mejoramiento de contenidos para la apropiación, y la generación de espacios de encuentro con mediadores sociales para impulsar el uso y aprovechamiento del conocimiento geocientífico. Incluye los proyectos de construcción de capacidades para la ASCG, de capacidades para la coproducción y de promoción del posicionamiento institucional.

COMUNICACIÓN CON LOS GRUPOS DE INTERÉS

Este programa propone una relación con los grupos de interés identificados como estratégicos para el SGC, comunidades en los territorios, clientes y entidades aliadas de carácter privado, medios de comunicación locales y nacionales, otras instituciones gubernamentales, y comunidad científica nacional e internacional, entre otros, a través de la generación de espacios diseñados específicamente para cada uno de ellos, de tal modo que se promueva la ASCG y, en consecuencia, el conocimiento se use socialmente. Incluye los proyectos de comunicación con las comunidades para la ASCG, y de comunicación con las comunidades en las regiones.

1

DIRECCIÓN
DE GEOCIENCIAS BÁSICAS

1

DIRECCIÓN DE
GEOCIENCIAS BÁSICAS

Esta área busca obtener información geológica del país a través de la elaboración de la cartografía geológica, geofísica y geoquímica regional, investigaciones básicas y cartografía temática en estratigrafía y paleontología, tectónica, vulcanología, hidrogeología y geotermia.

En la propuesta de un plan estratégico decenal 2014-2023, el área busca trazar el programa de actividades específicas que debe llevar a cabo a mediano y largo plazo, con el propósito de responder a las necesidades y requerimientos del país en cuanto a la información básica de Ciencias de la Tierra.

El plan se enfoca en definir los campos en los que el área debe centrar sus intereses y actividades, y en formular los perfiles de los proyectos que hay que efectuar en el período en cuestión. Los análisis y las propuestas que soportan el plan están contenidos en el documento base para la formulación del “Plan Decenal de Geociencias Básicas 2014-2023”.

DIAGNÓSTICO

DÓNDE ESTAMOS

Desde su fundación, el SGC ha levantado la cartografía geológica a diversas escalas, con un cubrimiento actual del 100 % del área cartografiable del país. Sin embargo, no toda esta área cumple con los estándares de esta escala de trabajo (1:100.000) y tiene vacíos de información geológica que obligan a hacer planes de revisión y complementación; también se requiere mejorar la información de las áreas estratégicas del Estado; lo anterior es un objetivo de la Dirección de Geociencias Básicas, que debe cumplir a pesar de que el SGC ha disminuido su competitividad a raíz del retiro de funcionarios calificados, principalmente en los últimos años.

Se percibe en el medio externo (Foro Perspectivas del desarrollo de conocimiento geológico de Colombia 2014-2023) que los estudios sobre geología básica en Colombia y sus aplicaciones cartográficas se encuentran desactualizados y existen contrastes de escalas que no permiten una integración a las realidades de desarrollo requeridas. Gran parte de los trabajos cartográficos fueron realizados en la segunda parte del siglo XX, y sus contribuciones no han sido revisadas a la luz de nuevos métodos y conceptos. También se percibe que los problemas de orden público y el acceso limi-

tado por condiciones físicas del territorio colombiano han impedido el desarrollo de una cartografía sistemática con diversos propósitos, que pueda favorecer el desarrollo de nuevo conocimiento estratégico. Adicionalmente, al no haber existido a lo largo de la historia del instituto una política institucional nacional continua y orientada al conocimiento básico, este proceso ha sido extremadamente largo y costoso para la Nación. Por fortuna, al exterior de la institución los pocos estudios cartográficos realizados en tiempos pasados, aunque de cobertura limitada, han tenido un significativo valor temático como puntos de referencia para nuevas estrategias hacia el desarrollo de la exploración y del conocimiento de los fenómenos naturales.

El *Mapa Geológico de Colombia* se ha publicado desde 1943, con 10 versiones a diferentes escalas, entre 500.000 y 2.000.000. Estos mapas se obtienen compilando y sintetizando la información generada por el SGC en la cartografía geológica básica a escala 1:100.000, al igual que en todos los levantamientos geológicos e investigaciones que se hacen en las universidades, en los sectores oficiales petrolero y minero, y en el sector privado. El proyecto viene adelantando desde hace 11 años la compilación de la toda la información científica publicada en Colombia con el objetivo de actualizar el Mapa Geológico de Colombia. Adicionalmente, se realizó durante tres años el *Catálogo de dataciones radiométricas de Colombia*, que permitió identificar los faltantes de información de edades en el país; no se busca hacer modelos, sino producir datos nuevos que mejoren las de las unidades cronoestratigráficas del *Mapa Geológico de Colombia*. La mayoría de las muestras ya han sido colectadas y se encuentran molidas y listas para separar circones. Sin embargo, la cartografía geológica básica no ha contado en las últimas dos décadas con grupos de apoyo bien establecidos en geología estructural, estratigrafía, paleontología y petrografía de rocas ígneas y metamórficas.

La estratigrafía y la paleontología nacieron con trabajos de pioneros en el siglo XIX y tuvieron desarrollos notables en estudios de la Comisión Científica Nacional, el Servicio Geológico Nacional, la exploración petrolera y el *Léxico Estratigráfico de Colombia* (1968). Desde entonces, el SGC ha hecho esfuerzos por continuar esas labores con la publicación de los Catálogos de las unidades litoestratigráficas de Colombia, proyecto creado con la reestructuración institucional de 1991; entre 1994 y 2003 se han elaborado cerca de 83 catálogos estratigráficos (entre publicados e inéditos), muchos de los cuales corresponden a unidades ígneas o metamórficas, y muy pocos a unidades sedimentarias (alrededor de ocho) o volcánicas, siguiendo las recomendaciones de la ISSC (International Subcommission on Stratigraphic Classification) y de la International Stratigraphic Guide, en sus diferentes versiones.

Las investigaciones sobre aguas subterráneas se iniciaron en la década de los años cincuenta. En 1977, Ingeominas publicó el primer *Mapa hidrogeológico* a nivel nacional a escala 1:3.000.000, y en 1994 el Departamento Nacional de Planeación publicó el *Mapa Hidrogeológico General de Colombia*, en planchas 1:500.000. En 1989, Ingeominas elaboró el *Mapa Hidrogeológico de Colombia* a escala 1:2.500.000 y siete años

después inició la elaboración del *Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia* (escala 1:500.000), el cual tiene un cubrimiento aproximado del 30 % del territorio nacional, correspondiente a ocho de las 26 planchas a escala 1:500.000, según la nomenclatura del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Por su parte, el Servicio Geológico Colombiano elaboró los mapas de permeabilidades de Colombia (escala 1:500.000) en el período 2008-2012 y presta asesoría técnica a varias corporaciones autónomas regionales, desde el año 1996. El Programa de Exploración de Aguas Subterráneas (PEXAS, 2004) a su vez seleccionó las zonas prioritarias, objeto de exploración de aguas subterráneas con base en criterios políticos de demanda y de cubrimiento de información hidrogeológica.

Sin embargo, se tiene la idea en el país que la exploración, gestión, manejo y uso del recurso hídrico subterráneo, integrados en un plan de desarrollo de agua potable para el país que sirva de guía para gestionar las necesidades sociales, es una tarea sin concluir. A pesar de algunos esfuerzos realizados con el fin de conocer el potencial de aguas subterráneas del país, el Estado no ha logrado tener los avances requeridos por los diferentes actores socioeconómicos que demandan el conocimiento del recurso hídrico subterráneo para la toma de decisiones de los respectivos sectores. La falta de información y conocimiento pueden deberse a la insuficiencia de profesionales competentes (calificados y con experiencia) en el tema de aguas subterráneas, falta de inversión, incapacidad para articular un programa de investigación a largo plazo, entre otras causas, produciendo un pasivo en la información generada en las últimas décadas (Foro).

La *tectónica*, la *neotectónica* y la *tectónica activa* han sido tradicionalmente disciplinas poco cultivadas en el país. La cartografía se ha limitado a definir planos de ruptura y límites de unidades, pero en la gran mayoría de los casos se desconoce la evolución de las fallas con todas las implicaciones que el tema trae. Esas lagunas de conocimiento son especialmente significativas en la parte más occidental del país, donde se acrecionan diferentes segmentos de corteza oceánica, cuyo significado geotectónico es aún objeto de interpretaciones muy diferentes, y también en el oriente, en el dominio cratónico donde las delimitaciones cartográficas son aún muy imprecisas. En lo que se refiere a la neotectónica y la tectónica activa, un notable trabajo se ha venido adelantando en las últimas décadas en el tema de la *geodesia espacial*, iniciado en 1988 a través del proyecto CASA (Central and South America GPS Project) el cual adquirió información de 37 estaciones dentro del área de estudio que abarcó los territorios de Colombia, Ecuador y Venezuela en Suramérica, y Costa Rica y Panamá en América Central. Posteriormente, en el 2006, Ingeominas aprobó el Proyecto GeoRed (Geodesia: Red de Estudios de Deformación) cuyo objeto es estudiar la geodinámica en la esquina noroccidental de Suramérica. Este proyecto inició sus actividades en enero de 2007, y en la actualidad es una herramienta esencial para determinar el estado de la deformación de la corteza terrestre y para el análisis de deformación interplaca e intraplaca y del ciclo sísmico actual, así como

para tareas de investigación relacionadas con la atmósfera y la ionosfera, entre otras.

En el Servicio Geológico Colombiano la *investigación y cartografía del Cuaternario* han sido abordadas de manera regional y general, con algunas aplicaciones de detalle en investigación neotectónica y amenazas geológicas. Es destacable en los últimos 3 o 4 años el establecimiento de formatos y metodologías de tomas de datos en campo (columnas, cortes geológicos, muestras de sedimento y roca), cuya estandarización y apropiación aún están en proceso.

En la actualidad se adelanta *investigación y cartografía geomorfológica* en el Ideam (escala 1:100.000), el IGAC (escala 1:25.000) y el Servicio Geológico Colombiano (escalas 1:100.000, 1:25.000, 1:10.000 y 1:5000), cada entidad con propósitos particulares, pero en general enfocados a remoción en masa e inundaciones. El Servicio Geológico Colombiano en la actualidad ha propuesto una guía metodológica para cartografía geomorfológica a escala 1:100.000, con fines de evaluación de amenaza relativa por remoción en masa, la cual se encuentra oficializada en la página web institucional.

Motivado por la ola invernal del año anterior, el Plan Nacional del Gobierno ha impartido la directriz general de generar la cartografía geomorfológica en escala 1:100.000, como una necesidad urgente del país para identificar y evaluar las amenazas y riesgos de orígenes geológicos e hidrometeorológicos.

La información de *geología estructural y tectónica* que ha levantado la cartografía geológica básica (1:100.000) ha permitido formular el modelo tectónico que acompaña los diversos mapas geológicos que ha producido el SGC, aunque con las limitaciones anteriormente mencionadas. Además, el SGC ha levantado y compilado la información neotectónica necesaria para la evaluación de la amenaza sísmica del país, soporte de los códigos de construcciones sismorresistentes (versiones 1984, 1998 y 2010). Sin embargo, el estado del conocimiento de la tectónica del país es deficiente y subsisten muchos interrogantes sobre la evolución estructural del territorio, en particular aquellos asociados a la presencia de los recursos del subsuelo y al comportamiento sismotectónico del país. No obstante, el SGC en los últimos 20 años ha hecho un gran esfuerzo para instrumentalizar con equipos de última tecnología varios fenómenos asociados, tales como la sismicidad y los desplazamientos de bloques corticales con la geodesia satelital.

En Colombia la *exploración geotérmica* se encuentra en etapa temprana y no existe una evaluación del potencial geotérmico del territorio. Sin embargo, existe un marco legal favorable y hay interés de parte del sector de generación eléctrica. El Servicio Geológico Colombiano ha participado en proyectos cofinanciados por Colciencias e Isagén S.A.E.S.P. en el Nevado del Ruiz.

En el país, con excepción de la función designada al Servicio Geológico Colombiano, no se ha definido la institucionalidad para coordinar las actividades involucradas en el desarrollo geotérmico; finalmente, no hay capital humano suficiente con formación en geotermia.

En *Geofísica regional* se ha venido trabajando en Colombia desde hace varias décadas, aplicando métodos aeroportados y terrestres con diversos cubrimientos y detalles en diferentes regiones del país.

Entre las líneas de investigación que cubren temas específicos de interés científico, pero también de apoyo básico a todos los proyectos del Servicio Geológico, algunas han tenido desarrollos razonables en las últimas décadas (por ejemplo, geología de volcanes, geomorfología de costas), pero otras han sido casi abandonadas. Estas últimas incluyen temas fundamentales del magmatismo y de los procesos metamórficos.

En cuanto a la *Geología de volcanes* en Colombia se han reportado por parte del IGAC aproximadamente 95 estructuras volcánicas, tanto antiguas como recientes, de las cuales el SGC ha identificado cerca de 20 como activas, contando como una sola estructura volcánica la cadena volcánica de los Coconucos con sus 15 centros eruptivos, y los complejos volcánicos como el Ruiz y Cumbal. Sin embargo, algunos volcanes con morfología bien conservada, pero por encontrarse en sitios alejados, no tener conocimiento sobre erupciones históricas u otro tipo de actividad como de fuentes termales o fumarolas, o haber sido identificados solo mediante estudios de reconocimiento geológico y fotogeológico, no han sido todavía objeto de estudios vulcanológicos detallados que permitan tener un conocimiento sobre su evolución y su actividad potencial.

El *magmatismo* y el *metamorfismo* son temas que han sido poco desarrollados en el país. El SGC se ha limitado a la datación de algunos cuerpos. Lo que sabemos acerca de la evolución de los procesos magmáticos y metamórficos se limita a los resultados de la cartografía geológica regional (soportada con los métodos analíticos disponibles), pero existe toda una problemática compleja que es necesario abordar con trabajos más detallados y otras herramientas; lo anterior no se ha hecho, entre otras, por razones presupuestales.

Geología marina. El SGC posee un conocimiento regional de las zonas costeras y submarinas, obtenido tanto por cooperación internacional y nacional en las décadas de los ochenta y noventa como en desarrollo de proyectos internos en ambas costas, cuyos resultados se consideran como diagnóstico e inventario de los recursos y amenazas, en particular de las zonas costeras. Ingeominas, en respuesta a las directrices emanadas del decreto 3815 de 1985 creó las líneas de investigación marina y costera en las regionales de Cartagena y Cali en 1986, cuyas actividades se desarrollaron de manera ininterrumpida hasta finales de 1999.

DÓNDE DEBEMOS ESTAR

Para cumplir con el objeto y funciones asignadas, el SGC debe proveer y asegurar la disponibilidad de información científica, objetiva, pertinente, imparcial y confiable relacionada con la geología, los recursos hidrogeológicos, minerales y energéticos, los procesos geomorfológicos continentales, costeros y marinos, y los

riesgos geológicos de la nación. La actividad básica para lograr esos objetivos es la cartografía geológica básica, la cual se debe complementar con investigaciones geológicas, estructurales, tectónicas, geofísicas y geoquímicas que permitan estudiar la composición, estructura y evolución del subsuelo del territorio nacional, incluidas las plataformas continentales. La cartografía geológica básica adopta en todos los países un enfoque lo más amplio posible a escalas que inicialmente oscilan entre 1:250.000 y 1:100.000, y la evolución normal tiende a que la escala vaya aumentando. El paso siguiente en los proyectos de cartografía geológica básica colombiana consiste en que se inicie el trabajo a escala 1:50.000.

En el Foro se planteó que una vez coordinados los esfuerzos regionales e identificadas las prioridades, es necesario establecer mecanismos de integración de información que validen conceptos, normalicen metodologías y se protocolicen medios de interconexión de datos para diferentes temáticas. En todo caso, la construcción de conocimiento se debe atender con los actores científico-académicos posibles, y con los medios legales que favorecen el concurso interinstitucional para la producción de conocimiento y su integración.

Estratigrafía y paleontología. El conocimiento estratigráfico y paleontológico es el soporte de la cartografía geológica, del estudio de cuencas sedimentarias y de los recursos del subsuelo como minería, hidrocarburos y aguas subterráneas, entre otros. Vale decir que éste es un conocimiento crítico para entender la historia geológica de Colombia. Es prioritario realizar acciones tendientes a fortalecer el conocimiento en estratigrafía y paleontología, como revisar las unidades estratigráficas colombianas, fortalecer el Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez y las campañas de trabajo en campo, para incorporar nuevo conocimiento (Foro).

Estas dos disciplinas deben adelantar investigaciones propias, pero también deben ser grupos de apoyo para la cartografía geológica básica, el mapa geológico de Colombia y todos los proyectos de geología básica. El SGC requiere la conformación de un grupo de trabajo orientado al análisis integral de cuencas sedimentarias con el propósito de descifrar la historia de evolución estratigráfica, tectónica y termal que permitan la caracterización y evaluación de intervalos estratigráficos con potencial generador de hidrocarburos para refinar la comprensión de los sistemas petrolíferos del territorio nacional.

Algunas propuestas básicas para el desarrollo de la estratigrafía y la paleontología planteadas en el Foro son:

Han pasado más de 40 años desde que se emitió la última versión del *Léxico Estratigráfico Colombiano*. No se han incorporado desde entonces nuevos conceptos ni integrado los datos y modelos que han surgido en este tiempo. Por esta razón, se propone conformar una comisión para revisar las unidades estratigráficas colombianas y realizar una caracterización descriptiva y cuantitativa de unidades litoestratigráficas en términos de litología, contactos, edad, procesos de formación, etcétera, siguiendo las normas de la *Guía Estratigráfica Internacional*

con soporte cartográfico a escala 1:25.000. Actualmente se han identificado 1200 unidades estratigráficas, aproximadamente, un 90 % de ellas con poca información paleoambiental, edades inciertas, así como correlaciones con alta incertidumbre.

El Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez es el único en Colombia con énfasis en ciencias de la Tierra, además es el repositorio de una inmensa diversidad paleontológica, mineralógica y de rocas. La colección alberga más de 40.000 especímenes y aproximadamente 400 ejemplares tipo, y adicionalmente recibe miles de especímenes anualmente. Su función primordial consiste en generar, promover y proveer conocimiento, conservación y divulgación de bienes geológicos patrimoniales de Colombia. Para lograr este objetivo se requiere conocimiento, es decir contar con un grupo de especialistas con alto nivel de competencias (posgrado en micropaleontología, paleontología de invertebrados, vertebrados, y plantas) para realizar estudios paleontológicos y desarrollar zonaciones bioestratigráficas.

En el tema de conservación se debe integrar al SGC un equipo de curadores para preparar, preservar, catalogar y conservar las colecciones del Museo. En la actualidad es considerable el volumen de especímenes aun esperando a ser estudiados. Es esencial que en esta nueva etapa del SGC, el Museo finalmente se ponga al día para que las muestras queden a disposición para estudio, consulta y exhibición. Se debe tener espacios para albergar las colecciones y laboratorios dotados con los equipos necesarios. Así mismo, se debe fortalecer el equipo con personal competente en otras áreas como museólogos, comunicadores y educadores, para darle proyección y convertirlo en sitio de atracción nacional y vínculo con la sociedad.

Por último, se recomienda establecer convenios de cooperación con entidades académicas y centros de investigación, y fortalecer las instalaciones de investigación, laboratorios y exhibición.

En *aguas subterráneas* se busca avanzar en la formulación de modelos hidrogeológicos conceptuales, en la cartografía hidrogeológica regional, la perforación y construcción de pozos exploratorios y el sistema de información del agua subterránea. Para lograrlo habrá que superar obstáculos como la falta de talento humano, de recursos financieros, de capacidad operativa, de gestión social en las zonas estudiadas o la ocurrencia de problemas de orden social que afecten el normal desarrollo de los estudios.

El *Mapa Tectónico de Colombia* ha de tener varias líneas de investigación definidas por los usuarios hacia los cuales está orientado. Los mapas tectónico, de tectónica activa y del Cuaternario de Colombia son necesidades apremiantes del país. Requieren grandes esfuerzos en formación de científicos calificados; actualmente el SGC solo cuenta con unos pocos.

En *geodesia espacial* se busca la implementación y operación de una red nacional activa de 120 estaciones permanentes, y de una red pasiva de 500 estaciones de ocupación episódica, como mínimo.

Teniendo como objetivo básico generar y ampliar el conocimiento geológico y

geomorfológico del Cuaternario en Colombia en escalas que sirvan para la evaluación de amenazas y riesgos, parece como objetivo específico fundamental del Plan la generación tanto de *cartografía del Cuaternario* como de *geomorfología sistemática* en escalas semidetalladas y detalladas. Para lo anterior se proyecta, entre otros temas, estructurar y elaborar bases de datos, adaptar e implementar la metodología de investigación y cartografía geomorfológica, adelantar investigaciones temáticas, como neotectónica y erosión, así como reactivar el Nodo de geomorfología y la subcomisión del Cuaternario de Colombia y consolidar contactos con pares temáticos a nivel internacional.

En *geotermia*, para responder a las necesidades internas y externas de investigación y de los sectores productivos de energía, industria y turismo se propone proyectar los estudios de exploración que realiza el Servicio Geológico Colombiano a la estimación del potencial energético del territorio.

La *geofísica regional* tiene como objetivo estratégico en los próximos años avanzar en el conocimiento científico a través de actividades de investigación. Para lograrlo propone acciones como definir lineamientos para la investigación geofísica, orientar el uso de esta última, establecer acuerdos pertinentes con las empresas estatales mixtas y privadas poseedoras de información geofísica, mejorar la tecnología y la infraestructura, impulsar el apoyo de la geofísica a otras ramas de las Geociencias, dar impulso a la Geofísica Computacional y Ciencias de la Computación, desarrollar la Geofísica del Petróleo y definir estrategias para control de la información.

Las líneas de investigación que han tenido desarrollos recientes deben ser fortalecidas y aquellas que han sido abandonadas deben ser retomadas, con apoyo institucional y financiero. Un esfuerzo particular merece la formación de personal científico, ya que en la falta de este se encuentra la causa principal del retroceso de la investigación en la institución.

En las investigaciones sobre el *magmatismo* y el *metamorfismo* de Colombia se debe lograr la caracterización de los cuerpos de origen ígneo, volcánicos y plutónicos, así como metamórficos, mediante la descripción petrográfica, complementada después mediante análisis geocronológicos de isótopos inestables y elementales (mayores y trazas, incluidos los lantánidos) complementada con análisis mineralógicos especializados.

Los estudios e investigaciones sobre la *geología de los volcanes colombianos* deben enfocarse en adquirir el conocimiento básico sobre los edificios volcánicos y los procesos que los han generado, en profundizar sobre el entendimiento de la relación del vulcanismo con la evolución tectónica del país y con la distribución de recursos minerales, y analizar las implicaciones en la evaluación de la amenaza y la gestión del riesgo.

Geología marina. Colombia posee dos zonas marinas y costeras que constituyen el 50 % del territorio nacional. Estas zonas marinas tienen varios componentes fundamentales como son el subsuelo, suelo, cuerpo de agua y superficie donde

interactúan la masa de agua y la atmósfera, cuya interrelación se manifiesta particularmente en las costas (Foro).

La ampliación y el detalle del conocimiento geológico marino y costero, en particular de la geología y geomorfología del Cuaternario (geología estructural y neotectónica, sedimentología, geofísica), se constituyen en un reto institucional en el próximo decenio, teniendo en cuenta igualmente los compromisos internacionales a través de tratados y convenios.

Según la percepción de las instituciones involucradas en el tema el acometer investigación marina incluye muchas disciplinas del conocimiento cuya generación se recomienda abordar desde una perspectiva interinstitucional del Servicio Geológico Colombiano (SGC), la Dirección General Marítima (Dimar), el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (Invemar) y las universidades, de acuerdo con las competencias institucionales involucradas en el medio marino. Se debe realizar un análisis de brechas en el conocimiento sobre geología marina y costera, con base en las necesidades de los sectores socioeconómicos del país y de soberanía de la Nación, para identificar las capacidades distintivas a desarrollar en el SGC. Con este análisis se deben determinar prioridades de investigación, que den paso a proyectos específicos, que se pueden abordar de forma conjunta entre las instituciones que incluyan estas temáticas como parte de su misión. Es necesario establecer sinergias entre las instituciones involucradas en el medio marino, como SGC, Dimar, Invemar y universidades. Con base en las necesidades que se identifiquen en el análisis de brechas, puede requerirse involucrar otras instituciones como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). Se plantea como prioridad de investigación las zonas de fronteras marinas (Foro).

Las metas fundamentales en los próximos diez años se focalizan en asumir las funciones que por misión le corresponden al SGC en las costas y zonas marinas jurisdiccionales de Colombia y posicionarse en el ámbito nacional como la entidad rectora de la información geológica en el país. En ese sentido, corresponde a la entidad proporcionar información y cartografía semidetallada (1:25.000) tanto de las costas atlántica y pacífica como de las zonas insulares de nuestro país. Así mismo, en las zonas de plataforma, talud y *rise* continentales se requiere el reconocimiento geológico y geomorfológico de estas, priorizando las zonas identificadas como potencialmente inestables que puedan eventualmente constituirse en amenaza para los habitantes del litoral.

Otros temas relevantes. Algunas líneas o proyectos importantes no han sido incluidos hasta ahora de manera sistemática en las actividades del Servicio Geológico Colombiano, se requiere proponerlos y formalizarlos. Entre ellos están:

- La ejecución de varias líneas de sismica profunda de alta definición. Los conocimientos que se deriven de estos trabajos tendrían consecuencias muy positivas en la evaluación de amenazas geológicas (zonación sísmica y volcánica), así

como en la caracterización geotectónica y metalogénica.

- El levantamiento sistemático de los taludes en nuevas vías en construcción.
- La definición de geositos y Geoparques en el territorio nacional.
- La formulación de una legislación tendiente a proteger el patrimonio geológico y paleontológico del país (trabajo en proceso).
- La identificación y delimitación de los diferentes dominios geotectónicos, con grandes implicaciones también en la zonación sísmica y volcánica, así como en la caracterización del potencial metalogénico.

LÍNEAS TEMÁTICAS

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA BÁSICA

Es la actividad por medio de la cual se inicia el estudio de la distribución, composición, estructura e historia geológica de las rocas y los sedimentos en la superficie y en el subsuelo, y se reconstruye la evolución de esos materiales desde su formación hasta la actualidad. El mapa geológico es el documento fundamental de todo trabajo en ciencias de la Tierra. La cartografía geológica básica (escala 1:100.000) sistemática del territorio nacional ha sido y es uno de los objetivos fundamentales del Servicio Geológico Colombiano.

MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA

Proyecto continuo del Servicio Geológico Colombiano, resume la información geológica superficial del territorio colombiano mediante la integración y generalización de los mapas geológicos a escala 1:100.000 publicados por el SGC, orientado a documentar unidades cronoestratigráficas. Incluye el Mapa Geológico de Colombia 1:1.000.000 y las 26 planchas del Atlas Geológico de Colombia (AGC) a escala 1:500.000.

ESTRATIGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA

Conocer y documentar el contenido fósil de las rocas, y éstas dentro del registro estratigráfico, es fundamental para el estudio de las cuencas sedimentarias y para determinar la evolución paleogeográfica y bioestratigráfica del territorio. Esta línea de trabajo investigativo apoya la cartografía geológica básica y debe estar en permanente interacción con el área de hidrocarburos. Este conocimiento es fundamental para ubicar los recursos del subsuelo, así como para otras aplicaciones de interés educativo y social, a través de la curaduría y catalogación de muestras paleontológicas del museo geológico.

Los productos relacionados con estratigrafía se pueden agrupar en:

- Estudio de cuencas sedimentarias de Colombia.
- Catálogos de unidades estratigráficas sedimentarias.
- Elaboración del Léxico estratigráfico de Colombia.

La adecuada comprensión geológica del territorio colombiano requiere de la construcción de conocimiento y el suministro de información básica en paleontología y bioestratigrafía.

Los productos de esta línea son:

- Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez.
- Curaduría y catalogación de muestras paleontológicas.
- Esquema de Zonación Bioestratigráfica, Colecciones Científicas y Catálogos Sistemáticos Paleontológicos.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

El Servicio Geológico Colombiano adelanta el Programa de Exploración de Aguas Subterráneas (PEXAS) el cual constituye la carta de navegación para evaluar el potencial del recurso hídrico del subsuelo colombiano y la generación de conocimiento para la toma de decisiones que busquen satisfacer la demanda de agua para diferentes usos que requiere la sociedad, especialmente para consumo humano.

El SGC apoya la gestión del conocimiento del agua subterránea, a escala regional, para proyectos de abastecimiento, mineros, hidrocarburos, infraestructura, vías y túneles, hidroeléctricas y desarrollos urbanos.

MAPA TECTÓNICO DE COLOMBIA

Esta línea de trabajo se ocupa de estudiar la deformación de las rocas de la corteza terrestre y tiene como propósito generar conocimiento sobre evolución tectónica de la corteza y sus implicaciones en la prospección y evaluación de los recursos hidrocarburíferos y minerales, así como las restricciones de uso de la superficie territorio a consecuencia de los procesos tectónicos naturales. Los mapas tectónicos son un componente del conocimiento básico para proyectar el tamaño, la distribución de los yacimientos, así como para evaluar las amenazas geológicas que permiten estructurar los planes y políticas de ocupación del territorio.

El objetivo de la línea es producir mapas tectónicos regionales a partir de la información existente y la nueva información que se levante con el criterio de resolver los problemas pertinentes de conocimiento. A partir de la compilación, integración y análisis de información existente en geociencias (geología estructural, tectónica, geofísica y geografía, entre otras) a diferentes escalas, se buscará obtener los mapas tectónicos necesarios para avanzar en la exploración de los recursos del subsuelo y en la evaluación de las restricciones de uso del territorio.

MAPA DE TECTÓNICA ACTIVA DE COLOMBIA

El conocimiento de las fallas activas, su cinemática, su grado de actividad, su comportamiento prehistórico y su potencial sismogénico es esencial para llegar a una evaluación de la amenaza sísmica. Tal evaluación requiere un conocimiento deta-

llado y profundo de las fallas activas responsables de la mayoría de los sismos dañinos en Colombia. La subdisciplina que se dedica al estudio de las estructuras y la historia estructural de la corteza terrestre durante el post-Mioceno, es la Neotectónica, mientras que la Tectónica Activa es la parte de la historia más reciente que se proyecta hacia el futuro de relevancia para la humanidad y cubre el período del Holoceno y el Pleistoceno Superior. La paleosismología es el estudio de sismos prehistóricos y constituye, por así decir, la culminación de estudios neotectónicos. Juntas, la neotectónica y la paleosismología, constituyen la investigación geológica minuciosa de zonas de falla o fallas individuales donde evidencia de grandes terremotos ($M > 6,5$) del pasado lejano ha sido registrada y preservada en superficie, en los sedimentos o en la morfología. Esto nos permite recopilar evidencia de eventos ocurridos en períodos mucho más largos que los períodos cubiertos por datos instrumentales e históricos, que en Colombia no alcanzan a más de 500 años. Se puede así reconstruir un más largo historial de la actividad de una falla que por supuesto facilita hacer mejores pronósticos para su comportamiento en el futuro; esto constituye una contribución importantísima a la evaluación de la amenaza sísmica.

MAPA DEL CUATERNARIO DE COLOMBIA

El *Mapa del Cuaternario de Colombia* es un objetivo del SGC en las próximas décadas. Aunque el Servicio Geológico Colombiano fue líder en varios aspectos del estudio del Cuaternario (palinología, principalmente), el Cuaternario aluvial activo, sobre el cual están situadas ciudades y poblaciones colombianas, no ha sido estudiado ni siquiera en forma preliminar. La *geomorfología* estudia expresión superficial de rocas, depósitos y procesos de geodinámica externa que, por lo general, comprenden los últimos 5,3 Ma de la Tierra (Plioceno y Cuaternario). El mapa geomorfológico es un documento base e integrador para la evaluación de susceptibilidad, amenazas y riesgos de carácter geológico y ambiental, fundamental para definir los planes de ordenamiento territorial, ambiental y minero.

GEOTERMIA

El grupo de trabajo de Investigación y Exploración Geotérmica tiene como misión la de investigar el fenómeno geotérmico, hacer el inventario y caracterización de zonas de mayor potencial y adelantar programas de reconocimiento, prospección y evaluación de recursos geotérmicos.

Los estudios del flujo del calor y de exploración de los sistemas geotérmicos del territorio colombiano contribuyen al conocimiento del subsuelo y sus recursos. Si bien la importancia de estas temáticas es reconocida por la comunidad geocientífica, el avance en el conocimiento ha estado limitado, principalmente a causa de la abundante disponibilidad local de otras fuentes de energía convencionales, como la hidráulica. En la actualidad, el impacto del cambio climático, el principio diversificación de la canasta energética, la ley de uso racional y eficiente de la

energía (URE) y de promoción de fuentes no convencionales (Ley 697 de 2001) y el reconocimiento de los recursos geotérmicos como renovables, de bajo impacto ambiental, independientes de las condiciones climáticas y confiable dado su factor de planta (por encima del 90 %), son factores que impulsan a la comunidad geocientífica a identificar y caracterizar los recursos geotérmicos.

GEOFÍSICA REGIONAL

La geofísica regional contribuye a la diferenciación de las litologías y estructuras del subsuelo (especialmente en los dominios con escasos afloramientos), tales como lineamientos, cuerpos y dominios geofísicos. Esto lo hace en virtud de mediciones de la propiedad física en cuestión, su reconocimiento caracterización y diferenciación de las propiedades físicas de las rocas y sus contrastes. A partir de esas informaciones se obtiene la cartografía geofísica y sus variaciones en el tiempo.

Los propósitos de hacer estudios de geofísica regional son:

- Servir de apoyo para la realización de cartografías geológicas, especialmente en las áreas con escasez de afloramientos.
- Realizar cartografía geofísica a diferentes profundidades para conocer los contrastes de las propiedades físicas de estas regiones que nos posibiliten hacer inferencias de cada región en estudio.
- Hacer seguimiento a los fenómenos geológicos asociados cuyas variaciones pueden y deben ser definidas a partir del monitoreo usando herramientas geofísicas apropiadas para cada caso.

La geofísica regional hace aportes a la solución de problemas geológicos de escala regional. Estos aportes se pueden hacer a través de investigaciones de tres tipos: a) las enfocadas a determinar propiedades de la corteza profunda y el manto superior, b) las que tienen como objeto el basamento cristalino, y c) las que estudian las estructuras en las formaciones sedimentarias.

MAGMATISMO Y METAMORFISMO

Esta línea incluye los estudios específicos del magmatismo, el metamorfismo y el vulcanismo. Esos estudios involucran disciplinas como geología isotópica, geotectónica, geoquímica y metalogenia, disciplinas esenciales para discriminar las diferentes porciones de corteza continental y a su vez para cuantificar el potencial de las áreas estratégicas. Aunque con interpretaciones muy diferentes, los citados métodos son válidos tanto en los contextos andinos (corteza continental u oceánica) como en las porciones del cratón amazónico. Los productos relacionados con esta línea de investigación se agrupan en: mapas y estudios del magmatismo, metamorfismo y vulcanismo de Colombia

MAGMATISMO

El propósito de la línea es la documentación de la evolución magmática de la corteza en Colombia. Su desarrollo implica la renovación de la cartografía geológica y el entendimiento de la relación entre la formación de rocas ígneas (plutónicas y volcánicas) y su posible asociación con eventos metalogénicos. Para alcanzar este propósito es necesario generar información sobre la edad y composición mineralógica, química e isotópica de las diferentes unidades de rocas ígneas (o con protolito ígneo) que se han separado en la cartografía geológica. Lo anterior permite entender la evolución magmática de las cordilleras y el Cratón Amazónico, definir los eventos de acreción de terrenos, fechar los eventos magmáticos, asociar unidades con eventos metalogénicos y desarrollar guías para la definición de áreas de exploración de minerales.

Entre los resultados de las investigaciones están:

- Determinar la edad, composición, ambiente y distribución de los eventos magmáticos.
- Plantear soluciones a problemas cartográficos detectados durante la elaboración del diagnóstico de las planchas elaboradas a escala 1:100.000 o revelados por la nueva información.
- Mejorar la base cartográfica geológica, alimentar con nueva información los mapas geológicos a escala 1:100.000.
- Entregar información relacionada a las áreas de inversión del estado.
- Apoyar el estudio y entendimiento de nuestros volcanes, así como de su evolución y presencia en determinados sectores, y en general mejorar el mapa geológico de Colombia.

METAMORFISMO

Los estudios modernos de rocas metamórficas que permitan plantear sus condiciones de formación y su evolución en su ruta a la superficie son fundamentales, pero no han tenido buenos desarrollos en el SGC, en parte por falta de herramientas modernas que permitan la identificación precisa de la composición de las fases cristalinas que constituyen las rocas. La definición de las facies de metamorfismo con base en descripciones microscópicas fue suficiente para la fase de cartografía regional, pero para avanzar en el conocimiento se requiere otro tipo de información.

GEOLOGÍA DE VOLCANES

El estudio geológico del vulcanismo es de gran importancia ya que este aporta información muy valiosa sobre el interior del planeta, existen recursos minerales y energéticos asociados a ese fenómeno, y los asentamientos humanos son frecuentes cerca de los volcanes –en parte por la buena calidad de los suelos– generando situaciones de riesgo que deben ser prevenidas. La investigación sobre el vulca-

nismo es interdisciplinaria e involucra estudios geofísicos, petrológicos, geoquímicos, geocronológicos, geodinámicos, ambientales y de amenaza.

El estudio geológico de los volcanes busca resolver interrogantes básicos:

- Identificar los productos volcánicos asociados a cada volcán y su correlación, sus características, distribución, mecanismos de emplazamiento de los productos, dinámica eruptiva y determinación de las erupciones que los originaron y su cronología.
- Definir individualmente la evolución estructural, estratigráfica y magmática de los volcanes principalmente activos a lo largo del tiempo.
- Plantear la historia evolutiva del vulcanismo en Colombia y su relación con el entorno tectónico y magmático del país.

GEOLOGÍA MARINA

La geología marina involucra las investigaciones geofísicas, geoquímicas, sedimentológicas y paleontológicas de los suelos oceánicos y sus márgenes costeros. El SGC ha venido trabajando en la temática relacionada con la geomorfodinámica litoral y sedimentología marina relacionada con la línea de costa. El objetivo principal de esta línea de investigación es generar y ampliar el conocimiento geológico y geomorfológico de las costas y zonas marinas jurisdiccionales de Colombia. Específicamente se pretende, con base en las necesidades regionales de las zonas marinas y costeras de Colombia, investigar y proporcionar información y conocimiento geológico, geofísico, geomorfológico y geotécnico básicos, tendientes a la evaluación tanto de recursos minerales, como de amenazas geológicas de origen marino y costero. Esta información es base fundamental y debe estar enfocada a la planificación y ordenamiento territorial y ambiental de las zonas marinas y costeras de Colombia.

PROYECTOS

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA BÁSICA

Evaluación, organización y diagnóstico de la información de las planchas publicadas por Ingeominas

El Servicio Geológico Colombiano considera que la cartografía geológica sistemática del territorio nacional a escala 1:100.000 se debe revisar y actualizar para que se ajuste a los últimos conceptos científicos y para que sea coherente en su conjunto. En ese proceso se plantean dos tareas que permiten priorizar los sectores que requieren revisión cartográfica: a) un inventario detallado y sistemático del estado actual de la cartografía y b) una síntesis geotectónica y metalogénica a escala regional.

La planificación de las actividades del área de Geociencias Básicas requiere de un diagnóstico de la información contenida en los mapas geológicos publicados, ya que existe una amplia variedad en cuanto a la densidad y consecuente calidad de

esta información. Los resultados de este inventario permitirán visualizar y evaluar de manera ágil y ordenada la información existente, así como también diagnosticar y programar el tipo de investigaciones necesarias para resolver la problemática geológica. En particular, serían este diagnóstico y la síntesis geotectónica las herramientas que permitirían identificar cuáles planchas en escala 1:100.000 necesitan revisión o si existe la necesidad de realizar nuevas campañas de cartografía detallada a escala 1:50.000, y priorizar estos trabajos una vez hayan sido identificados como indispensables en la solución de la problemática geológica del país.

Las actividades de la revisión de la cartografía sistemática incluyen compilación de información básica primaria, elaboración de bases de datos por hojas (Libro índice), organización y verificación las muestras en litotecas y laboratorios, generación de mapas de estaciones, mapas de muestras de roca, finos, concentrados, suelos, secciones delgadas, etcétera, mapas de anomalías geoquímicas, diagnóstico y recomendaciones sobre trabajos a desarrollar en una plancha en particular y labores de complementación y mejoramiento de información geológica básica.

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL TERRITORIO COLOMBIANO

Dentro de los procesos misionales, la cartografía geológica ocupa un rol preponderante, ya que a través de ella el Servicio Geológico Colombiano contribuye al desarrollo económico y social del país. En 2014 el SGC tendrá cubierta la totalidad del territorio nacional a escala 1:100.000, excluida el área amazónica.

En cuanto a la Amazonia colombiana, esta vasta región del territorio colombiano tiene una escasa información geológica, con inexistente infraestructura, cubierta de selvas ecuatoriales y con una población reducida, pero de gran riqueza biológica y de interés enorme para la comunidad internacional y para el país. El SGC debe resolver dos preguntas de vital importancia en la programación de los proyectos en esta región ¿Cómo hacer la geología? y ¿Cuál es la información geológica relevante que debemos capturar? El proyecto incluye los subproyectos Cartografía Geológica del Basamento Cristalino o Cratón Amazónico y Cartografía Geológica del Terciario Amazónico.

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DE LOS ANDES DE COLOMBIA

Como ya se dijo, en todos los servicios geológicos del mundo la tendencia de la cartografía sistemática consiste en que la escala va aumentando. Sin perjuicio de que el Servicio Geológico Colombiano termine la cartografía básica escala 1:100.000, iniciará el levantamiento de la cartografía a escala 1:50.000. El proyecto permitirá actualizar y mejorar la información disponible y apoyar de manera efectiva el desarrollo económico del país, en campos como minería, infraestructura, amenazas geológicas, ordenamiento territorial, etcétera.

El programa de cartografía de áreas a escala 1:50.000 estaría determinado por los usuarios de esa cartografía, priorizando las áreas de inversión en minería, el

desarrollo en infraestructura vial y eléctrica, la ubicación de las cabeceras municipales, etcétera. Cada proyecto será antecedido de un estudio de priorización de las planchas, un diagnóstico de la plancha a cartografiar que defina la información que soporta la cartografía 1:100.000, la elaboración del Libro Índice con estaciones, muestras de rocas existentes en litoteca, secciones delgadas analizadas y calidad de análisis existentes, muestreo litgeoquímico y geocronológico.

Las actividades del proyecto incluyen: determinación de áreas prioritarias, evaluación, organización y diagnóstico de la información geológica de cada área, revisión bibliográfica, fotointerpretación, trabajos de campo, incorporación de información nueva a las bases de datos, envío de muestras a laboratorios internos y externos, elaboración y entrega de informe final, mapas y anexos.

MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA

Para los próximos diez años se plantean las siguientes metas:

- Versiones periódicas del Mapa Geológico de Colombia: cada diez años se generará una versión actualizada del Mapa Geológico de Colombia con la información producida por el SGC y otras instituciones y actualizada con información publicada en revistas científicas nacionales e internacionales.
- Cortes geológicos en las grandes obras de infraestructura del país: se realizarán cortes geológicos en las grandes obras de infraestructura que permitan obtener información valiosa de los afloramientos que las obras van destapando.
- Participación en mapas geológicos continentales: Mapa Geológico de Suramérica a escalas 1:5M y 1:1M y el Mapa Tectónico del Caribe a escala 1:5 M.

ESTRATIGRAFÍA

Análisis de cuencas sedimentarias

Este proyecto tiene como propósito describir y explicar la disposición y la historia de las rocas sedimentarias del territorio colombiano para determinar su potencial de petróleo, minerales y aguas, entre otros. El alcance del proyecto es constituir un catálogo de los recursos del subsuelo de las cuencas sedimentarias del territorio nacional, reconocidos en la actualidad o potencialmente identificables a futuro, que se consolide como material de referencia actualizado acerca de su evolución tectonoestratigráfica, y de esta forma promover la potencialidad de cuencas sedimentarias en zonas maduras e inexploradas.

Patronamiento y catálogo de unidades litoestratigráficas

A la caracterización descriptiva y cuantitativa de unidades geológicas en términos de litología, contactos, edad, procesos de formación, etcétera, se le denomina catálogos de unidades litoestratigráficas. Esta información básica contribuye a la generación de mapas geológicos actualizados, los cuales son el insumo fundamental en

el desarrollo de modelos de evolución geológica y de prospección en geología económica. El proyecto sirve de apoyo al Mapa Geológico de Colombia y a la exploración de las cuencas sedimentarias y rocas cristalinas y sus depósitos de índole económica, así como a otras aplicaciones educativas y sociales. Sus objetivos son: generar catálogos de unidades litoestratigráficas del territorio colombiano que se fundamente en las normas de la *Guía Estratigráfica Internacional* y contribuir en la generación de un *Léxico Estratigráfico de Colombia* actualizado, con la elaboración de catálogos sistemáticos de las unidades roca.

Esquema de zonación bioestratigráfica, colecciones científicas y catálogos sistemáticos paleontológicos

Este proyecto constituye soporte esencial para la estratigrafía, la cartografía geológica y el Mapa Geológico de Colombia. La adecuada comprensión geológica del territorio colombiano requiere de la construcción de conocimiento y el suministro de información básica en paleontología y bioestratigrafía. La determinación de material paleontológico, la datación relativa de sucesiones sedimentarias, la correlación estratigráfica de unidades litológicas con contenido fosilífero, la descripción de ambientes de sedimentación y su evolución en el tiempo geológico y la reconstrucción paleogeográfica, entre otros, son herramientas esenciales para la construcción de la estratigrafía y la cartografía del territorio nacional, y por extensión, para la construcción de modelos geocientíficos integrales y la evaluación del potencial de recursos del subsuelo. Estos son productos básicos que genera el Servicio Geológico Colombiano para contribuir al desarrollo social y económico del país.

Por otra parte, las colecciones científicas paleontológicas albergan la mayor parte del material tipo y de referencia del país, así como todos los restos fósiles que contribuyen a sustentar los resultados de los estudios de la entidad en cartografía geológica y estratigrafía, y las investigaciones multidisciplinarias en geociencias en el territorio colombiano. Estas colecciones forman parte del patrimonio natural y cultural de la nación, y son un bien patrimonial de la humanidad. Además constituyen material de referencia, comparación y consulta obligatoria para investigadores en paleontología a nivel local y mundial. El SGC por intermedio del Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez es el *repositorio oficial* de las colecciones científicas paleontológicas de Colombia, y es responsable de “Identificar, evaluar y establecer zonas de protección, que en razón de la presencia de patrimonio geológico o paleontológico del país, puedan considerarse áreas protegidas” (inciso 9, artículo 4 del Decreto 4131 de 2011).

Los objetivos del proyecto incluyen realizar estudios básicos en paleontología y bioestratigrafía (para el patronamiento de unidades estratigráficas, la actualización del *Léxico Estratigráfico de Colombia*, la construcción de las cartografías geocientíficas, la actualización del *Mapa Geológico de Colombia*, la identificación de la riqueza paleontológica del país, la reconstrucción de la historia de la vida en el actual territorio de Colombia y la salvaguarda del patrimonio paleontológico de

la nación), construir y actualizar permanentemente catálogos sistemáticos de las colecciones paleontológicas del país y divulgar los resultados de los estudios en paleontología y bioestratigrafía de la entidad.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Los proyectos de investigación y exploración de aguas subterráneas a realizarse en el país están orientados a conocer sistemáticamente la oferta, la demanda, la calidad y la vulnerabilidad de las aguas subterráneas a partir de la identificación, el inventario y la caracterización de las zonas de mayor potencial de los recursos hídricos subterráneos. Los proyectos a realizarse en la década son los siguientes:

Modelos hidrogeológicos conceptuales

La identificación de las zonas objeto de formulación de los modelos hidrogeológicos conceptuales tiene en cuenta criterios que involucran los requerimientos de cubrimientos de información hidrogeológica, la variabilidad hidroclimatológica de escenarios bajo condiciones promedios, húmedas y secas, y la demanda del agua para diferentes usos, manejos y aprovechamiento. Lo anterior permite promover integralmente a mediano y largo plazo la sostenibilidad del recurso hídrico en las diferentes provincias hidrogeológicas del país.

Se tiene previsto avanzar en la generación de conocimiento de las aguas subterráneas mediante la formulación de modelos hidrogeológicos conceptuales en áreas de los departamentos de Cundinamarca, Santander, Antioquia, Nariño, Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Boyacá, Meta, Casanare, Arauca, Putumayo, La Guajira, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena y Norte de Santander.

Cartografía hidrogeológica regional

El estado del arte de la cartografía hidrogeológica regional a escala 1:500.000 (planchas hidrogeológicas números 1, 2, 3, 4, 6, 9, 13 y 14), se actualizará periódicamente para el servicio de diferentes sectores, académicos y gubernamentales encargados de ampliar el conocimiento, la planificación, el ordenamiento territorial, y el uso, manejo y aprovechamiento sostenible del agua subterránea.

Desde el punto de vista del cubrimiento de cartografía hidrogeológica del país se elaborarán mapas hidrogeológicos en áreas donde se extiendan regionalmente sistemas acuíferos de interés. La información hidrogeológica recopilada, capturada y evaluada metodológicamente permitirá generar conocimiento a mayor detalle, validando los modelos hidrogeológicos conceptuales formulados y la cartografía hidrogeológica propuesta para efectos de escalar en la elaboración de los mapas hidrogeológicos departamentales o mapas hidrogeológicos de sistemas acuíferos regionales en el marco del Programa Nacional de Aguas Subterráneas del país.

Se propone presentar información hidrogeológica actualizada con mayor detalle en áreas en donde se hayan identificado, delimitado y caracterizado las estruc-

turas hidrogeológicas, y se estimen a nivel pronóstico los recursos y reservas de agua subterránea.

Perforación y construcción de pozos exploratorios

Para efectos de validar el conocimiento de los modelos hidrogeológicos formulados en áreas donde se extienden subsuperficialmente y en el subsuelo sistemas acuíferos de gran importancia hidrogeológica para el país. Se plantea la perforación y construcción de pozos exploratorios que consoliden el conocimiento de las características hidrogeológicas en zonas potenciales identificadas durante la formulación de los modelos hidrogeológicos conceptuales. Se pretende perforar y construir –a corto y mediano plazo– pozos exploratorios en la región Caribe, zona de los santanderes, altiplano cundiboyacense, eje cafetero (Risaralda, Quindío y Caldas), valle medio y superior (Tolima y Huila), bajo Cauca Antioqueño, suroccidente (Cauca y Valle del Cauca) altiplano nariñense, departamentos de Putumayo y Caquetá, región del Pacífico, Orinoquia y amazonia, y Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Sistema de información del agua subterránea

La línea de investigación y exploración de aguas subterráneas requiere la formulación, diseño y operación del sistema institucional de información de aguas subterráneas para efectos de consolidar y dar a conocer en forma oportuna, eficaz y eficiente los avances en el conocimiento de la oferta y la demanda de las aguas subterráneas, el cual es requerido por diferentes actores en el ámbito del desarrollo del conocimiento, tecnológico y productivo.

Para efectos de avanzar en forma sistemática en la investigación y exploración de aguas subterráneas se requiere en una primera etapa desarrollar un diagnóstico de la cantidad y calidad de la información hidrogeológica disponible a la fecha en el Servicio Geológico Colombiano, que sea insumo de la base de datos del Siger institucional. Las actividades para realizar el diagnóstico involucran: estructurar una base de datos que contenga información hidrogeológica que pueda ser caracterizada, clasificada y homogenizada; analizar las bases de datos de aguas subterráneas, disponible en Access; consolidar un sistema de información geográfica que incluya la variable hidrogeológica, y compilar los resultados de las actividades anteriores en un documento técnico que contenga el diagnóstico del estado actual de la información hidrogeológica.

MAPA TECTÓNICO DE COLOMBIA

Se propone implementar un Sistema de Información Geográfica (SIG) a través del cual se compila toda la información que permite la elaboración del Mapa Tectónico Colombia, siguiendo la metodología establecida para dichos mapas a nivel internacional, en especial por Brew et al. (2000) de la Universidad de Cornell. La

duración regular de este tipo de proyectos puede ser alrededor de diez años, con productos anuales o bianuales orientados a colmar las expectativas de información tectónica de la corteza terrestre de Colombia.

Una primera fase incluye:

- Identificar los problemas de coherencia de la información que existe en el SGC.
- Implementar la infraestructura informática.
- Definir los estándares institucionales para la toma de información estructural y tectónica en los proyectos de geología básica.
- Elaborar el Mapa Tectónico de regiones con bloques de prospectos mineros y de hidrocarburos no convencionales, y
- Preparar mapas síntesis, índice de la información compilada durante cada año, que identifiquen los requerimientos de información estructural y tectónica.

La segunda fase consiste en la adquisición de información primaria de campo en regiones prioritarias, la elaboración de mapas tectónicos regionales y la preparación de la Memoria del MTC.

MAPA DE TECTÓNICA ACTIVA DE COLOMBIA

Se propone el estudio sistemático de las fallas potencialmente sismogénicas en Colombia. Las etapas del estudio incluyen un análisis neotectónico regional y el estudio específico de cada falla, el cual culmina con la paleosismología cuando la importancia de la falla lo exija. En los próximos diez años se plantea el estudio del Indentor de Pamplona-Ápice Sur del Bloque Triangular de Maracaibo, la Falla de Bucaramanga, el Sistema Falla Algeciras en el Huila, el Sistema Falla Algeciras en el sur del país, el Sistema de Fallas Fronterizas Oriental-Sector Villavicencio, el Sistema de Fallas Fronterizas Oriental-Sector Yopal-Tame, la Falla Palestina, el Sistema de Falla Cauca-Patía, la Falla Espíritu Santo, el Sistema de Falla Romeral-Sector Central, el Sistema de Falla Romeral-Sector Norte y la Falla Murindó.

Las síntesis regionales permitirán ir consolidando el Mapa de Tectónica Activa de Colombia; la escala debe ser definida, podría ser 1:100.000.

GEODESIA ESPACIAL

Se proponen las siguientes líneas de trabajo para los próximos diez años:

- Medición de velocidades actuales instantáneas de las placas tectónicas de la Tierra.
- Investigación de deslizamiento lento asísmico y periódico en la zona de subducción de Nazca.
- Mediciones precisas de deformación secular y transitoria debido a fallas sismogénicas activas, con especial relevancia en la estimación de la amenaza sísmica.
- Determinación precisa del ascenso actual del nivel del mar, indicación sensible de cambio climático debido a la fusión de glaciares y capas de hielo así como

cambios térmicos y de condiciones de salinidad en el océano.

- Determinación del campo de deformación de la corteza en la esquina noroccidental de Suramérica con exactitud y resolución espacial y temporal sin precedentes.
- Realización de la cartografía de fallas activas mediante técnicas de geodesia de imágenes, tales como LIDAR (Light Detection and Ranging) que permitirá conocer nuevos aspectos en la distribución del deslizamiento de sismos recientes, lo cual no es posible mediante otras aproximaciones.
- Establecimiento de servicios geodésicos y desarrollo de estándares, modelos y documentación siguiendo los lineamientos de instituciones tales como DORIS Service, International GNSS Service, International Laser Ranging Service e International VLBI Service.

CARTOGRAFÍA DEL CUATERNARIO Y AMPLIACIÓN DEL CONOCIMIENTO GEOMORFOLÓGICO DE COLOMBIA

Proyectos a corto y mediano plazo, cero a cinco años

- Elaboración de veinte planchas geomorfológicas y del Cuaternario escala 1:100.000 en sectores de prioridad nacional (Piedemonte llanero-Valle medio y bajo del Magdalena).
- Investigación y cartografía geomorfológica detallada en sitios especiales donde se presente actividad neotectónica o de remoción en masa crítica.
- Convocatoria a los entes institucionales nacionales además de universidades para la generación de estándares y capacitación temática en cartografía geomorfológica, geológica del Cuaternario, suelos, geocronología, sedimentología, mineralogía entre otras. Esta actividad debe incluir la adaptación de los pen-sums académicos de las carreras de geología e ingeniería, geológica, geográfica y ambiental con estas disciplinas.

Proyectos a largo plazo, diez años

- Investigación geológica del Cuaternario, estructural y geomorfológica y dinámica en territorios urbanizados (ciudades).

GEOTERMIA

Se proponen los siguientes proyectos:

- Estudios de exploración geotérmica (geología, geofísica y geoquímica) de los sistemas geotérmicos de los volcanes Azufral, Paipa, Maar de San Diego, Santa Rosa de Cabal, Paletará y volcán Cerro Machín.
- Formulación de modelos conceptuales de los sistemas geotérmicos de Azufral, Paipa-Iza, Maar de San Diego, Santa Rosa-San Vicente, Paletará y volcán Cerro Machín.
- Inventario nacional de manantiales termales de Colombia.
- Implementación de la metodología para la estimación de potencial del recurso

- geotérmico y aplicación en sistemas con modelo conceptual disponible.
- Implementación de la metodología para la estimación del flujo de calor terrestre y aplicación en áreas seleccionadas: cuencas de Llanos Orientales y Putumayo.
 - Interpretación aerogeofísica para exploración geotérmica en las áreas de: volcán Romeral-volcán Cerro Machín, Maar de San Diego, Nevado del Huila, Paletará, Doña Juana, Sibundoy, Galeras y Azufral-Chiles.
 - Validación de modelos geotérmicos a partir de perforación de pozos exploratorios. Tres pozos de gradiente geotérmico (hasta 500 m) y un pozo profundo (hasta 2000 m) en tres áreas geotérmicas con modelo conceptual disponible.

GEOFÍSICA

Se plantean los siguientes proyectos:

Satelital

- Interpretación del mapa gravimétrico satelital de Colombia (2014).
- Mapa magnético satelital de Colombia con información reciente (2014).
- Interpretación del mapa magnético satelital de Colombia (2015).

Aérea

- Cubrimiento de información aerogeofísica en áreas de interés científico y técnico siguiendo las tendencias que cubran las necesidades del país.
- Cubrimiento del 100 % de gammaespectrometría aérea en áreas donde las condiciones de terreno y climáticas lo permitan.
- Obtención de la información aerogeofísica que posee el país, de fuentes estatales, mixtas y privadas a través de políticas de estado para el traspaso efectivo de las mismas, para que bajo estricta forma definida de uso nos cedan a la información para fines de investigación. Lo anterior nos evitaría el menoscabo del patrimonio de la nación y duplicidad de esfuerzos.
- Procesamiento, interpretación y modelamiento geofísico de la información aerogeofísica disponible con uso de la información geológica existente y disponible.

Cabe mencionar que los objetivos respecto de la geofísica no consisten solo en que la información sea adquirida, procesada e interpretada, sino que quede instalada la capacidad humana y técnica suficiente para procesar e interpretar nuevos datos en el futuro y apoyar de forma sistemática a todas las áreas que necesitan apoyo geofísico (cartografía, volcanes, neotectónica, recursos del sub suelo, etcétera).

Marina

- Cubrimiento de información geofísica marina en áreas de interés científico y técnico con lineamientos dados por la geología económica y siguiendo las ten-

- dencias que contribuyan a cubrir el desarrollo y avance de las necesidades del país.
- Obtención de la información geofísica marina que posee el país, de fuentes estatales, mixtas y privadas a través de políticas de estado para el traspaso efectivo de las mismas.
 - Procesamiento, interpretación y modelamiento geofísico de la información de geofísica marina disponible con uso de la información geológica existente y disponible.

Terrestre

- Cubrimiento de información geofísica terrestre en áreas de interés científico y técnico con lineamientos dados por la geología económica y siguiendo las tendencias que contribuyan a cubrir el desarrollo y avance de las necesidades del país.
- Obtención de la información geofísica marina que posee el país, de fuentes estatales, mixtas y privadas a través de políticas de estado para el traspaso efectivo de las mismas.
- Procesamiento, interpretación y modelamiento de la información geofísica terrestre disponible con uso de la información geológica existente y disponible.
- Inclusión de investigaciones en el área de la geofísica que han estado dejadas de lado, pero que tienen gran importancia en su desarrollo. A este grupo pertenecen la geofísica computacional y el paleomagnetismo.

EVOLUCIÓN DE LAS ROCAS MAGMÁTICAS DE COLOMBIA

Esta línea de investigación se enfoca en un estudio sistemático encaminado a establecer los mecanismos geotectónicos de generación de los eventos magmáticos principales del territorio colombiano. Estos son:

- Los complejos ígneo-metamórficos del Escudo Guayanés.
- El basamento (hercínico) pre-Andino.
- El magmatismo félsico permotriásico.
- El magmatismo jurásico.
- El magmatismo máfico de Quebradagrande.
- El plutonismo cretácico de la cordillera Central y la margen oriental de la cordillera Occidental.
- La corteza oceánica acrecida (cordillera Occidental y serranía del Baudó).
- El magmatismo cenozoico asociado a la actual zona de subducción, y
- El vulcanismo actual.

El estudio de estos eventos implica la formulación de proyectos, cuya duración dependerá de la complejidad y extensión del cuerpo, pero deben consistir esencialmente en fases iniciales de compilación de información, campañas de campo, fase de petrografía, análisis químicos elementales e isotópicos, geocronología enfocada a la comprensión de los fenómenos magmáticos y metamórficos, análisis de resultados, y planteamiento de la asociación entre los procesos magmáticos y la metalogénesis.

Delimitación y evolución de las unidades tectonometamórficas de Colombia

Se proponen proyectos encaminados a estudiar o establecer los eventos y mecanismos geotectónicos de generación de rocas metamórficas, así como en el caso de los eventos principales seleccionados en forma gruesa para el magmatismo. En este caso se estudiarán las características y la variación del grado de metamorfismo en los complejos igneometamórficos del Escudo Guayanés, el Macizo de Santander-Floresta, el Macizo de Quetame-Serranía de la Macarena, la cordillera Central y las rocas cretácicas acrecidas al occidente de la Falla Cauca Almaguer.

Los proyectos tendrán las siguientes fases sucesivas: compilación de información, campañas de campo, petrografía, petrografía de microsonda electrónica, análisis de difracción de rayos X, análisis químicos elementales e isotópicos, geocronología, análisis de resultados, y planteamiento de la asociación entre rocas metamórficas y metalogénesis.

GEOLOGÍA DE VOLCANES

Para el decenio 2014-2023 se plantean tres frentes primarios de actividades, dentro de los cuales se desarrollarán diversas líneas temáticas y se generarán diferentes productos entregables relacionados:

Cartografía geológica de volcanes colombianos

Realizar la cartografía geológica (1:25.000) y el levantamiento volcanoestratigráfico detallado para establecer la historia eruptiva, y la distribución de depósitos de algunos de los volcanes colombianos activos, considerados como prioritarios por su actividad y amenaza potencial.

Investigaciones sobre volcanes colombianos

Realizar estudios e investigaciones vulcanológicas que permitan profundizar y mejorar el entendimiento sobre el vulcanismo colombiano en general. Inicialmente se plantean actividades fundamentales como el estudio petrológico y la relación en el marco tectónico regional.

Participación en actividades relacionadas con vulcanología en coordinación con la dirección de Geoamenazas y otros grupos de trabajo

Campañas de socialización para la difusión y divulgación de las actividades de vigilancia y monitoreo de los volcanes colombianos, y sobre el fenómeno volcánico en general, y apoyo en atención de emergencias volcánicas.

GEOLOGÍA MARINA

Proyecto geomorfología y geología costera y marina

Los estudios deben estar dirigidos a la planificación de su ordenamiento territorial

y ambiental. Para tal efecto se plantea desarrollar las siguientes actividades:

- Elaboración y actualización de la cartografía geológica y geomorfológica de zonas costeras continentales e insulares, plataformas y taludes continentales, cuencas y sierras submarinas. Investigación geológica, geofísica (gravimetría, magnetometría, sísmica) y sedimentológica.
- Investigación de los procesos geológicos y geomorfológicos costeros y marinos con incidencia en la dinámica de las líneas de costa.
- Cartografía de los cambios de las líneas de costa, levantamientos o subsidencia y monitoreo GPS de la dinámica tectónica local y regional.
- Investigación y monitoreo de la dinámica marina y costera a corto, mediano y largo plazo. Contribución a la conformación e implementación de un Sistema de Información Costero y Marino. Las actividades se plantean en dos fases.

ESTRATEGIAS

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA BÁSICA

Es evidente la necesidad de expertos en geotectónica, sensores remotos, geología estructural, petrografía, petrología, geoquímica, geocronología, geofísica y metalogenia. También es necesario el soporte de disciplinas básicas del SGC como la sedimentología, la estratigrafía, la paleontología y la bioestratigrafía. Los métodos y el grado de experticia que se requieren en cada tipo principal de corteza son distintos, especialmente porque en la cordillera Occidental el grado de afectación por deformación es mayor y para su interpretación requieren además análisis mineralógicos y estructurales.

Se requieren estrategias y metodologías específicas para el levantamiento de la cartografía en las diferentes provincias geológicas del país: el oriente colombiano sin información geológica (Cratón y Terciario amazónicos), la región andina y las llanuras costeras

En la región andina, una importante estrategia institucional consiste en iniciar la cartografía sistemática a escala 1:50.000. Se deben adelantar trabajos que se extiendan desde las áreas de inversión del Estado y áreas estratégicas de desarrollo del país hacia el resto del territorio. Esto debe estar acompañado de la combinación de un inventario detallado y sistemático del estado actual de la cartografía y de la elaboración de síntesis geotectónicas y metalogénicas a escala regional, lo cual permitirá priorizar los sectores que requieren revisión cartográfica.

Los proyectos de revisión y mejoramiento de planchas y cartografía nueva en áreas con cartografía publicada deben estar liderados por geólogos experimentados y contar con un número de participantes que sea acorde con el número de proyectos asignados a cada sede, con un mínimo de 6 geólogos por proyecto de cartografía o geología regional.

Para la cartografía a escala 1:50.000 debe establecerse un convenio de producción cartográfica básica con el IGAC, para la adquisición por parte de ellos de sen-

sores remotos a escalas adecuadas. Es válido para otros proyectos (vulcanología entre ellos) que requieren cartografía detallada.

Las siguientes estrategias enfocadas al desarrollo de la cartografía geológica fueron propuestas en el Foro:

En términos operativos, el establecimiento de protocolos y definición de estándares deberá ser un ejercicio consensuado, permanente, incluyente, respetuoso y riguroso. El SGC y los entes académicos deben ser garantes de este espíritu. Inicialmente, el SGC y otras instituciones con objetos de estudio similares, deberán emprender ejercicios en zonas piloto que validen la operatividad de los protocolos y estándares, así como la incorporación de nuevas ideas para la presentación e interpretación de resultados a la luz del conocimiento de frontera que se tiene sobre los diversos fenómenos geológicos presentes en el territorio colombiano.

Dados los inminentes requerimientos de la Nación respecto a una cartografía geológica más detallada, se debe continuar con el plan nacional de generación de mapas a escala 1:50.000, y dependiendo de los intereses en zonas particulares, a escalas mayores. Este plan debe mantener una política de cubrimiento de todo el territorio nacional, de permanente actualización y de integración de información complementaria (datos tectónicos, geoquímicos, inventarios, etcétera). En zonas de difícil control cartográfico, debido a extensas y monótonas coberturas Neógenas (Orinoquía y Amazonía), será necesario emprender una malla regular de perforación de pozos stratigráficos y adquisición de datos geofísicos complementarios (flujo térmico, sondeos magnetotelúricos, etcétera). Esta información, orientada al control cartográfico y stratigráfico, permitirá también coadyuvar en el conocimiento y caracterización del basamento cristalino y en el marco de referencia para la adecuada interpretación de la evolución geológica regional. Proyectos de Nación como el despliegue de líneas sísmicas regionales de alto y bajo ángulo, así como la perforación de pozos stratigráficos profundos en zonas estratégicas, deberán desplegarse en el corto plazo con el fin de consolidar modelos geodinámicos regionales que constriñan la evolución geológica del territorio.

De igual manera, debe ser menester institucional propender por el fortalecimiento y sostenimiento permanente de grupos especializados que alimenten la cartografía temática (Geología del Cuaternario, Tectónica, etcétera). En este marco de ideas, se recomienda la activación en el corto plazo de varias comisiones nacionales, de carácter interinstitucional o gremial, con el fin de apoyar y aconsejar sobre proyectos de prioridad nacional en temas como: estudios profundos, stratigrafía, tectónica, sismología, depósitos minerales, etcétera.

MAPA GEOLÓGICO DE COLOMBIA

El MGC es la imagen institucional que proyecta el estado del conocimiento geológico del país. Tiene que estar disponible para consulta tanto en la página web del SGC como en publicaciones en sus diferentes escalas e idiomas de presentación.

Para ello se proponen las siguientes estrategias:

- Evaluar toda la información publicada acerca de la geología de Colombia en revistas geológicas nacionales e internacionales.
- Realizar proyectos de investigación que permitan resolver problemas geológicos identificados durante la realización del mapa.
- Divulgar ante los diferentes entes nacionales e internacionales los productos y subproductos generados en el MGC.
- Realizar mapas temáticos de escala regional.
- Apoyar los proyectos de cartografía geológica del Servicio Geológico Colombiano con el conocimiento de geología regional, adquirido durante la elaboración del MGC.
- Interactuar con los pares internacionales para la realización de mapas geológicos de escala continental.

ESTRATIGRAFÍA

El Servicio Geológico Colombiano requiere la conformación de un grupo de trabajo orientado al análisis integral de cuencas sedimentarias con el propósito de descifrar la historia de evolución estratigráfica, tectónica y termal que permitan la caracterización y evaluación de intervalos estratigráficos con potencial generador de hidrocarburos o almacenadores de depósitos minerales como gas, carbón, sales, etcétera. Lo anterior permitirá cumplir el propósito de adquirir e integrar información estratigráfica, paleontológica, geofísica, estructural y termal de cuencas sedimentarias, generar modelos de estas cuencas, catalogar los recursos del subsuelo, existentes y potenciales en las cuencas sedimentarias y caracterizar y evaluar los intervalos estratigráficos con potencial generador de reservorios de depósitos económicos.

Por otro lado, el Servicio Geológico Colombiano propondrá y liderará el restablecimiento del Comité Colombiano de Estratigrafía.

PALEONTOLOGÍA

Se proponen las siguientes estrategias:

- Apoyar estudios básicos en paleontología y bioestratigrafía que permitan: identificar el potencial de la riqueza paleontológica del país, la reconstrucción de la historia de la vida en el actual territorio de Colombia, y la generación de información básica que contribuya a la salvaguarda del patrimonio paleontológico de la nación, y la protección de las localidades fosilíferas y yacimientos paleontológicos.
- Coordinar las actividades del Museo Geológico que conduzcan a la catalogación sistemática y de curatoría que permitan custodiar y salvaguardar las Colecciones Científicas Paleontológicas de Colombia, y garantizar su acceso y consulta.
- Apoyar la construcción y actualización permanente de catálogos sistemáticos de las colecciones científicas paleontológicas del país y del contenido paleontológico.

- gico de su territorio.
- Apoyar la divulgación de los resultados de los estudios en paleontología y bioestratigrafía de la entidad.

AGUAS SUBTERRÁNEAS

Se proponen estrategias técnicas y operativas a nivel del Servicio Geológico Colombiano, con el fin de garantizar el desarrollo de la exploración en las áreas seleccionadas. Estas incluyen:

- Aplicaciones de nuevas metodologías.
- Captura y difusión de la información hidrogeológica: actualización y revisión de los registros de la Base de Datos de Aguas Subterráneas del Servicio Geológico Colombiano y definición de la estrategia para la captura y validación de la información existente en otras instituciones.
- Cooperación: establecer vínculos de cooperación nacional e internacional.
- Fortalecimiento del Grupo de Investigación y Exploración de Aguas Subterráneas, con un enfoque multidisciplinario, de integración y aplicación de nuevas tecnologías, así como, con capacidad de respuesta a las necesidades de la sociedad y entendimiento del servicio social de las Geociencias.
- Desarrollo de la infraestructura: se debe consolidar y adquirir la infraestructura tecnológica (equipos y *software*).
- Gestión Social de los Proyectos: socialización de los estudios en las distintas zonas determinadas, a través de un grupo interdisciplinario e interinstitucional.

Adicionalmente, el Foro propuso las siguientes estrategias:

Entendiendo la tecnología como el medio a través del cual las organizaciones transforman los insumos en productos, se requiere dotar al Grupo de Hidrogeología con la infraestructura científica y tecnológica necesaria para acometer las tareas de validación de la formulación de los modelos hidrogeológicos para sistemas acuíferos de interés estratégico para el país.

Recolectar, evaluar, validar e integrar, la información hidrogeológica y temática relacionada existente en los repositorios de las diferentes autoridades ambientales y entes territoriales, al igual que en los ministerios y sus entidades adscritas y vinculadas. En este sentido, es menester aunar esfuerzos para consolidar la cartografía hidrogeológica departamental y recopilar la información técnica relacionada para la construcción de nuevas versiones del mapa hidrogeológico del país.

El Programa de Exploración de Aguas Subterráneas (PEXAS), como una iniciativa para evaluar el potencial del recurso hídrico del subsuelo colombiano, tiene que actualizarse de acuerdo con las nuevas necesidades de conocimiento del potencial de las aguas subterráneas, requerido por diferentes sectores socioeconómicos, que en la actualidad se ven afectados por los fenómenos climáticos. Para

ello, se puede iniciar por identificar sistemas acuíferos de interés para el país, que requieren actualización y mejoramiento del modelo hidrogeológico conceptual y priorizar en estos sectores las acciones del Grupo de Hidrogeología.

Para cumplir con estas iniciativas, será necesario implementar algunas acciones habilitadoras, como generar instrumentos administrativos y/o soportes jurídicos para que el SGC pueda acceder a la información relacionada de otras entidades, formular un plan de choque orientado a la actualización y evaluación de la información hidrogeológica para efectos de normalizar información técnica y cartografías hidrogeológicas a diferentes escalas, y actualizar el PEXAS con los resultados del Programa Nacional de Aguas Subterráneas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. También es recomendable coordinar con el grupo de trabajo de cartografía geológica básica, para iniciar trabajos en las áreas donde PEXAS identificó prioridad en exploración.

MAPA TECTÓNICO DE COLOMBIA

La preparación del mapa requiere una integración institucional con la Red Sismológica Nacional de Colombia para poder utilizar los registros de todos los datos instrumentales del país y el catálogo sísmico, aprovechando que la red de sismógrafos está en continua expansión, renovación y modernización. También se debe integrar el trabajo del mapa tectónico con el del mapa de las fallas activas en todo el país y su base de datos.

MAPA DE TECTÓNICA ACTIVA DE COLOMBIA

La estrategia más importante para poder levantar el Mapa de tectónica activa consiste en establecer equipos que conformen un grupo de trabajo en tectónica activa. Estos deben ser seleccionados con base en un perfil profesional diseñado para los requisitos de las tareas. Sobre decir que la aplicación de la neotectónica y la paleosismología es una especialidad que tiene vínculos con la geomorfología, geología del Cuaternario, geología estructural, tectónica, geocronología y otras. En los próximos dos años se dispone en el instituto de un especialista que presenta la posibilidad de proveer capacitación en el lugar de trabajo para un nuevo grupo de profesionales jóvenes.

GOMORFOLOGÍA

Se proponen las estrategias siguientes:

- Adaptar e implementar a nivel institucional y nacional las metodologías de investigación en cartografía geomorfológica y del Cuaternario y la capacitación en los diferentes ambientes morfogénéticos y temáticas involucradas en estas disciplinas.
- Definir zonas de prioridad nacional para adelantar investigaciones y cartografía geomorfológica aplicada a neotectónica, dinámica morfofuncional, fluvial, marina, eólica, kárstica y sísmica a escalas 1:25.000 y 1:5000.

- Establecer los contactos, reactivar y liderar los nodos de geomorfología y la Subcomisión del Cuaternario en Colombia; establecer o reactivar contactos con pares temáticos internacionales.
- Capacitar un grupo multidisciplinario de funcionarios de planta.

GEODESIA ESPACIAL

Se proyectan las siguientes estrategias:

- Superar factores de orden presupuestal que se puedan presentar para el sostenimiento de una red permanente.
- Conseguir un talento humano interdisciplinario, el cual es en la actualidad escaso; el proyecto GeoRed está en proceso de formarlo, pero es vulnerable por ser personal bajo la modalidad de contrato.
- Lograr credibilidad respecto a resultados por parte de tomadores de decisiones.
- Superar limitaciones en infraestructura complementaria que permita el desarrollo de las aplicaciones geodésicas espaciales en todo su potencial.

GEOTERMIA

Se plantean las siguientes estrategias:

- Vinculación de profesionales especialistas en las herramientas de prospección geotérmica. Vinculación de asesores.
- Entrenamiento, visitas técnicas, visitas de expertos, participación en eventos y cursos de actualización en todos los temas de competencia del grupo de geotermia.
- Firma de convenios y acuerdos de cooperación para trabajo conjunto con investigadores expertos de instituciones académicas y centros de investigación.
- Implementación del subsistema de información geotérmica.

GEOFÍSICA

Para vencer los obstáculos identificados se proponen las siguientes estrategias:

- Concertar con los directivos del Servicio Geológico Colombiano las políticas de avance de la geofísica, sus alcances y la proyección que ésta tiene a nivel institucional.
- En concordancia con las directivas, definir los perfiles que requiere el área de geofísica y general las políticas de contratación de los perfiles definidos.
- Formular proyectos específicos donde se caracterice el personal que realizará la consecución de la información, que en la actualidad está dispersa en las empresas petroleras, privadas y de economía mixta.
- Apoyar proyectos específicos donde interactúen los geólogos regionales, tectonicistas, estructuralistas geomorfológicos, estratígrafos físicos e ingenieros de sistemas para generar adecuadas interpretaciones geológico/geofísicas para el

avance del conocimiento de la evolución geológica a través de las herramientas que otorga la geofísica.

- Definir las políticas que adoptará el Servicio Geológico Colombiano respecto a la adquisición de datos geofísicos.

MAGMATISMO

Para cada proyecto definido dentro de los eventos principales mencionados en este “mega” producto de magmatismo se requieren expertos en cartografía geológica detallada, con énfasis en la descripción de los rasgos de origen plutónico, volcánico y de alteración hidrotermal así como en geología estructural. Para la fase de descripción de las secciones delgadas de las muestras se requieren expertos en petrografía ígnea y estructural. La interpretación de los resultados de los análisis requiere especialistas en geoquímica y geocronología. Para el establecimiento de los modelos es necesario tener formación en geotectónica. La descripción e identificación de los procesos mineralizantes y su relación con los eventos de magmatismo requiere de expertos en metalogénesis.

GEOLOGÍA MARINA

Se proponen las siguientes estrategias:

- Contribuir a la conformación e implementación de un Sistema de Información Costero y Marino que proporcione información técnica (geología, geofísica, geoquímica y geomorfológica) oportuna y confiable para la toma de decisiones y soporte de investigaciones temáticas detalladas.
- Hacer un esfuerzo coordinado con otras entidades del ámbito marino, regional y nacional, para investigar y monitorear la dinámica marina y costera a corto, mediano y largo plazo.

El Foro en este tema lo complementó con las siguientes estrategias:

- A nivel de formación del talento humano requerido para el desarrollo de los retos, se deben establecer y orientar programas de capacitación en geofísica y geología marina a niveles técnico, profesional, maestría y doctorado.
- El SGC debe fortalecer el grupo de investigación con profesionales especializados en geofísica, estratigrafía y sedimentología marina. Es necesario cerrar las brechas de competencias en el personal que trabaja en temas de geología marina y costera mediante la implementación de planes de desarrollo acelerados, a través del diseño de un programa de formación y entrenamiento corporativo para toda la población. Esta acción se puede desarrollar en coordinación con las universidades.
- En zonas costeras se recomienda la elaboración de cartografía geológica y geomorfológica (geología del Cuaternario) en escalas 1:25.000, la caracterización de acuíferos costeros y su afectación ante el ascenso del Nivel del Mar. Igualmente,

se recomienda la densificación de la Red de Estaciones Geodésicas, tanto en las zonas costeras como insulares de Colombia.

- Se deben identificar las interrelaciones en los flujos de información e implementar protocolos de transferencia de datos e información relacionados con la gestión de conocimiento en geología marina y costera; es decir, implementar un proceso soportado en una solución tecnológica, como herramienta para la toma de decisiones.
- Para obtener los resultados esperados por el país, el proceso de gestión se debe fortalecer, pasando de un proceso enfocado en la medición y seguimiento de indicadores a un proceso de análisis y toma de decisiones estratégicas, que lleve al cumplimiento de los objetivos misionales y lograr generar valor de manera sostenida a todos los grupos de interés.

Otros temas

- Formulación del proyecto Líneas de Sísmica Profunda de Alta Definición.
- Formulación del proyecto Identificación y delimitación de los diferentes dominios Geotectónicos.
- Contactos con el Instituto Nacional de Vías y con entidades afines a nivel nacional y regional para formular un proyecto de levantamiento geológico sistemático en vías en construcción.
- Trabajo con universidades y corporaciones regionales para la definición de geositios y Geoparques.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

En las líneas temáticas, la Dirección de Geociencias Básicas desarrollará, de acuerdo con la estrategia institucional, acciones específicas tendientes a cumplir el Plan de Acción de apropiación social del conocimiento geocientífico en relación con los programas estratégicos de apropiación de la organización, de desarrollo de capacidades y de comunicación con los grupos de interés.

2

DIRECCIÓN
DE RECURSOS MINERALES

2

DIRECCIÓN DE
RECURSOS MINERALES

El plan estratégico de Recursos Minerales está orientado a definir metas y estrategias para conocer la verdadera riqueza mineral que posee el territorio colombiano, lo cual es base fundamental para tomar decisiones acerca del aprovechamiento de los recursos minerales, proyectar el desarrollo minero del país y evaluar en qué condiciones se promoverá su desarrollo.

OBJETIVO GENERAL

Generar conocimiento geocientífico empleando estudios e investigaciones geológicas, geoquímicas y geofísicas para evaluar el potencial de recursos minerales metálicos, energéticos, y no metálicos e industriales en el territorio colombiano, como aporte al desarrollo económico y social del país.

Este conocimiento debe alcanzar la escala de semidetalle, a escala regional, sin llegar a trabajos detallados a pequeña escala, de cubicación y evaluación de recursos, que deberán ser ejecutados por las empresas mineras y petroleras. El objetivo es disponer de la información necesaria para aumentar el interés de las empresas por invertir en los sectores mineros y petroleros de Colombia, y que al mismo tiempo ayude a diseñar, actualizar y poner en práctica una política eficiente de gestión de los recursos minerales y de hidrocarburos.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Se orienta a generar conocimiento sobre el potencial de recursos minerales en áreas de interés del Estado. Lo anterior se concreta en la producción de mapas metalogenéticos, mapas de anomalías geoquímicas y mapas de anomalías geofísicas, que son base para identificar áreas promisorias para alojar mineralizaciones de minerales estratégicos para Colombia (Resolución del Ministerio de Minas y Energía 180102 del 30 de enero de 2012), y en la adquisición de mayor información para evaluar y definir el potencial de recursos minerales de las Áreas Estratégicas Mineras (AEM) declaradas recientemente por el Ministerio de Minas y Energía mediante la Resolución 180241 del 24 de febrero de 2012, y por la Agencia Nacional de Minería (ANM) mediante Resolución 045 del 20 de junio de 2012.

Para cumplir con lo anterior, se tiene el propósito de adquirir información

geofísica, geoquímica y geológica de semidetalle (escalas 1:50.000 y 1:25.000) en las 2.900.947 ha de la primera declaratoria, en un período de 4 a 5 años y avanzar en la adquisición de información geofísica, geoquímica y geológica de semidetalle en 17.570.198 ha de la segunda declaratoria, durante los próximos diez años. Adicionalmente, se prevé que se estudien y evalúen otras áreas que sean declaradas o consideradas de interés estratégico del estado.

La aplicación de la información generada está claramente orientada a satisfacer la necesidad de promover áreas para proyectos mineros sustentables y adicionalmente a proveer información específica de alta calidad para la planeación de uso del territorio incluyendo agricultura, energía, medioambiente, salud e infraestructura, entre otros.

DIAGNÓSTICO

DÓNDE ESTAMOS

La situación actual parte de unas condiciones externas y unas condiciones internas de la entidad que definen las condiciones actuales en materia de investigación y exploración de recursos minerales del Servicio Geológico Colombiano, las cuales se resumen de la siguiente manera:

Análisis externo

Aspectos favorables

- Los recursos minerales son fundamentales para el desarrollo de la sociedad moderna y para el avance socioeconómico del país.
- A través del acto legislativo que sancionó la Ley 1450 de 2011 por la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 Prosperidad para Todos, el Gobierno Nacional adoptó e implementó un conjunto de medidas y estrategias encaminadas al establecimiento y consolidación de la Prosperidad Democrática como producto de tres pilares fundamentales: Crecimiento Sostenible y Competitividad, Igualdad de Oportunidades, y Consolidación de la Paz. Como parte del pilar de ‘Crecimiento Sostenible y Competitividad’, el Gobierno Nacional estableció un conjunto de acciones estratégicas enfocadas en ciertos sectores de la economía nacional, agrupadas bajo la denominación ‘Locomotoras para el Crecimiento y Generación de Empleo’. El sector minero-energético constituye una de estas locomotoras “que con motores encendidos y un avance con ritmo mayor” impulse el desarrollo social y económico del país (PND 2010-2014, p. 65).
- En aplicación del artículo 108 “Reservas Mineras” de la Ley 1450 de 2011, el Ministerio de Minas y Energía determinó algunos minerales de interés estratégico para el país (Au, Pt, Cu, P, K, Mg, Carbón, U, Fe, Nb-Ta [Resolución 180102 del 18 de enero de 2012]), declaró y delimitó 313 Áreas Estratégicas Mineras del territorio colombiano, equivalentes a 2.900.000 ha (Resolución 180241 del 24 de febrero de

2012). Adicionalmente, a través de la Resolución 0045 del 21 de junio de 2012 de la Agencia Nacional de Minería (ANM) se establecieron 202 bloques adicionales como reserva estratégica para minería equivalentes a 17.570.000 ha, aproximadamente, en los departamentos de Amazonas, Guainía, Guaviare, Vaupés, Vichada y Chocó. Estas disposiciones se encuentran enfocadas a robustecer la capacidad del Estado colombiano para la toma de decisiones “de políticas que verdaderamente desarrollen el potencial minero del país, para lo cual es necesario contar con un conocimiento geológico, geoquímico y geofísico adecuado del subsuelo que permita identificar zonas susceptibles de ser reservadas por el Estado para su posterior asignación a través de procesos competitivos” (PND 2010-2014, p. 291).

- El Decreto 4131 de noviembre de 2011 establece que el Servicio Geológico Colombiano, entidad adscrita al Ministerio de Minas y Energía, tiene como objeto principal la de “realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo; adelantar el seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico; administrar la información del subsuelo; garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país; coordinar proyectos de investigación nuclear, con las limitaciones del artículo 81 de la Constitución Política, y el manejo y la utilización el reactor nuclear de la Nación”.

Aspectos desfavorables

- En la actualidad solo se ha explorado aproximadamente el 1 % de todo el territorio colombiano en escalas de semidetalle y detalle (<1:100.000), que son aquellas que permiten conocer y evaluar de forma más precisa el potencial de los recursos del subsuelo.
- Las Áreas Estratégicas Mineras deberán ser evaluadas en un primer grupo en un lapso de dos a cinco años (2.900.948 ha) y un segundo grupo en un lapso de hasta diez años (17.570.199 ha), para lo cual se requiere de altas inversiones en capital y en talento humano especializado.
- No existe en el país un número suficiente de personal capacitado, con experiencia y con disponibilidad para efectuar las investigaciones y la exploración de recursos minerales requeridas en las áreas estratégicas mineras.

Análisis interno

Aspectos favorables

- La *priorización* asignada por el Gobierno Nacional para la Evaluación de Áreas Estratégicas Mineras ha impulsado al Servicio Geológico Colombiano a establecer mecanismos que le permitan fortalecer los recursos humanos, técnicos y presupuestales necesarios para el cabal cumplimiento de las metas propuestas por el Ministerio de Minas y Energía.
- Para cumplir con el objetivo –nacional y sectorial– de “identificar y promover

proyectos mineros” que mencionan las resoluciones 180102 y 180241, el Servicio Geológico Colombiano estableció un Grupo en el área de Recursos Minerales y un programa de adquisición de información que permita evaluar el potencial mineral en las áreas estratégicas mineras y que propende por el logro de los siguientes fines:

- a. Estudios geofísicos aéreos y estudios geoquímicos y geológicos a escalas semi-detalladas (1:50.000 y 1:25.000) focalizados en las Áreas Estratégicas Mineras.
 - b. Aumento del conocimiento geofísico, geológico y geoquímico en las Áreas Estratégicas Mineras que permita definir blancos y zonas de interés para ofertar proyectos mineros sostenibles mediante selección objetiva.
 - c. Investigación continua del potencial de los recursos del subsuelo que permita atender la demanda de minerales de interés estratégico para el desarrollo del país, como oro, platinoides, cobre, hierro, carbón, uranio, fósforo, magnesio, potasio y elementos de tierras raras, entre otros.
- Para la adquisición de información aerogeofísica y las investigaciones y muestreo geoquímico multipropósito que permitan evaluar el potencial mineral en las áreas estratégicas mineras durante el 2013, se ha firmado convenios con entidades especializadas (ejemplo, FONADE), las cuales realizarán procesos de licitación pública para adquirir la información requerida.
 - El Servicio Geológico Colombiano con personal interno (funcionarios y contratistas) ha iniciado y avanzado en la adquisición de información geoquímica en las áreas estratégicas mineras.

Aspectos desfavorables

- Para cumplir con los objetivos nacionales y sectoriales en materia de conocimiento del potencial de recursos minerales en áreas estratégicas mineras, se requiere un alto número de especialistas en geología, geoquímica y geofísica enfocadas a la exploración e investigación de recursos minerales, con los cuales no cuenta la actual planta del Servicio Geológico Colombiano.
- Para cumplir la meta de evaluación integral (Geofísica, Geoquímica y Geología) del potencial mineral de las áreas estratégicas mineras declaradas en la Resolución 18 0241 del 24 febrero de 2012 del Ministerio de Minas y Energía, y las áreas declaradas en la Resolución 0045 del 21 de junio de 2012 de la Agencia Nacional de Minería (ANM), se requiere ejecutar actividades que demandan bastante tiempo, el cual debe optimizarse y acortarse para cumplir con la programación de oferta pública de áreas que requiere el gobierno nacional y el país
- Para adelantar los procesos contractuales (licitación pública y otros) necesarios para la adquisición de información aerogeofísica y las investigaciones y muestreo geoquímico multipropósito que permitan evaluar el potencial mineral en las áreas estratégicas mineras, se requiere de tiempo y dedicación de personal que no está disponible en la institución.

- Los salarios actuales no son atractivos para poder contratar profesionales altamente calificados para atender los requerimientos técnicos de los compromisos.

LÍNEAS TEMÁTICAS

PRODUCTOS ESTRATÉGICOS

Los productos estratégicos en investigación y exploración de recursos minerales se resumen en:

- Áreas con potencial para recursos minerales metálicos.
- Áreas con potencial para recursos minerales no metálicos e industriales.
- Áreas con potencial para recursos minerales energéticos.
- Procesos metalogénicos (Metalogenia).

PRODUCTOS ESPECÍFICOS

- Información geofísica, geoquímica, y geológica de semidetalle, para las ofertas públicas que efectuará el gobierno nacional de las Áreas Estratégicas Mineras.
- Mapas e información de Anomalías geofísicas en bloques que contienen las áreas Estratégicas Mineras (Magnetometría y gamaespectrometría) y en otras áreas de interés nacional.
- Mapas e información de anomalías geoquímicas en las Áreas Estratégicas Mineras y en otras áreas de interés nacional.
- Mapas e información metalogénica en las regiones que contienen las Áreas Estratégicas Mineras y en otras áreas de interés nacional.
- Mapa metalogénico de Colombia, escala 1:1.000.000 (mapa síntesis que incluya recursos potenciales de la plataforma marina continental)
- Informes de evaluación geoquímica, geofísica y geológica, de los recursos minerales en áreas de interés especial (ejemplo, área de 500 km² en el oriente de Colombia. Convenio de Cooperación con el instituto KIGAM de Corea).
- Mapas e informes sobre áreas con potencial para recursos No metálicos e industriales (fosfatos, azufre, potasio, magnesio, materiales de construcción, entre otros).
- Mapas e informes de evaluación de nuevas áreas con potencial para minerales energéticos (carbón metalúrgico y uranio) en el país.
- Mapas e informes sobre el potencial de recursos de carbón y de gas metano asociado a carbón en Colombia.
- Mapa de anomalías geoquímicas de Colombia: síntesis geoquímica de Colombia, que integre el conjunto de observaciones e interpretaciones realizadas sobre el territorio nacional para establecer la línea base geoquímica de Colombia y que permita: determinar los umbrales por encima de los cuales se sitúan las anomalías con potencial interés metalogénico, y establecer los valores que corresponden al fondo natural (*background*) y que determinan los umbrales de otros procesos por ejemplo de procesos de contaminación.

PROYECTOS METAS Y RECURSOS

Las metas (ha) establecidas dan prioridad, sin restringirse a estas, a la evaluación y adquisición de información en las Áreas Estratégicas Mineras (geofísica, geoquímica, geología a escala de semidetalle 1:50.000, 1:25.000), las cuáles se resumen junto con el presupuesto proyectado en el siguiente cuadro:

Año	Metas (ha)	Presupuesto (\$ millones)
2013	1.200.000	55.000
2014	1.700.000	52.500
2015	2.196.275	55.125
2016	2.196.275	57.880
2017	2.196.275	57.880
2018	2.196.275	60.770
2019	2.196.275	63.800
2020	2.196.275	66.990
2021	2.196.275	70.340
2022	2.196.275	73.850

ESTRATEGIAS

Para cumplir con los objetivos planteados, y para optimizar los aspectos favorables y disminuir los desfavorables se adoptan, entre otras, las siguientes estrategias:

- Previsión en la nueva planta de personal de la institución, de personal especializado para asumir las actividades del Servicio Geológico Colombiano en materia de investigación y exploración de minerales.
- Establecimiento de convenios (ejemplo, con el Banco Mundial en el 2013) para asesoría técnica en exploración geofísica, geoquímica, metalogenética y en evaluación del potencial de recursos minerales.
- Priorización de áreas para la adquisición de nueva información geofísica, geoquímica y geológica de semidetalle, que permita la identificación de las áreas con mejores condiciones para las ofertas públicas que efectuará el gobierno y para otros proyectos de interés nacional.
- Establecimiento de convenios y contratos con entidades especializadas (ejemplo FONADE, en el 2013, universidades, instituciones de Ciencia y Tecnología, entre otras), y uso de recursos de diversas fuentes, para efectuar la adquisición de información aerogeofísica, geoquímica y geológica necesaria para evaluar el potencial de recursos minerales estratégicos en las Áreas Estratégicas Mineras y en otras áreas de interés nacional.
- Evaluación geoquímica, geofísica y geológica orientada a recursos minerales en áreas de interés especial (ejemplo, área de 500 km² en el Oriente de Colombia, mediante convenio de cooperación con el instituto KIGAM de Corea).

- Identificación y evaluación de áreas con potencial para recursos No metálicos e industriales (fosfatos, azufre, potasio, magnesio, entre otros).
- Evaluación de nuevas áreas con potencial para minerales energéticos (carbón metalúrgico y uranio).
- Identificación y evaluación de recursos de gas metano asociado a carbón en Colombia.
- Para lograr ejecutar el plan de desarrollo, es necesario formar personal técnico y especializado idóneo, apalancando su desarrollo en un trabajo conjunto de empresa-estado-academia. Algunas de las actividades que se recomiendan son formular programas de educación continuada de los profesionales a nivel de cursos, maestrías y doctorados. Facilitar el aprendizaje de los alumnos “in situ”, visitando o trabajando en áreas mineras mediante pasantías o tesis de pregrado o maestría en cooperación con el sector privado productivo (Foro).
- Estudiar e incorporar ejemplos de otros países, con el fin de identificar nuevos modelos que sean replicables en el territorio colombiano y así generar nuevo conocimiento (Foro).

METODOLOGÍAS

Los anteriores productos se obtendrán utilizando metodologías estandarizadas orientadas a exploración e investigación de recursos minerales (metálicos, no metálicos e industriales y energéticos).

GEOFÍSICA AEROTRANSPORTADA

Utilizando mediciones de magnetometría y gamaespectrometría y otras mediciones geofísicas aplicables según el tipo de mineral explorado.

GEOQUÍMICA DE SUPERFICIE

Efectuando muestreo de sedimentos finos activos, suelos, rocas, concentrados de batea, mineralizaciones, aguas y otros medios de acuerdo con su disponibilidad en cada terreno investigado; realizando mediciones en campo-DRX (Niton, explouranium), pH, T, CE, Eh, entre otros, y ejecutando análisis de laboratorio (geoquímica, carbones, gases, entre otros).

GEOLOGÍA

Realizando reconocimiento de mineralizaciones y minerales de alteración, estratigrafía para minerales no metálicos; perforaciones para gas asociado a carbón, y ejecutando análisis mineralógico en rocas y análisis de minerales y mineralizaciones (petrografía y metalografía, susceptibilidad magnética, espectrometría de IR cercano, microsonda electrónica (EPMA), microtermometría de inclusiones fluidas, catodoluminiscencia, gamaespectrometría, entre otros).

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

En las líneas temáticas, la Dirección de Recursos Minerales desarrollará, de acuerdo con la estrategia institucional, acciones específicas tendientes a cumplir el Plan de Acción de apropiación social del conocimiento geocientífico en relación con los programas estratégicos de apropiación de la organización, de desarrollo de capacidades y de comunicación con los grupos de interés.

3

DIRECCIÓN
DE HIDROCARBUROS

3

DIRECCIÓN DE
HIDROCARBUROS

DIAGNÓSTICO**DÓNDE ESTAMOS**

De acuerdo con el artículo 3 del Decreto Ley 4131 de 2011 el Servicio Geológico Colombiano tiene por objeto: “Realizar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo; adelantar el seguimiento y monitoreo de amenazas de origen geológico; administrar la información del subsuelo; garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país; coordinar proyectos de investigación nuclear, con las limitaciones del artículo 81 de la Constitución Política, y el manejo y la utilización el reactor nuclear de la Nación”.

Para tal fin, al SGC, adscrito al Ministerio de Minas y Energía, le han sido delegadas funciones específicas en materia de hidrocarburos con miras a apoyar en la optimización del aprovechamiento del recurso hidrocarburífero.

DÓNDE DEBEMOS ESTAR

El Gobierno Nacional y el Ministerio de Minas y Energía, con sus entidades adscritas han definido la meta de “Incorporar 4000 millones de barriles equivalentes de petróleo al año 2020”, que el SGC, de acuerdo con su nuevo rol, apoyará con la adquisición de nueva información para avanzar en el conocimiento del subsuelo colombiano. Suministrará a la Unidad de Planeación Minero Energética la información que se requiera para la elaboración de estudios e investigaciones de planeamiento sobre los recursos del subsuelo.

LÍNEAS TEMÁTICAS

Para avanzar en el conocimiento geológico del subsuelo de las cuencas sedimentarias del país que permita al Ministerio de Minas y Energía o a quien delegue, incentivar la actividad exploratoria en la búsqueda de la incorporación de nuevas reservas de hidrocarburos, el grupo técnico del SGC debe desarrollar consecutivamente las siguientes fases:

Plan de adquisición de nueva información: en esta se priorizan los programas de inversión en los temas relacionados con geología del petróleo donde se identifique

la necesidad de información, en particular en aquellas “cuencas foco” donde se estime o se defina que existe un buen potencial hidrocarburífero.

Ejecución de proyectos exploratorios: en la cual se tiene como objeto la adquisición de nueva información geológica y geofísica mediante la contratación y ejecución de los proyectos planeados en la fase anterior.

Interpretación e integración de información: en esta fase se plantea integrar y analizar la información geocientífica del subsuelo, para investigar la evaluación, la composición y los procesos que determinan la actual morfología, estructura y dinámica del subsuelo colombiano.

La lógica de la inversión exploratoria debe seguir este orden temático:

Métodos remotos. Estudios que se realizan sin tener contacto directo con el objeto a estudiar, en este caso con la superficie terrestre, la superficie del mar o el fondo marino. Incluyen todas las técnicas geofísicas aerotransportadas (magnetometría, gravimetría), y la adquisición e interpretación de imágenes satelitales (satélite y radar), fotografías aéreas y las obtenidas a partir de métodos acústicos en regiones costa-afuera. Así mismo, es de suprema importancia estar actualizado acerca de la aparición o mejoramiento de nuevas tecnologías que permitan optimizar las interpretaciones a partir de la adquisición de mejores datos.

Métodos de superficie. Estudios que se realizan directamente sobre el terreno (cartografía geológica, columnas estratigráficas, transectas geológicas) o sobre el fondo marino. Incluyen además los diferentes tipos de análisis de las muestras obtenidas en estos estudios: geoquímica de rocas y crudos, bioestratigrafía, petrografía, petrofísica, historia térmica (AFTA), estratigrafía de isótopos estables y estudios radiogénicos, entre otros.

Visualización de la estructura del subsuelo. Incluye los estudios que se realizan sobre la superficie terrestre o en el océano con el fin de obtener imágenes del subsuelo sin que exista contacto directo con este. Ejemplos: adquisición y procesamiento de sísmica 2D y 3D (*onshore* y *offshore*), reprocesamiento sísmico, magnetotélurica, gravimetría y magnetometría en superficie.

Muestreo del subsuelo. Incluye los estudios que permiten obtener testigos de roca del subsuelo con el fin de conocer sus características físicas, químicas, paleontológicas y cronológicas. Ejemplos: pozos estratigráficos y *piston core* en regiones costa afuera. Incluye además todos los registros que se pueden obtener a lo largo del pozo (por ejemplo, registros eléctricos, de radioactividad, acústicos, imágenes tomográficas, etcétera) y los diferentes tipos de análisis de las muestras obtenidas en estos estudios (geoquímica de rocas y crudos, bioestratigrafía, petrografía, petrofísica, historia térmica (AFTA), estratigrafía de isótopos estables, estudios radiogénicos).

Gestión de la información técnica. Aparte de la actividad misional de adquisición de información geológica y geofísica que corresponde al SGC, este también deberá garantizar el mejoramiento del conocimiento mediante la administración de la información técnica de exploración y producción. Todos los datos, coordenadas,

figuras y, en general, archivos nativos, copias digitales de los proyectos de integración y evaluación técnica en paquetes G&G, indicaciones y referencias en materia de sísmica y pozos, y reportes técnicos de resultados de los estudios adelantados por las compañías operadoras, así como todos los productos de los estudios misionales, son preservados y administrados en el Banco de Información Petrolera (EPIS).

El Servicio Geológico Colombiano debe:

- Ejecutar las prioridades de adquisición de información geológica y geofísica en el corto, mediano y largo plazo, de acuerdo con las estrategias planteadas por la ANH.
- Suministrar la información técnica solicitada por la industria petrolera.
- Obtener información en cuencas emergentes, subexploradas y frontera con el fin de identificar nuevas oportunidades exploratorias.
- Mejorar la calidad del dato y de la información que se encuentra almacenada en las bases de datos del EPIS.
- Ampliar la gama de servicios que presta el EPIS y la Litoteca Nacional a la industria petrolera, la academia y público en general.

PROYECTOS A DIEZ AÑOS EN LAS CUENCAS COLOMBIANAS

- Adquisición, procesamiento, reprocesamiento e interpretación de datos sísmicos.
- Adquisición de datos de subsuelo a través de la perforación de pozos estratigráficos profundos y *Slim Hole* con toma de núcleos de roca.
- Cartografía geológica de detalle y levantamiento de columnas estratigráficas en áreas de interés exploratorio.
- Elaboración de paquetes de información G&G como insumo principal para los procesos de negocio que requiera la Agencia Nacional de Hidrocarburos.
- Levantamiento y muestreo litológico de columnas estratigráficas para los análisis petrográficos, bioestratigráficos, geoquímicos, petrofísicos y radiométricos entre otros.
- Identificación, inventario, muestreo y caracterización geoquímica de los rezumaderos de hidrocarburos.
- Preservación de los núcleos de roca a través de la digitalización y análisis de los núcleos existentes en la Litoteca.
- Actualización y preservación de información técnica de E&P en el EPIS.
- Proceso de recepción, verificación generación de metadatos, marcación de confidencialidad y carga de información de E&P al EPIS.
- Proyecto de operación del EPIS, Cintoteca y Litoteca.

ESTRATEGIAS

Para el logro de los objetivos misionales relacionados con el sector de hidrocarburos se van a realizar los siguientes proyectos:

- Establecimiento de alianzas estratégicas.
- Participación en programas internacionales.
- Conformación de grupos de investigación a nivel nacional.
- Formación de personal en geología y geofísica del petróleo, y evaluación de cuencas.
- Apoyo de expertos internacionales sobre temas específicos para entrenamiento en el trabajo *in house*.

El Foro propuso las siguientes estrategias:

El equipo de expertos valoró diversas aproximaciones técnicas que deben incorporarse en la cotidianidad institucional y profesional para la adecuada gestión de información y aporte conceptual al estudio de los hidrocarburos. Se identifica la geofísica como una herramienta estratégica que ofrece información para soportar modelos cercanos a la realidad. De igual manera, se plantea un conocimiento integral de toda la cadena de los hidrocarburos, desde la exploración, producción, petroquímica y productos, hasta llegar a los consumidores y el escenario geopolítico que lo envuelve. En tal sentido, sería recomendable proponer a las instancias educativas una formación integral que incorpore pasantías, interacción universidad-empresa y adaptación de contenidos a tendencias internacionales, como por ejemplo una formación básica en los primeros tres años, y la posterior profundización en temas especializados como yacimientos, producción, etcétera, con el objeto que el profesional llegue a las entidades con bases sólidas en este campo del conocimiento.

La cadena de productos y la gestión del conocimiento en esta área de las ciencias de la Tierra requieren de un particular manejo de los datos que provienen de campo o laboratorios. La adecuada administración de los sistemas repositórios y de custodia de información y muestras favorecerá el cierre de incertidumbres y errores en las interpretaciones, así como la garantía de disponer de potenciales recursos para nuevos ensayos y pruebas.

La información surge de unos datos confiables, de acá la importancia de las evidencias, para el caso, la información primaria. No es lo mismo generar un modelo a partir de herramientas de computador que uno con datos primarios tomados en campo. Por esta razón, es primordial verificar los resultados de las interpretaciones con datos de campo, tomando la información directamente y validándola contra los modelos, para luego si dar a conocer los resultados de las investigaciones.

Hoy en día existe poco acceso a la información, las empresas son celosas y poco la comparten, lo cual es un error, pues la única forma de ser exitosos es compartirla para que otros generen modelos, creen conexiones con otras áreas de conocimiento con diferentes datos, cooperando todos en el hallazgo de nuevas reservas petrolíferas que el país requiere con urgencia.

Es necesario integrar la información geológica, geofísica y geoquímica, entre otras, ya que al trabajarlas individualmente quedan vacíos de interpretación, mien-

tras que la información integrada genera productos confiables que facilitan la toma de decisiones. Se propone conformar grupos interdisciplinarios que aborden una temática desde diferentes ópticas, para integrarla posteriormente en un modelo. En este sentido, es necesario coordinar acciones entre entidades como la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), el Ministerio del Interior y el Ministerio de Minas y Energía, entre otras. La falta de coordinación e integración genera sobrecostos, repetición de investigaciones, o no cubrimiento en investigaciones. En el tema de la socialización, la falta de coordinación hace que los profesionales que visitan a las comunidades lleven un discurso diferente, generando desconfianza entre estas, que no perciben un discurso único de las entidades del Estado.

El Servicio Geológico Colombiano debe desarrollar las competencias que le permitan interpretar la información recopilada a lo largo de su historia, así como la que recopile, incluida la información geofísica, hacia los fines propios de la industria de hidrocarburos, para lo cual puede realizar alianzas estratégicas (por ejemplo, con Ecopetrol, específicamente con el Instituto Colombiano del Petróleo) en el desarrollo, interpretación y lectura de la geología, de manera integradora entre los distintos actores, en la misma dirección que inspiró la reestructuración del sector minero energético.

En términos de exploración, existe una inercia a seguir siempre un modelo, una teoría, un esquema. Es necesario tener la mente abierta, pensar diferente y romper paradigmas, claro está con sólidos conocimientos científicos. La exploración de hidrocarburos es costosa, pues cada vez se realiza a mayores profundidades, por lo cual se requiere profesionalismo y altas competencias del personal involucrado en esta actividad. El país vive un momento histórico, donde se requiere profundizar en la actividad exploratoria y romper los mitos que rodean la historia a partir del conocimiento técnico y la capacidad de divulgar este conocimiento de manera clara y rápida a comunidades y demás actores.

Colombia solo tiene reservas por 6,7 años, lo que hace imperativo hallar nuevos yacimientos de petróleo. El último hallazgo se hizo en el año 2000 con el Campo Guando. El país se autoabastece principalmente de los campos conocidos, empleando nuevas técnicas de recuperación, tratando de sacar el máximo provecho de estos.

Colombia debe incrementar en 60 % la actividad exploratoria con respecto a la de hoy; el 95 % es petróleo asociado y el 5% petróleo nacional. El país actualmente produce 950.000 barriles diarios y debería producir 1.050.000 a finales del 2014, e ir incrementando la producción a 1.200.000 barriles diarios en el 2018.

Por otra parte, el país está perforando un promedio de 110 pozos/año, pero debería estar en un promedio de los 190 pozos/año. Esto puede estar asociado a los costos de la actividad petrolera, los cuales se han ido incrementando por las licencias ambientales, aspectos sociales y aspectos de seguridad. En este sentido, es necesario realizar acciones para agilizar la expedición de licencias ambientales por parte de la

autoridad competente, enfocar la consulta previa para que su aplicación garantice el desarrollo de las actividades sin menoscabar los derechos de las comunidades.

METODOLOGÍAS

Programar sesiones de trabajo con la industria y la ANH como entidad administradora del recurso hidrocarburífero del país, con el fin de establecer las necesidades y prioridades de adquisición de información sobre el potencial hidrocarburífero del territorio, con lo cual se estructurarán los planes de acción y de inversión.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

En las líneas temáticas, la Dirección de Hidrocarburos desarrollará, de acuerdo con la estrategia institucional, acciones específicas tendientes a cumplir el Plan de Acción de apropiación social del conocimiento geocientífico en relación con los programas estratégicos de apropiación de la organización, de desarrollo de capacidades y de comunicación con los grupos de interés.

4

DIRECCIÓN
DE GEOAMENAZAS

4

DIRECCIÓN DE
GEOAMENAZAS

La esquina Noroccidental de Suramérica tiene una complejidad geológica importante, debido a que es el resultado de la interacción de tres placas tectónicas principales, las placas Suramericana, Nazca y Caribe. La interacción de estas placas hace que nuestro país esté caracterizado por la presencia de cadenas montañosas jóvenes donde ocurren sismos, erupciones volcánicas y procesos de remoción en masa, estos últimos favorecidos por lluvias intensas, pendientes fuertes, materiales fracturados y meteorizados. Estos son algunos de los procesos de origen geológico que producen amenazas, cuya ocurrencia ha causado pérdida de vidas humanas, de medios de vida, de infraestructura y ha frenado el desarrollo del país, como los terremotos en la zona de Nariño en 1906, 1923, 1936, 1958 y 1979 algunos de ellos acompañados por tsunamis, el sismo de Popayán 1983, la erupción del Nevado del Ruiz en 1985, el deslizamiento en Villa Tina, Medellín en 1987, y las erupciones del volcán Nevado del Huila entre 2007 y 2008.

En la mesa de Geoamenazas del Foro planteó que, entender el sistema geológico con sus amenazas potenciales y evaluar las condiciones existentes de vulnerabilidad es fundamental para el desarrollo de la economía colombiana. Es imperativo determinar el grado de riesgo al que se exponen las poblaciones y su ambiente en el país a través de un análisis de amenazas potenciales, evaluando las condiciones existentes de vulnerabilidad, para dimensionar la capacidad de respuesta ante diferentes escenarios. Así mismo, se deben asegurar los aspectos o impactos ante la materialización de una amenaza de las áreas y los controles operativos, para proceder a identificar acciones para la eliminación o minimización.

DIAGNÓSTICO

ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Dónde estamos

Considerando como prioritario el seguimiento de volcanes activos y definiendo éstos como los que han presentado erupciones en los últimos 10.000 años, hasta el momento se ha identificado que existen cerca de 30 centros volcánicos (considerando como un solo centro algunos de ellos que están formando Complejos

volcánicos y Cadenas volcánicas) ya sea con reportes sobre erupciones históricas, morfología conservada o presencia de fumarolas y fuentes termales; algunos de ellos tienen datos de erupciones holocénicas y algunos tienen sismicidad más o menos permanente. Con el fin de definir si realmente son volcanes con un potencial de actividad eruptiva en el presente o en un futuro próximo, es necesario tener un mejor conocimiento de estos centros volcánicos, para lo cual, por un lado, se deben adelantar investigaciones de su evolución geológica que luego conlleven a evaluar la amenaza volcánica y por otra parte establecer redes de vigilancia instrumental.

En la actualidad el Servicio Geológico Colombiano, por intermedio de los observatorios vulcanológicos y sismológicos de Manizales, Popayán y Pasto, monitorea 12 volcanes con 391 estaciones instaladas. De estos volcanes diez cuentan con mapas de amenaza volcánica; estas actividades se vienen realizando de manera permanente desde 1985. En los últimos años se ha dado respuesta exitosa a las reactivaciones y crisis sísmicas de los volcanes Galeras, Nevado del Huila, Cerro Machín y más recientemente a la originada por el Nevado del Ruiz, proporcionando información sobre la actividad del volcán, trabajando con las autoridades en los planes de contingencia basados en los mapas de amenaza volcánica, cambiando los niveles de actividad y dando los avisos de alerta temprana relacionados con la probabilidad de ocurrencia de erupciones. En los últimos seis años, las redes de vigilancia volcánica han sido modernizadas, se han ampliado y diversificado notoriamente. Entre los volcanes monitoreados de manera permanente están Nevado del Ruiz, Cerro Machín, Puracé y Galeras, los cuales por su actividad, el número de personas en el área de influencia y la accesibilidad tienen el mayor número de estaciones, lo que permite tener información sismológica, de deformación, geoquímica y de otros parámetros geofísicos tales como campo eléctrico y magnético para evaluar el comportamiento volcánico y dar una alerta volcánica en caso de ser necesario. Algunos de los mapas de amenaza fueron elaborados hace alrededor de 20 años y otros deben ser revisados a la luz de estudios geológicos más detallados, nuevas técnicas de análisis y modelamiento numéricos. Por otro lado, los tres observatorios han servido como semilleros de profesionales en distintas áreas del conocimiento, a través de convenios con universidades locales.

Dónde debemos estar

Uno de los objetivos principales es llegar a entender los procesos que ocurren en el interior de un volcán y las características que generan su reactivación, con el fin de pronosticar el comportamiento de los volcanes y dar alertas tempranas, definir los volcanes que tengan la capacidad de volver a hacer erupciones (volcanes activos) e instrumentar esos volcanes con el mínimo de las herramientas necesarias para tener una línea base de su comportamiento, y a fortalecer la capacidad de reacción de monitoreo si un volcán cambia en alguno de los parámetros indicadores de actividad. Todo este conocimiento debe ser comunicado y apropiado por parte

de la comunidad y sus autoridades para tomar las mejores decisiones en ordenamiento territorial y gestión del riesgo.

ACTIVIDAD SÍSMICA

Dónde estamos

Desde 1993, el Servicio Geológico Colombiano ha venido consolidando y operando redes nacionales para seguimiento de la actividad sísmica, informando sobre las características de los eventos en el país. En los últimos seis años se han ampliado y modernizado las redes sismográficas y acelerográficas, lo que ha permitido localizar pequeños eventos que antes eran omitidos. Se han estudiado los efectos de los grandes sismos históricos y recientes, para mejorar las evaluaciones de amenaza sísmica. Igualmente se han realizado estudios de amenaza sísmica a diferentes escalas, insumo requerido para la adopción de las normas de construcción sísmo resistente nacionales y municipales.

Dónde debemos estar

Debemos mejorar las operaciones rutinarias para dar información confiable en los tres minutos de ocurrido un sismo, e implementar nuevos procedimientos que antes eran irrealizables sin datos digitales de banda ancha. Liderar estudios e investigaciones en el campo de la sismología y temas relacionados, para mejorar el conocimiento de la corteza, los procesos de fuente sísmica y la atenuación de la energía en el país. Asimismo, realizar investigaciones sobre las características, los efectos y el aprovechamiento de la sismicidad inducida por la actividad humana (minería, grandes explosiones, acumulación de masas de agua en represas, o inyección de líquidos en campos petrolíferos).

También debemos disponer de adecuados servicios de datos e información como apoyo a la gestión del riesgo de desastres y la investigación, y con una mejor utilización de las nuevas tecnologías, redes sociales y medios de comunicación en la difusión de información.

MOVIMIENTOS EN MASA

Dónde estamos

Las visitas técnicas a sitios donde han ocurrido deslizamientos han estado siempre presentes en el Servicio Geológico Colombiano, pero sólo hasta la década de los ochenta se empezó a evaluar sistemáticamente los procesos de movimientos en masa en escalas nacionales y departamentales y recientemente con proyectos pilotos para definir metodologías de estudio se ha venido evaluando movimientos en masa en escalas de detalle, 1:5000. Para recuperar y sistematizar la información de este tipo de fenómeno, el instituto cuenta con un sistema de información (SIMMA) donde se consolida el inventario y el catálogo de movimientos en masa

en Colombia. Adicional al trabajo de evaluación del fenómeno en sí, se brinda asistencia técnica a los tomadores de decisiones, frente a la necesidad que esta información técnica se convierta en una herramienta de relevancia y con la que puedan dar un enfoque acorde al tema del ordenamiento territorial.

Dónde queremos llegar

Debemos tener la capacidad de poner a disposición de las autoridades locales y regionales herramientas metodológicas para evaluar amenazas por movimientos en masa e incorporarlas en sus planes de ordenamiento territorial, gestión del riesgo, educación y desarrollo. Asimismo, resultados de investigaciones de caracterización y comportamiento de materiales, insumos básicos requeridos para planear la infraestructura en el país. Debemos mejorar los servicios de datos e información como apoyo a la investigación y gestión del riesgo de desastres.

Incluir el estudio de otros procesos de origen o relacionados con eventos geológicos es también de importancia: subsidencia del terreno, diapirismo de lodo, erosión costera, ocurrencia de fenómenos kársticos, entre otros, para los que se deberá definir los procedimientos de evaluación de amenazas y si es posible monitoreo de esos fenómenos.

En general, el Servicio Geológico Colombiano se ha concentrado en investigación y evaluación de amenazas de origen geológico, pero la necesidad del país involucra estudios de vulnerabilidad y riesgo en el ámbito físico de eventos de origen geológico.

LÍNEAS TEMÁTICAS

OBJETIVO ESTRATÉGICO

Generar conocimiento geocientífico mediante la investigación, evaluación y monitoreo de los procesos geológicos que generan amenazas, para apoyar el ordenamiento territorial, la gestión del riesgo y el desarrollo del país.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los procesos geológicos que generan amenaza.
- Realizar seguimiento de los eventos geológicos mediante redes de vigilancia.
- Formular metodologías para evaluación de amenazas geológicas y escenarios de riesgo físico a diferentes escalas.
- Evaluar y zonificar las amenazas de origen geológico que permitan apoyar el ordenamiento territorial y la gestión del riesgo.
- Establecer sistemas de alertas tempranas para actividad volcánica y sismos tsunamigénicos
- Proveer los servicios de datos e información que requieren el Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres y el Sistema Nacional Ambiental, entre otros.

TEMÁTICAS

- Investigación en procesos geológicos.
- Redes de monitoreo de eventos geológicos.
- Metodologías de evaluación de amenazas geológicas y escenarios de riesgo físico a diferentes escalas.
- Evaluación y zonificación de amenazas de origen geológico.
- Alertas tempranas para actividad volcánica y sismo-tsunamigénico.
- Posicionamiento de la comunicación y apropiación del conocimiento.

PROYECTOS

- Redes de vigilancia sísmica y volcánica 24/7, 365 días al año.
- Actualización y nuevos mapas de amenaza volcánica para los volcanes activos del país que representen mayor riesgo.
- Actualización periódica del mapa de amenaza sísmico de Colombia y proveer información relacionada a amenaza sísmica para proyectos económicos y de infraestructura del país.
- Elaboración de mapas actualizados de amenaza por movimientos en masa del territorio colombiano en escalas regionales y nacionales.
- Desarrollo de metodologías para evaluación de fenómenos de movimientos en masa a escalas de detalle.
- Posicionamiento de la divulgación de la información de procesos geológicos para la gestión del riesgo, ordenamiento territorial y planes educativos.

ESTRATEGIAS

INVESTIGACIÓN

En las líneas temáticas la estrategia de investigación sirve para:

- Promover el desarrollo conceptual, científico y técnico enmarcados en los procesos geológicos que generan amenazas para el país.
- Desarrollar o validar metodologías de evaluación de amenazas geológicas y escenarios de riesgo físico a diferentes escalas.
- Realizar estudios puntuales dirigidos a satisfacer necesidades de información en cada programa.

MONITOREO

En las líneas temáticas la estrategia de monitoreo sirve para:

- Mantener, ampliar y actualizar las redes de captura de datos y los sistemas de información de los procesos geológicos que generan amenazas para el país.

COOPERACIÓN PARA EL CONOCIMIENTO

En las líneas temáticas la estrategia de cooperación para el conocimiento sirve para:

- Establecer o ampliar el intercambio nacional e internacional frente a conceptos, enfoques, metodologías y experiencias en el conocimiento de la amenaza y riesgo geológico.

Sobre este tema, el Foro planteó la siguiente propuesta:

- Establecer el alcance de cada una de las instituciones que trabajan en gestión del riesgo, ordenamiento territorial y gestión ambiental, y coordinar las interrelaciones, respuestas y actividades a las que se enfocarán, es una necesidad que debe ser abordada de forma urgente por el Estado. Así mismo, es necesario establecer parámetros de calidad, para que la información se pueda compartir y así generar redes de trabajo integrado.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

En las líneas temáticas, la Dirección de Geoamenazas desarrollará, de acuerdo con la estrategia institucional, acciones específicas tendientes a cumplir el Plan de Acción de apropiación social del conocimiento geocientífico en relación con los programas estratégicos de apropiación de la organización, de desarrollo de capacidades y de comunicación con los grupos de interés.

COMUNICACIÓN Y APROPIACIÓN DEL CONOCIMIENTO

En las líneas temáticas la estrategia de comunicación y apropiación del conocimiento sirve para:

- Fortalecer los canales de comunicación y fomentar los mecanismos de apropiación social del conocimiento de las amenazas y riesgo físico ante los múltiples agentes sociales.

En este tema el Foro propuso las siguientes estrategias:

- Articular las acciones de todas las instituciones que trabajan en gestión de territorio desde diferentes perspectivas (ambiental, territorial, entre otras), con el fin de mejorar la eficiencia, eficacia y la calidad de respuesta.
- Definir estrategias de apropiación social del conocimiento que provean los elementos necesarios a los tomadores de decisiones y a las comunidades, lo que permitirá incorporar este conocimiento a su actividad y contar con resultados de alta calidad.
- Organizar y participar conjuntamente (institución–universidad) en eventos internacionales y nacionales y publicaciones científicas, con el propósito de mantener una comunicación de la información constante, fluida, efectiva y ali-

nada, que consolide políticas, normas y estándares en los temas de manejo de riesgo que llegue a los grupos de interés.

- Asegurar la disponibilidad de la información que se adquiera en las entidades, con el fin de generar redes de conocimiento y establecer una forma de gestión de la información entre instituciones, que agilice su disponibilidad, análisis e incorporación de conocimiento, lo que permitirá a través de profesionales competentes generar modelos confiables.
- Preparar guías metodológicas para el levantamiento y generación de la información, que permitan estandarizar la adquisición y flujo de información. Estas guías deben establecer los lineamientos y pautas de verificación, seguimiento y disposición de la información y las estrategias para la incorporación de información no oficial.
- Capacitación de personal científico. Para el desarrollo de los estudios de amenaza geológica y geología ambiental es necesario contar con personal competente. Para ello se proponen identificar e incorporar sinergias para educación y cooperación académica entre las instituciones del Estado y las universidades, con el fin de obtener los niveles de competencia requeridos. Algunas de las áreas en las que se puede priorizar estas acciones conjuntas son: proyectos específicos desarrollados por universidades e instituciones; apoyo en la formulación de políticas educativas; organización y participación en eventos internacionales y nacionales, y publicaciones científicas. Se busca tener un modelo de relacionamiento sistémico y multidireccional institución-universidad.

5

DIRECCIÓN
DE ASUNTOS NUCLEARES

5

DIRECCIÓN DE
ASUNTOS NUCLEARES

Las sustancias radiactivas y nucleares tienen muchas aplicaciones beneficiosas, que van desde los usos en la investigación, la medicina, la industria y la agricultura, dicho esto, el país necesariamente ha de considerar el aprovechamiento de las técnicas nucleares como un factor de impulso al desarrollo socioeconómico. Por otra parte, los riesgos asociados a las radiaciones que estas aplicaciones pueden entrañar para los trabajadores, la población y el medioambiente deben evaluarse y, si es necesario, controlarse. Para ello es preciso que actividades tales como los usos de la radiación con fines médicos, la explotación de instalaciones nucleares, la producción, el transporte y la utilización de material radiactivo y la gestión de los desechos radiactivos estén sujetas a normas de seguridad. El plan estratégico de asuntos nucleares comprende dos ámbitos: de la seguridad y de las aplicaciones, aspectos que se conjugan buscando el máximo beneficio en el uso de los materiales radiactivos y nucleares manteniendo condiciones de seguridad en conformidad con estándares internacionales.

El Decreto 4131 de 2011 constituye al Servicio Geológico Colombiano como una entidad de ciencia y tecnología de carácter gubernamental, que tiene a cargo funciones de gestión e investigación en materia de asuntos nucleares, orientados a su aprovechamiento pacífico. Es en tal carácter que el Servicio Geológico Colombiano (entidad pública que administra instalaciones nucleares y radiológicas relevantes) realiza su operación y por ende emprende la generación de actividades investigativas y de servicios, bajo su responsabilidad de órgano público. Es para estos efectos, el instituto de asuntos nucleares del Estado Colombiano, aunque su connotación sea más amplia en la gestión del conocimiento del subsuelo.

Derivado de su misión y considerando los dos ámbitos de las técnicas nucleares expuestos arriba se plantean los objetivos estratégicos en asuntos nucleares (gráfico 1).

DIAGNÓSTICO

El inicio formal y estructurado de la utilización de las tecnologías nucleares en Colombia, se presentó a mediados del siglo XX, mediante la creación del Instituto Colombiano de Asuntos Nucleares (ICAN), durante la administración Rojas Pini-lla, situación que marcó un hito en la transformación que se estaba dando de un país esencialmente rural a uno industrial.

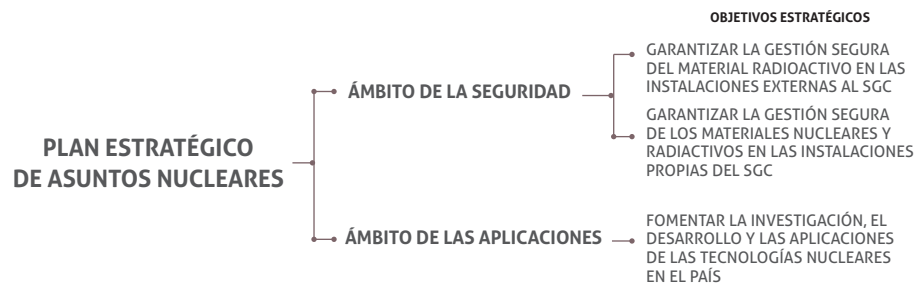


Grafico 1. Objetivos estratégicos en asuntos nucleares.

El Reactor Nuclear colombiano IAN-R1 (20 kW.) fue donado por el gobierno de Estados Unidos de América a través del Programa Átomos para la Paz y puesto a crítico el 20 de enero de 1965, durante la administración del presidente Guillermo León Valencia.

Para la planta de irradiación Gamma se hizo la última recarga de cobalto, Co-60 en la década de los noventa, elevando su actividad a 102 mil Curios y desde ese entonces se dio un renovado impulso a la utilización de las radiaciones ionizantes en la industria, la agricultura, las investigaciones y en la docencia. Como resultado del reciente estudio de mercado, se hace necesario tramitar una nueva recarga para satisfacer la creciente demanda de iniciativas y proyectos de investigación relacionados con la aplicación segura de esta tecnología.

Después de varios años de operación, en 1992 se presentó un proyecto de modernización, repotenciación (100 kW) y rediseño de la facilidad nuclear, el cual contó con la asistencia técnica del gobierno de Estados Unidos de América, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), y el gobierno de la República de Colombia mediante los proyectos COL/4/011, COL/4/012 y COL/4/013 y el proyecto de Renovación del Reactor IAN-R1 con recursos nacionales situados por el Departamento Nacional de Planeación (DNP).

El 29 de agosto de 1997 con la asistencia del OIEA, funcionarios del antiguo INEA y expertos de la General Atomics, compañía constructora, es puesto a crítico nuevamente el Reactor IAN-R1 adoptando la moderna tecnología TRIGA (Training, Research and Isotopes, General Atomics) que ofrece reactores de operación inherentemente seguros. Un cambio sustancial se relaciona con el reemplazo del combustible anterior del tipo enriquecido (HEU, 90 % U3O8) a uno empobrecido (LEU, 20 % U3O8) atendiendo consideraciones de orden técnico y geopolítico. Posteriormente y en cumplimiento del Decreto 1682 de 1997 se liquida al INEA y como consecuencia de ello el 30 de abril de 1998 se suspende la operación del reactor nuclear. Una vez puesto en operación el reactor nuclear en 1997, de forma simultánea empieza la liquidación del Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, INEA (Decreto 1682 de 1997) y sus funciones en materia de tecnologías nucleares son reasumidas por Ingeominas (Decreto 1452 de 1998).

A partir del 13 de agosto de 1998, mediante la Resolución 1050, expedida por la Dirección General del Ingeominas, se crea la Unidad de Energía Nuclear y Asuntos Afines, la cual asume entre otras labores el mantenimiento y preservación de las condiciones de seguridad física y nuclear de la instalación. En la actualidad, la responsabilidad del manejo seguro de la instalación nuclear recae sobre la Subdirección de Ensayos y Servicios Tecnológicos. Las responsabilidades del manejo seguro y aprovechamiento integral de la instalación nuclear y el despliegue de sus usos pacíficos recaen sobre los grupos de Trabajo de Tecnologías Nucleares, Seguridad Nuclear y Protección Radiológica y Reactor Nuclear, además el artículo 3.º del Decreto 4131 señaló, entre otros elementos, como objeto del Servicio Geológico Colombiano, garantizar la gestión segura de los materiales nucleares y radiactivos en el país, coordinar proyectos de investigación nuclear, con las limitaciones del artículo 81 de la Constitución Política, y además el manejo y la utilización del reactor nuclear de la Nación.

LICENCIAMIENTO Y CONTROL DE INSTALACIONES RADIATIVAS EXTERNAS

Dónde estamos

Sin contar las instalaciones nucleares y radiactivas del SGC, para 2013 existen en el país más de 400 instalaciones usuarias de materiales radiactivos que tienen en su poder más de 2600 fuentes radiactivas; en los últimos años se ha dado un crecimiento de las instalaciones usuarias que oscila entre 5 y 10 % anual. Para ejercer control sobre estas operaciones, el MME ha delegado en el SGC las funciones de licenciamiento, inspección y control de dichas empresas. La infraestructura de control actual tiene las siguientes características:

- Se cuenta un grupo de profesionales inspectores-evaluadores de diez profesionales con diversos niveles de competencias específicas en protección radiológica. Adicionalmente, se cuenta con cuatro colaboradores de perfil técnico.
- El 20 % del personal dedicado a las actividades de licenciamiento e inspección está vinculado a la planta de personal y el 80 % restante son personas vinculadas por contrato de prestación de servicios personales. Situación que genera alta rotación y limitaciones para la realización de entrenamiento y capacitación.
- Están plenamente estructurados y en funcionamiento los programas de licenciamiento, inspección y notificación de las instalaciones sujetas a control.
- Está parcialmente estructurado y en funcionamiento el programa de coerción de las instalaciones sujetas a control.
- Se cuenta con un sistema de información permanentemente actualizado (SIAR) que contiene módulos para administrar lo siguiente:
 - Inventarios nacionales de instalaciones, fuentes radiactivas y trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones TOEs.
 - Historiales dosimétricos de los TOEs, historiales de licenciamiento e ins-

- pección de las instalaciones e historiales de cada fuente radiactiva desde su ingreso al país hasta su reexportación o gestión como desecho.
- Actuaciones de la autoridad frente a las instalaciones sujetas a control con flujo cronológico de cada una.
 - Archivo de gestión documental derivado de las actuaciones.
 - Envío electrónico a los usuarios de las respuestas emanadas del grupo.
 - Nivel de seguridad y accesos a nivel de usuarios con perfiles definidos.
 - Respaldos redundantes de la información.
- El sistema de información SIAR tiene conectividad limitada pues la plataforma en que está construido no permite conectividad web y el acceso al mismo se restringe a los funcionarios del Grupo de licenciamiento e inspección que estén ubicados dentro de la red LAN de la sede CAN.
 - Capacidad operativa para atender más de 2500 solicitudes al año, de las cuales 40 % son asociadas a licenciamiento, 29 % son relacionadas con notificaciones y el 31 % restante relacionado con otros tipos de actuaciones. La oportunidad de la respuesta se encuentra por encima del 95 %.
 - Las Resoluciones MME 181304 de 2004 y 180208 de 2005 mediante las cuales se establece el procedimiento para expedición de licencia de manejo de material radiactivo son el marco normativo actual para la autorización de instalaciones radiactivas a nivel nacional; sin embargo, dicha normativa se encuentra desactualizada frente a las recomendaciones internacionales en la materia emanadas en los últimos años y, adicionalmente, los avances de la actividad de licenciamiento y control por parte del SGC en los últimos años han revelado la necesidad de modificar la citada normativa.
 - No están desarrolladas guías específicas de práctica cuya finalidad sea establecer criterios particulares de evaluación que faciliten y estandaricen los dictámenes técnicos realizados por los evaluadores-inspectores.
 - Más del 80 % de las instalaciones bajo control se encuentran en condiciones de licenciamiento vigente, el restante porcentaje se encuentra en un programa de regularización para la renovación de la licencia vencida.

Dónde debemos estar

Asumiendo un ritmo de crecimiento semejante al de los últimos años, en 10 años se tendrá un crecimiento en el número total de instalaciones radiactivas en el país, que puede ser del 60 al 160 % de valor correspondiente a 2013. El estado ideal esperado transcurrida la década deberá pasar por obtener la capacidad plena de mantener bajo control el creciente universo de instalaciones radiactivas, en conformidad con los posibles avances en las recomendaciones internacionales y acudiendo a todas las herramientas tecnológicas que estén disponibles. La infraestructura de control en el 2023 deberá tener las siguientes características:

- El Grupo de profesionales inspectores-evaluadores deberá ser suficiente en número y contar con las competencias específicas en protección radiológica. Su vinculación debería ser como funcionarios de planta sujetos a un programa estructurado de capacitación y entrenamiento acorde con las funciones desempeñadas.
- Además de los programas de licenciamiento, inspección y notificación deberá estar completamente estructurado y en funcionamiento el programa de coerción de las instalaciones sujetas a control.
- Debe existir un Sistema de Información de la Autoridad reguladora que incluya las actuales utilidades y ofrezca conectividad total de todas las instancias involucradas en los procesos regulatorios (inspectores-evaluadores, usuarios, otras autoridades, público, etcétera.). Los trámites deberán realizarse en línea, con filosofía de Cero Papel y seguridad informática.
- La reglamentación asociada a las prácticas con material radiactivo debe ser moderna y acorde a la realidad del país. A partir de esta deberán desplegarse las guías específicas de práctica los cuales serán documentos dinámicos.
- Más del 97 % de las instalaciones bajo control se deben encontrar en condiciones de licenciamiento vigente.

GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS RADIATIVOS

Dónde estamos

Para el 2006, en Colombia existían desechos radiactivos en poder de generadores sin una alternativa clara para su tratamiento; por otro lado, Ingeominas actuando como centro nacional ofrecía una alternativa de gestión, pero la infraestructura existente no era suficiente ni representaba una solución integral a la problemática.

Teniendo en cuenta la línea base en el ámbito de los desechos radiactivos, se estructuró un Plan Integral para la Gestión de Desechos Radiactivos. Este plan permitió la construcción y puesta en funcionamiento de una facilidad centralizada para la gestión de desechos radiactivos, que cumple con los requerimientos en capacidad de almacenamiento, seguridad física y radiológica; además cuenta con la infraestructura técnica y el *staff* suficiente para la realización de las etapas involucradas en la gestión de los desechos de esta naturaleza: tratamiento previo, tratamiento, acondicionamiento y almacenamiento. El centro nacional significa la solución a la problemática de todos los desechos históricos, actuales y futuros en el país, con excepción de los desechos de muy corta vida, para los cuales se incluyó dentro de la estrategia nacional la gestión *in situ* por parte del generador, de esta forma se pretende solucionar integralmente la situación de desechos radiactivos.

Dónde debemos estar

El centro nacional es el único sitio designado para la gestión segura de los desechos radiactivos; en ese orden de ideas, debe recibir y procesar en forma segura la totalidad de desechos radiactivos generados en el país y para los cuales no exista

la posibilidad de reexportación. Se tienen identificadas varias metas a alcanzar en los próximos años:

- Transferencia al nuevo almacén de todos los desechos existentes en el antiguo almacén de desechos radiactivos del SGC. Previsto para los años 2013 a 2016.
- Recepción de las fuentes en desuso existentes fuera del SGC y que no tengan opción de reexportación. Previsto para los años 2013 a 2017.
- Recepción de las fuentes en uso existentes fuera del SGC y que no tengan opción de reexportación. Previsto para los años 2013 a 2028.
- Recepción de las fuentes potenciales a repatriar a través de cooperación técnica internacional. Previsto para los años 2013 a 2015.
- Recepción de las fuentes de Co-60 de la planta gamma que por ser de origen argentino no tienen opción de reexportación. Previsto para el año 2044.
- Control institucional bajo condiciones de seguridad radiológica y física por el tiempo de operación del centro nacional, previsto inicialmente para un almacenamiento temporal por 70 años.

INVESTIGACIÓN Y APROVECHAMIENTO DEL REACTOR NUCLEAR IAN-R1

Dónde estamos

El reactor nuclear de investigación IAN-R1 tiene como función operar de manera segura, garantizando su disponibilidad como herramienta tecnológica para la irradiación de muestras de tipo geológico necesarias para la caracterización del potencial del subsuelo colombiano, así como de otras matrices de interés general.

En la actualidad el Reactor Nuclear IAN-R1 cuenta con una consola principal de operación y control y su instrumentación asociada renovada para robustecer la seguridad en la operación y darle continuidad a la misma, contando con una tecnología actualizada y fácil suministro de repuestos en el mercado; esto se hizo en convenio con Colciencias-SGC-CIF y con financiación de la ANH, por medio de contrato con la empresa ININ de México. Por lo anterior, el país cuenta con un reactor nuclear renovado, el cual además tiene un combustible nuclear relativamente nuevo que al ser usado a diario y con el reactor a máxima potencia de operación podría durar hasta 40 años de uso.

Dónde debemos estar

En diez años el Reactor Nuclear IAN de investigación IAN-R1 debe contar con una licencia de operación continua que le permita ampliar los servicios de irradiación de muestras de tipo geológico y otras matrices, para fortalecer las aplicaciones nucleares directamente relacionadas con el Reactor como son Análisis por activación neutrónica, Huellas de Fisión, Neutrones Retardados y Producción de Radioisótopos y demás aplicaciones relacionadas; deberá contar con personal capacitado suficiente para la operación, garantizando la continuidad de las actividades.

INVESTIGACIÓN DE APLICACIONES NUCLEARES EN CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES GEOLÓGICOS

Dónde estamos

El Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica (LAAN), se encuentra actualmente en estado operativo, con personal capacitado y con experticia analítica, adicionalmente se cuenta con instrumentación analítica nuclear renovada, de última generación y con capacidades potenciales de realizar determinaciones químicas multielementales en matrices de diversa naturaleza, en materiales geológicos (rocas, suelos, sedimentos), ambientales (estudios de contaminación, movilización, dispersión y acumulación de elementos químicos contaminantes), industriales (caracterización de materias primas y productos terminados) y forenses (caracterización de elementos trazas en elementos materiales de prueba de procesos judiciales).

El laboratorio de Conteo de Neutrones Retardados (LNR) es una instalación donde se llevan a cabo determinaciones cuantitativas de tipo no destructivo de composición de uranio (U) y torio (Th), por medio de la irradiación de muestras mediante el flujo neutrónico del Reactor Nuclear IAN-R1 y posterior análisis mediante conteo de neutrones; en la actualidad cuenta con la infraestructura, equipamiento y personal mínimo para el desarrollo de sus actividades analíticas y se encuentra en proceso de obtención de la correspondiente Licencia de manejo de material radiactivo ante la Autoridad Reguladora del Ministerio de Minas y Energía.

El Laboratorio de Radiometría Ambiental (LRA) es único a nivel nacional, con más de diez años de experiencia; actualmente presta sus servicios tanto a clientes externos como internos, efectuando análisis para determinar la presencia o ausencia de materiales radiactivos provenientes de fuentes radiactivas artificiales o fuentes naturales, en diferentes matrices como alimentos, materiales geológicos, aguas, resinas y pruebas de fugas. El LRA cuenta con los Equipos tecnológicos, el personal calificado y competente, el control interno de calidad y las metodologías validadas para prestar el mejor servicio a sus clientes.

El laboratorio de Investigación en Producción de Radioisótopos (LIPR) es una instalación dedicada a la investigación, planeación, síntesis, control de calidad radioquímica y producción de radioisótopos de interés específico en las áreas de geología, minería, hidrología, medioambiente, medicina nuclear y aplicaciones industriales mediante la activación de blancos de alta pureza con el flujo neutrónico del Reactor Nuclear IAN-R1 y posterior síntesis radioquímica de compuestos trazadores; en la actualidad cuenta con la infraestructura, equipamiento y personal mínimo para el desarrollo de sus actividades y se encuentra en proceso de obtención de la correspondiente Licencia de manejo de material radiactivo ante la Autoridad Reguladora del Ministerio de Minas y Energía.

Dónde debemos estar

El Laboratorio de Análisis Activación Neutrónica, para 2023, se constituirá en el laboratorio líder en Activación Neutrónica Instrumental (INAA, por su sigla en inglés) a nivel regional, siendo un centro de excelencia y de referencia para la generación de conocimiento, metodologías de trabajo y divulgación de las aplicaciones de las técnicas analíticas nucleares para la caracterización de materiales geológicos, ambientales, industriales, forenses e industriales.

El Laboratorio de Radiometría Ambiental (LRA), en el año 2023 será un laboratorio Acreditado que cumplirá con las expectativas de los clientes y las organizaciones que interactúen con él, con altos estándares de calidad que prestará más y mejores servicios a sus usuarios nuevos y permanentes, para determinar la presencia o ausencia de materiales radiactivos provenientes de fuentes radiactivas artificiales o fuentes naturales, en diferentes matrices. También se convertirá en un laboratorio de referencia a nivel nacional en temas de investigación, apoyando proyectos institucionales e interinstitucionales para contribuir en estudios radio-métricos ambientales que benefician a nuestro país.

En 10 años el Laboratorio de Neutrones Retardados espera posicionarse como un laboratorio de referencia a nivel nacional para el análisis químico de minerales radiactivos, contribuyendo activamente al conocimiento de los recursos geológico-energéticos del país, de tal forma que el Servicio Geológico Colombiano se sustente en este apoyo analítico para proyectar estudios de exploración geoquímica de depósitos de uranio y torio.

De igual forma se dispondrá de un portafolio de servicios que permitirá la evaluación analítica de diferentes matrices como lo son muestras ambientales, judiciales, industriales y de otra naturaleza, requeridos por entidades oficiales y de carácter privado, así como apoyo a clientes internos como el Grupo del Reactor Nuclear IAN-R1, ofreciendo el control químico de los elementos fisionables en sus combustibles nucleares, para control de calidad y evaluación de materiales.

En diez años se proyecta que el laboratorio de Investigación en Producción de Radioisótopos amplíe su infraestructura, planta de personal y disponga de una moderna planta de producción de radioisótopos, diseñada y construida con las facilidades necesarias para sintetizar radioisótopos primarios, radiofármacos, compuestos marcados y otras sustancias radiactivas a escala industrial y, asimismo, efectuar trabajos de investigación y desarrollo en este campo de las ciencias nucleares.

También se proyecta que disponga del personal técnico necesario para llevar a cabo actividades de investigación en síntesis radioquímica y aplicación en campo de los radiotrazadores sintetizados para resolver problemas específicos, de tal manera que el LIPR preste también asesorías a clientes potenciales y lidere investigaciones acerca de los beneficios de esta tecnología.

INVESTIGACIÓN DE APLICACIONES NUCLEARES EN GEOCRONOLOGÍA Y GEOLOGÍA ISOTÓPICA

Dónde estamos

En la actualidad se cuenta con el laboratorio de datación por huellas de fisión, el cual tiene una amplia variedad de aplicaciones para la resolución de problemas geológicos. Los campos más utilizados son datación de rocas, tefrocronología (análisis de depósitos volcánicos), evolución térmica de cuencas sedimentarias, estudios de proveniencia de sedimentos, impactos meteóricos, arqueología y evolución de cadenas montañosas. Se han realizado ejercicios de intercomparación de resultados con el Laboratorio de la Universidad Joseph Fourier (Grenoble, Francia) y la Universidad EAFIT, para garantizar la confiabilidad de los resultados de los análisis. Se están adelantando proyectos de investigación sobre la evolución térmica en el Macizo de Santander, Sierra Nevada de Santa Marta y cordillera Oriental, y dataciones de los volcanes Nevado del Ruiz, Nevado del Huila y Cumbal.

En cuanto a Isótopos estables en muestras sólidas, se está en proceso de implementación y puesta a punto que cuenta con un equipo de análisis robusto, de última tecnología y con una configuración única en el país consistente en un espectrómetro de masas de relaciones isotópicas; esta técnica permite el análisis de la proporción de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, H/D y $^{36}\text{S}/^{34}\text{S}$ en muestras de roca para la determinación de mineralogénesis, petrología, paleoclimatología y caracterización de origen en rocas y sedimentos.

El Laboratorio de Análisis de Isótopos Estables en Agua (LAIE) actualmente presta sus servicios de análisis a clientes internos del Servicio Geológico Colombiano, realizando determinaciones de los isótopos Deuterio y Oxígeno-18 en muestras de agua por espectroscopia Off Axis ICOS de alta resolución de absorción con láser. El LAIE cuenta con los Equipos tecnológicos, el personal calificado y competente, el control interno de calidad y las metodologías validadas para prestar el mejor servicio a sus clientes.

En la actualidad se está implementando el laboratorio de carbono-14, para brindar un laboratorio único en el país que cuente con las óptimas condiciones para el análisis de datación cronológica de material geológico, tanto para usuarios internos del SGC como externos. Adicionalmente, las características únicas de la tecnología utilizada hacen que la técnica de centelleo líquido pueda ser ampliada al análisis radiométrico de otros emisores alfa y beta de bajo nivel como son tritio, estroncio-90, plomo-210, radio-226, entre otros, que permite hacer estudios hidrogeológicos, análisis de niveles de radioactividad de aguas de consumo, entre otras aplicaciones.

Dónde debemos estar

En cuanto a la investigación en termocronología se pretende mejorar la capacidad analítica del laboratorio de huellas de fisión:

- Implementando la doble datación utilizando un sistema LA-ICP-MS, esto es importante porque permite analizar rápidamente un gran número de muestras para proyectos de la industria y para la investigación fundamental.
- Disponer de técnicas analíticas que incluyen análisis de datación por Ar-Ar y (U-Th)/He, estas técnicas son complementarias a la capacidad existente y tienen una gran demanda a nivel mundial.
- Contar con una fuente de irradiación de ^{252}Cf para medir la longitud de las huellas de fisión, ya que estas se requieren para poder hacer modelamiento de historias termales.

El número de proyectos y la demanda de análisis de huellas de fisión se espera crecerá en los próximos diez años. El laboratorio tratará muestras en el marco de proyectos internos del SGC, académicos y de la industria. Considerando que la demanda de análisis termocronológicos está creciendo a nivel mundial, a través de la combinación de la calidad de datación mineral, el modelamiento e interpretación de datos y la investigación fundamental en técnicas de datación, este laboratorio puede llegar a ser un líder en laboratorios de termocronología, no solo en Colombia sino en Latinoamérica y el mundo.

El Laboratorio de carbono-14 pretende convertirse en el referente a nivel nacional para el análisis de datación por radiocarbono y de emisores α/β , que supla las necesidades de la comunidad científica y/o industrial, proveyendo análisis bajo los más altos estándares de calidad y certificación, que cuente con reconocimiento y colaboración con expertos internacionales en el tema, que permitan el intercambio de conocimiento y la constante actualización y evolución del laboratorio.

Los Laboratorios de análisis de Isotopos Estables, serán laboratorios acreditados y pioneros en el análisis de Deuterio y Oxígeno-18 en muestras de agua y de isotopos estables en muestras sólidas, en estudios geológicos, dataciones de mineralogénesis, petrología, paleoclimatología y caracterización de origen en rocas y sedimento. Empleando equipos y metodologías de última tecnología, con los estándares más altos de calidad y el personal idóneamente formado, atenderá las necesidades de sus clientes internos y externos. Seremos un laboratorio de referencia a nivel nacional en temas de investigación, apoyando proyectos institucionales e interinstitucionales para contribuir en estudios que le aporten a nuestro conocimiento geológico.

METROLOGÍA DE RADIACIONES IONIZANTES

Dónde estamos

Actualmente el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD), es un centro de referencia creado para proveer trazabilidad en las magnitudes y unidades empleadas en campos de radiaciones ionizantes para los equipos utilizados en centros de radioterapia, protección radiológica y radiología diagnóstica. El

LSCD pertenece a la red de laboratorios del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Las calibraciones que se realizan en el LSCD verifican su calidad a través de las capacidades de medidas de las calibraciones comparadas con la respuesta arrojada por el patrón secundario. El principal objetivo del LSCD es proveer trazabilidad en las calibraciones de equipos utilizados en centros de radioterapia, protección radiológica, radiología diagnóstica y braquiterapia de alta tasa de dosis. El laboratorio es la única entidad en metrología de las radiaciones ionizantes del país y actúa como soporte técnico en la calibración de instrumentación detectora y emisora de radiación ionizante a nivel nacional. Actualmente el laboratorio presta 1200 servicios en promedio a las empresas nacionales.

Dónde debemos estar

La visión del laboratorio es estar acreditado en todas sus calidades de haces de radiación y procesos de medida en metrología de radiaciones ionizantes y ser un laboratorio de investigación, desarrollo, docencia y servicios con reconocimiento nacional e internacional en el desarrollo y mantenimiento de los patrones de referencia para las magnitudes y unidades empleadas en dosimetría.

IRRADIACIÓN GAMMA

Dónde estamos

En la actualidad la Planta de Irradiación Gamma del Servicio Geológico Colombiano es una instalación piloto que ofrece servicios de irradiación para desbacterizar y esterilizar diversos productos como alimentos deshidratados o en polvo, materiales desechables de uso médico y quirúrgico, cosméticos y envases, enfocados al sector médico, cosmético, farmacéutico, entre otros, así como aplicaciones a nivel investigativo para la preservación de alimentos, modificaciones genéticas benéficas y procesos de polimerización como apoyo a proyectos de investigación liderados por universidades públicas y privadas del país. Esta instalación recientemente ha sido recargada a su capacidad máxima de diseño (100.000 curios), lo cual nos permite continuar atendiendo los diferentes sectores industriales y de investigación que durante casi 40 años han sido usuarios de nuestro servicio.

Dónde debemos estar

En diez años esperamos tener una misión claramente definida que nos permita adelantar programas de trabajo para garantizar la continuidad en la prestación de servicios a todos los interesados en hacer uso de la tecnología de irradiación. Para lo anterior, la Planta de Irradiación Gamma se propone las siguientes metas:

- Contar con una amplia planta de personal capacitada para la operación y supervisión de este tipo de instalaciones radiactivas, y en los campos de aplicación de la tecnología de irradiación: aplicación en irradiación de alimentos, como

alternativa a los métodos cuarentenarios tradicionales y aplicaciones en sectores industriales como el médico, farmacéutico, cosméticos, etcétera.

- Establecer programas periódicos de recargas de material radiactivo con el propósito de mantener una capacidad operativa constante, para lo cual será necesario disponer de personal suficiente para la gestión comercial y logística que demandan las labores de importación y reexportación de material radiactivo.
- Disponer de una infraestructura que soporte la investigación en diferentes campos donde la tecnología de irradiación es fundamental para el logro de objetivos dentro de procesos de renovación tecnológica.

LÍNEAS TEMÁTICAS

- Licenciamiento y control de instalaciones radiactivas externas al Servicio Geológico Colombiano.
- Gestión integral de desechos radiactivos.
- Investigación y aprovechamiento del Reactor Nuclear IAN-R1.
- Investigación de técnicas nucleares en caracterización de muestras geológicas.
- Investigación de técnicas nucleares en geocronología y geología isotópica.
- Metrología de radiaciones ionizantes.
- Irradiación Gamma.

PROYECTOS

- Investigaciones de caracterización de materiales geológicos para suministrar información física y geoquímica utilizando técnicas nucleares.
- Investigación en termocronología para estudiar el comportamiento del borrado y cinética de las huellas de fisión y daño por radiación en los cristales de zircones para evolución térmica de cuencas y desarrollo de diferentes técnicas de datación adicionales en análisis de huellas de fisión complementando la capacidad analítica.
- Investigación en metrología de radiaciones ionizantes aplicada a los sectores industrial, biomédico e investigativo del país.
- Validación e investigación de nuevas técnicas en irradiación de materiales y medición dosimétrica, que permita el desarrollo de actividades de investigación en diferentes áreas de aplicación.
- Programa nacional para el control de los materiales radiactivos.
- Programa nacional de gestión segura de desechos radiactivos.
- Implementación de Sistema de Información de la Autoridad Reguladora Web.
- Desarrollo de guías de práctica para la gestión segura de materiales radiactivos.

ESTRATEGIAS

- Proponer políticas nacionales en el tema nuclear y modificaciones a la normativa.
- Controlar integralmente la totalidad de instalaciones radiactivas en el país.

- Adelantar el programa nacional de gestión segura de desechos radiactivos.
- Liderar proyectos de investigación utilizando técnicas nucleares para contribuir en la caracterización de materiales geológicos suministrando información física, geoquímica y geocronológica.
- Fortalecer los planes de divulgación tendientes a la promoción y ampliación de los servicios en el sector geológico, minero y demás sectores usuarios de las tecnologías nucleares.
- Promover la participación en proyectos de investigación interdisciplinarios con miras a enriquecer el conocimiento nuclear (científico y tecnológico) del país.
- Fortalecer programas de modernización de la infraestructura científica y tecnológica de los laboratorios e instalaciones nucleares.
- Suscribir y ejecutar convenios y acuerdos nacionales e internacionales para el desarrollo de proyectos de investigación que permitan la difusión de las aplicaciones pacíficas de la tecnología nuclear en el país.
- Fortalecer y desarrollar el recurso humano mediante la ampliación de la planta de personal técnico asignada al desarrollo de la temática nuclear y su capacitación especializada.
- Desarrollar programas para la automatización de los ensayos y procesos relacionados con las Tecnologías Nucleares.
- Desarrollar y establecer dentro del Sistema de Gestión de la Calidad la norma NTC 17025, para la acreditación de los ensayos y servicios relacionados con las Tecnologías Nucleares.
- Contar con metodologías validadas en cada una de las líneas de investigación de los laboratorios para asegurar la confiabilidad de los resultados analíticos.
- Formar jóvenes investigadores en la realización de proyectos de investigación de pregrado y posgrado.
- Formar recurso humano a nivel de pregrado, jóvenes investigadores, maestría y doctorados.
- Establecer e impulsar líneas de investigación y grupos de investigación en temática nuclear con reconocimiento de Colciencias.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

En las líneas temáticas, la Dirección de Asuntos Nucleares desarrollará, de acuerdo con la estrategia institucional, acciones específicas tendientes a cumplir el Plan de Acción de apropiación social del conocimiento geocientífico en relación con los programas estratégicos de apropiación de la organización, de desarrollo de capacidades y de comunicación con los grupos de interés.

6

DIRECCIÓN
DE GESTIÓN DE INFORMACIÓN

6

DIRECCIÓN DE
GESTIÓN DE INFORMACIÓN

DIAGNÓSTICO**DÓNDE ESTAMOS**

En la década de los noventa, la entidad consciente de que una de las mejores formas de cumplir efectivamente con su misión era proveer a sus clientes y usuarios de un acceso adecuado a la información geocientífica disponible, identificó la necesidad de estructurar e implementar un Sistema de Gestión de Información que permitiera el adecuado manejo de los datos y la información científica; para ello emprendió diversas acciones conducentes al mejoramiento del modelo de trabajo que se tenía.

En 1997, el proyecto Diseño e implementación del Sistema de Información Georreferenciada, enmarcado dentro de la Unidad de Negocio “Estructuración y desarrollo del servicio de información geocientífica” y con la asesoría del grupo Roche de Quebec (Canadá) definió el proceso de negocio de extremo a extremo donde se concretaban las acciones gerenciales y operativas, dentro de un flujo secuencial que permitía fortalecer el trabajo por procesos y establecía todas aquellas acciones tendientes a dinamizar la cadena de valor en la planeación, generación y entrega de productos claves que el país requería.

Posteriormente, desde 2001 la entidad determinó que las actividades y los recursos requeridos para el diseño, construcción e implantación del sistema de gestión de la información fueran cubiertos con cinco proyectos, correspondientes a cinco subsistemas a saber: Inventario y captura de información geocientífica (Sicap), Información georreferenciada (Siger), Almacenamiento, publicación y diseminación de productos (Sadig), Infraestructura de tecnologías de información y comunicaciones (Sintic) y Atención al cliente, comercialización y divulgación (Siac).

La estructuración de uno de los subsistemas, el Siger, considerado como el núcleo fundamental del proceso de gestión de información, ha seguido la metodología de construcción de sistemas de información para facilitar la gestión de los datos georreferenciados de la entidad.

En el 2008 se estableció y conformó el Comité de Oficialización de los Productos, cuyo objetivo es el de servir de órgano consultivo y decisorio para avalar la oficialización de los productos geocientíficos generados en el Servicio Geológico Colombiano, y orientar su publicación en el sitio web institucional.

En el 2010, se aprueba el proceso de la Gestión de Información Geocientífica y se establece el objetivo de proveer los datos e información geocientífica, validada, estandarizada y automatizada, haciendo posible su integración, procesamiento, administración y uso. El proceso contiene los procedimientos de “Almacenamiento de los datos geocientíficos en el Sistema de Información Georreferenciada (Siger)”, con actividades concernientes a cargar eficientemente los datos geocientíficos que puedan ser referenciados geográficamente, en la base de datos corporativa Siger; Inventario, catalogación y administración de la información geocientífica, mediante el cual se realiza el inventario, catalogación, administración y divulgación de la información geocientífica por medio de la web, y de Oficialización de productos geocientíficos, mediante el cual se establecen las actividades para avalar la información geocientífica para su uso, con niveles de accesibilidad y seguridad adecuados y almacenada bajo un formato estándar.

El Decreto 4131 de 2011, por el cual se cambia la naturaleza jurídica del Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas), el artículo 4 incluye entre las funciones del Servicio Geológico Colombiano: “2. Adelantar la investigación científica básica y aplicada del potencial de recursos del subsuelo y administrar los datos e información del subsuelo del territorio nacional, 3. Generar e integrar conocimientos y levantar, compilar, validar, almacenar y suministrar, en forma automatizada y estandarizada, información sobre geología, recursos del subsuelo y amenazas geológicas, de conformidad con las políticas del Gobierno Nacional, (...) 6. Administrar la Litoteca, Cintoteca, Mapoteca, Museo Geológico y demás fondos documentales del Servicio Geológico Colombiano, (...) 9. Identificar, evaluar y establecer zonas de protección, que en razón de la presencia de patrimonio geológico o paleontológico del país, puedan considerarse áreas protegidas”.

El Decreto 4137 del 3 de noviembre de 2011, “por la cual se cambia la naturaleza jurídica de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH)”, establece en el artículo 11: “Reasígnese al Servicio Geológico Colombiano la función de administración del Banco de Información Petrolera (BIP) y con él, el de la Litoteca y la Cintoteca, los cuales le serán transferidos por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), a título gratuito, en un período de cinco (5) años”.

Actualmente la entidad cuenta con el sistema de información Georreferenciada (Siger), el cual gestiona información misional generada por las áreas técnicas de las siguientes líneas de investigación: Geología a escalas 1:500K, 1:1M, 1:100K; Geofísica, Geoquímica, Zona de Potencial Integral y Sismicidad Histórica. Esta información se encuentra integrada.

Así mismo, a través del Geoportal institucional se publica información de algunos de los productos, utilizando servicios de mapas en web (WMS, por su sigla en inglés) para que los usuarios externos puedan consultar esta información vía internet.

El Servicio Geológico Colombiano busca que la gestión de la información se realice de una manera estandarizada en todos los niveles. Existen algunas situacio-

nes como: ausencia de políticas que garanticen la gestión de información; falta de claridad e interrelación entre los procesos; los datos y la información se encuentran dispersos y no se tiene una estrategia completa que garantice el manejo centralizado, integrado y documentado de éstos; no hay una definición clara de roles y responsabilidades orientados al sistema de gestión de información y los mecanismos de seguimiento deben mejorarse.

Se muestra un panorama del diagnóstico que da lugar a conceptualización de acciones, metas y proyectos a formular para mejorar la situación deseada y proyectar así al SGC a cumplir con eficiencia su razón de ser como generador y custodio de información geocientífica

A DÓNDE Y CÓMO QUEREMOS LLEGAR

Ser el estamento que gestiona la información geocientífica y contribuye a la generación de información, manteniendo control sobre su almacenamiento, custodia, procesamiento y divulgación, facilitando usar, compartir, integrar y desarrollar los conocimientos e informaciones disponibles generados en el Servicio Geológico Colombiano, mediante la adaptación de las últimas innovaciones tecnológicas en el tratamiento de la información.

META GENERAL

Liderar todos los procesos de Gestión de la información de la entidad, mediante la adopción y adaptación de normas, estándares y especificaciones para garantizar el acceso, almacenamiento, uso, intercambio y seguridad de la información, por la incorporación de tecnologías de información y comunicaciones que permita cumplir con la misión institucional y ampliar la oferta de negocio al ofrecer nuevos productos y servicios basados en TIC. Esta meta incluye el intercambio de información con otras entidades, públicas y privadas, nacionales o internacionales interesadas en la información gestionada por el SGC, dentro de las restricciones y limitaciones impuestas por la política de difusión de datos.

LÍNEAS TEMÁTICAS

- Arquitectura empresarial implementada.
- Un modelo de operación ágil y eficiente con procesos integrados y estandarizados.
- Incremento de los niveles de eficiencia y efectividad en los procesos de captura, organización, producción, integración, custodia, distribución, acceso y uso, aplicando mecanismos de seguridad y protección de la información, que permita proveer y gestionar el conocimiento generado y adquirido como autoridad geocientífica del territorio nacional para garantizar su disponibilidad a todos los grupos de interés con criterios de calidad, confiabilidad y oportunidad.
- Sistema de gestión que garantice la realización y trazabilidad y control integral de los procesos.

- Información almacenada y mantenida en un repositorio totalmente integrado, como activo fundamental para el SGC.
- Sistemas de información integrados.
- Marco de gestión basado en mejores prácticas, con los métodos, técnicas, métricas y herramientas respectivas que permitan la eficiencia, eficacia y economía de los servicios.
- Implementación de soluciones en instalaciones físicas y herramientas de tecnología eficientes en el manejo de información de fondos documentales (litotecas, cintotecas, mapotecas, documentos originales, bibliotecas, museo).

PROYECTOS

- Consolidación de la arquitectura empresarial del Servicio Geológico Colombiano.
- Ejecución de proyectos de revisión y actualización de procesos misionales e integración de estos con las innovaciones tecnológicas.
- Fortalecimiento y actualización del Sistema de Gestión de Información Geocientífica para facilitar el intercambio e interoperabilidad de los datos e información institucional con otros sistemas de información a nivel nacional.
- Implementación de métodos automatizados de administración y gestión de la información para la litoteca, cintoteca, mapoteca, documentos originales, bibliotecas, museo y demás fondos documentales del Servicio Geológico Colombiano.
- Apropiación del conocimiento: Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez.

MUSEO GEOLÓGICO NACIONAL, MODERNIZACIÓN Y REORGANIZACIÓN

Generalidades

Desde la creación de la Comisión Científica Nacional en el año 1916, con las muestras de rocas, fósiles y minerales que recolectaban los geólogos en campo se inician las colecciones del museo geológico. Un gran impulso de organización como “museo” a todo el material recolectado se dio en 1939 con la creación del Servicio Geológico Nacional, fortaleciéndose con profesionales colombianos que habían estudiado en el extranjero, como Benjamín Alvarado, Fernando Paba Silva, Roberto Sarmiento, Gerardo Botero, Alejandro del Río y la llegada al país de eminentes científicos como José Royo y Gómez.

El museo tuvo su primera sede en la carrera 8A con calle 15, luego en el año 1942 se trasladó a la Plaza de Los Mártires, después a la Ciudad Universitaria (Laboratorio Químico), y finalmente a la sede actual en la diagonal 53 n.o 34-53 con la creación del Ingeominas, en 1968. En honor a José Royo y Gómez, y para conmemorar el centenario de su nacimiento, en 1995, Ingeominas (hoy Servicio Geológico Colombiano) decidió que el museo llevara el nombre de Museo Geológico Nacional José Royo y Gómez..

Desde sus inicios, las colecciones del Museo Geológico Nacional han sido mineralógicas, petrográficas y paleontológicas, siendo su labor principal la de

custodiar, salvaguardar, promover y divulgar el patrimonio geológico y paleontológico del país. Estas actividades incluyen la atención de hallazgos y el rescate de restos paleontológicos, prestar apoyo a investigadores con la consulta de sus colecciones, catalogar y clasificar las piezas del museo para consultas científicas. Otra labor importante es la de comunicar los contenidos geológicos y paleontológicos al público visitante o atendido en los diferentes escenarios en los que el Museo desarrolla actividades de extensión, así como exhibir piezas representativas de su colección, ya sea en su exhibición temporal o de forma itinerante o temporal.

En la actualidad cuenta con 18.000 muestras de rocas y minerales, aproximadamente, de las cuales 2600 se encuentran en exhibición permanente; en cuanto a piezas paleontológicas se podría hablar de una colección de 20.000 restos fósiles, entre vertebrados, microvertebrados, invertebrados y microfósiles.

Además de las actividades antes mencionadas, el museo promueve y exhibe información relacionada con las rocas, los minerales y los fósiles como una estrategia comunicativa hacia distintos tipos de público. Lo atestiguan los cerca de 11.500 visitantes promedio al año (niños, jóvenes, adultos y adulto mayor, en grupos escolares, universitarios, familiares o como visitantes autónomos). El Museo cumple a su vez una gran labor didáctica, ya que no solo adelanta actividades de guianza en sus instalaciones; realiza labores de apoyo y asesoría a ciudadanos, a entes regionales y territoriales, a museos regionales y a otras entidades involucradas con el manejo, promoción y protección del patrimonio geológico y paleontológico nacional. Hoy día está configurado para proponer acciones de protección de piezas en colecciones públicas y privadas, pero lamentablemente el personal es escaso y se requieren habilidades puntuales, profesionales en temas relacionados con geología y biología o áreas afines a las temáticas de abordaje (pedagogía, manejo de público, trabajo con comunidad, áreas especializadas).

El SGC consciente de la situación actual del museo y de la importancia que tiene para el país al igual que su desarrollo en temas de geología, estratigrafía, petrografía, paleontología e hidrocarburos, entre otros, decide impulsar su modernización y reorganización e incluirlo en el Plan Estratégico Decenal del Conocimiento Geocientífico.

Fortalezas

El Museo Geológico Nacional es el más grande e importante del país en lo referente a colecciones geocientíficas (rocas, minerales y fósiles). El patrimonio geológico y paleontológico y de los procesos históricos en los que ha participado desde su creación a la fecha, merecen el apoyo y la financiación para volver a posicionarse como uno de los más ricos en Latinoamérica.

El museo actualmente adelanta el registro, clasificación y catalogación de sus colecciones, cuenta con una valoración museográfica finalizada en el año 2013 (consolidada a finales de enero del 2014) y presta servicios divulgativos y educativos a

diferentes niveles académicos en sus instalaciones permanentes. Dispone de oficinas, sala de exhibición permanente (colecciones de rocas, minerales y fósiles, nacionales e internacionales como la Colección Ward), dioramas (maquetas de ambientes paleoecológicos) y un pequeño auditorio; se ha referenciado en la valoración museográfica 22 puntos de interés museográfico, en un plano actualizado del museo.

El museo ha desarrollado e implementado una base de datos de los museos relacionados con las geociencias en el país, y ha trabajado con la comunidad en sitios de interés paleontológico, actividades que se deben mantener y fortalecer. En el pasado, además del rescate de restos fósiles de vertebrados e invertebrados en yacimientos paleontológicos, avanzaba en proyectos con localidades en puntos de interés paleontológico, que incluyen organizar de talleres orientados a dar a conocer la historia geológica de los lugares visitados, divulgar información geocientífica a todo el público de manera clara, socializar con la comunidad las funciones y actividades del Servicio Geológico Colombiano, proteger el patrimonio geológico de la nación y, en ocasiones, promover el uso de las formas fósiles para el desarrollo de artesanías orientadas a dar a conocer y proteger el patrimonio paleontológico como una alternativa de desarrollo local. Es necesario dar continuidad y consolidar las alianzas establecidas.

Debilidades

Personal

Se requiere personal calificado en las áreas de geología básica, biología básica, museografía, pedagogía o atención a usuarios para el desarrollo de documentos de apoyo a la exhibición y al público visitante. El diseño de material infográfico o de apoyo expositivo del museo se edita permanentemente por su contenido técnico, ya que algunas de las piezas en exhibición deben ser sustentadas científicamente y soportadas con textos de alta calidad en redacción y apoyo gráfico.

Oficinas

Para el personal escaso, las oficinas son apenas suficientes. Si se proyectan áreas de investigación, de museografía y artes, de divulgación y comunicación como se estila en otros museos, las áreas quedan cortas.

Laboratorio

El laboratorio es pequeño y necesita refacciones urgentes; sin embargo, con la construcción de laboratorios en Tenjo (Cundinamarca) no se requeriría de ampliaciones en la sede central, pero es necesario generar un plan organizacional (estructural y planeación de actividades) del laboratorio que propenda por un uso adecuado de sus instalaciones.

Herramientas, equipos y programas

Se requieren equipos y herramientas para ilustración científica, mesa de dibujo

con luz, pantalla digitalizadora Intuos 4, Photoshop, Adobe, motortool, compresor para aerógrafo, aerógrafo, tinas de inmersión en ácidos, etcétera). Los equipos para la preparación de fósiles están ligados a los laboratorios en Tenjo, de tal forma que una decisión al respecto será tomada en conjunto.

Área de investigación

Se requiere del diseño y equipamiento acorde con las nuevas necesidades.

Espacios para diseño y museografía

No se cuenta con espacio para museografía y artes (diseño), ni se tiene un área de divulgación (pedagogía) y comunicaciones (estrategias) o de mercadeo.

Museografía

Se necesita un replanteamiento total (personal, áreas y equipos técnicos de trabajo, salas de exposición, divisiones, elementos de apoyo, etcétera) para llegar a tener un museo moderno y llamativo al público.

Salas de exhibición

Se requiere duplicar el espacio actual, para ampliar áreas de exhibición y almacenamiento. Al repatriarse material paleontológico, en su mayoría mamíferos, se necesitan espacios amplios.

Colecciones

Se cuenta con colecciones de exhibición y colecciones científicas. Tales colecciones (fósiles, minerales y rocas de condiciones especiales) requieren un espacio y manejo específico ya que no representan interés al público en general, pero sí a los investigadores o a nivel histórico. No están almacenadas adecuadamente y al reducir el espacio expositivo, la movilidad de los usuarios no es la adecuada.

Servicios educativos y culturales

El museo actualmente desarrolla actividades y servicios educativos para diferentes públicos, como son la aproximación a las colecciones, apoyo a las instituciones de educación formal y no formal; sin embargo, no cuenta con un programa de investigación serio en temas de pedagogía y cultura, ni con equipos, personal capacitado o infraestructura adecuada. Debe fortalecerse este servicio y diversificar los productos para los usuarios.

Programas académicos

Así como servicios de consulta, cursos, seminarios y conferencias se tienen programas pedagógicos como la realización de guías introductorias, visitas comentadas a las exposiciones permanentes y temporales, talleres para los públicos infantil

y juvenil, materiales didácticos en proceso de diseño, citas de orientación para maestros y material pedagógico para maestros. Se tiene el espacio pero no se cuenta con personal capacitado o con actividades destinadas a ello.

Relaciones interinstitucionales

El museo mantiene relaciones interinstitucionales con otros museos de Colombia y del exterior, universidades y centros educativos, relaciones que deben fortalecerse.

Atención de hallazgos

Actualmente el personal del museo los atiende y colabora en su extracción, capacidad que debe fortalecerse con personal capacitado, mejor tecnología, equipos, etcétera. El cambio en su estructura organizacional ha incidido fuertemente en la recuperación y rescate de restos fósiles y ha elevado la vulnerabilidad de estos sitios por desconocimiento de la comunidad que los destruye, por organizaciones no oficiales que acuden a los sitios a extraer las piezas generando expectativas falsas de desarrollo, o por tráfico ilegal, venta o destrucción parcial o total de los fósiles. Una comunidad consciente de sus recursos defiende su patrimonio y se convierte en un brazo fuerte del instituto. El museo desde décadas atrás ha sido reconocido en los sitios de interés paleontológico por atender los hallazgos. Hoy estas localidades se encuentran huérfanas y sus yacimientos en peligro. Es urgente definir acciones por parte del instituto antes de que se engrosen las colecciones particulares que no tienen referenciadas sus muestras ante la nación como parte del patrimonio paleontológico colombiano.

Exposiciones itinerantes

No se cuenta con exposiciones temporales; sin embargo para activar este servicio se debe contar con personal idóneo y espacios físicos adecuados, todo acompañado de planes anuales.

Museos geológicos paleontológicos regionales

En el país existen museos geológicos y paleontológicos regionales que en algunas oportunidades han recibido asesorías científicas y museográficas del Museo Geológico Nacional, labor que debe fortalecerse con personal capacitado y suficiente.

Cooperación nacional e internacional

El museo pertenece a la red de museos de Colombia y mantiene relaciones externas, pero como en otros campos, esta cooperación ha disminuido por la poca producción científica y escasez de profesionales.

Sistema de información

El museo tiene una base de datos especializada, la cual requiere de su forta-

lecimiento, así como el desarrollo de tecnologías de información y tecnología aplicada a los museos. Se diseñó la estructura de la página web, esto requiere desarrollo y mantenimiento cotidiano. Se requiere del diseño, desarrollo e implementación del sistema de usuarios, servicios y recursos, y equipos de seguridad conectados en red.

PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN Y REORGANIZACIÓN

El museo requiere de un proceso de reingeniería en unos aspectos y de fortalecimientos en la parte física, personal, colecciones, investigaciones, conservaciones, comunicaciones, exhibiciones y publicaciones entre otros.

A continuación se mencionan los principales aspectos a tener en cuenta; sin embargo se sugiere contratar inicialmente a un experto en museografía y a un paleontólogo de experiencia para tener un dimensionamiento adecuado de los espacios para museografía, áreas de investigación, curatoría, restauración, exhibición, comunicaciones, etcétera.

Estos profesionales deben incluir en la propuesta los laboratorios; como sabemos el SGC, contará en Tenjo con laboratorios especializados para paleontología y petrografía, de tal forma que el museo en la sede central se concentrará en exhibición, colección, comunicación y en exhibición. Paralelamente se desarrollará una línea de investigación en el laboratorio y museo de la sede central, en concordancia con los procesos de atención de hallazgos y material de estudio de las colecciones con que ya cuenta el museo.

Frentes de trabajo

Este conjunto de quehaceres, enmarcados en la divulgación, la promoción y la protección del patrimonio geológico y paleontológico, se deberán desarrollar en al menos cuatro frentes de trabajo permanentes e interrelacionados bajo la Dirección de Gestión de Información:

Desarrollo museográfico

Hace referencia a todo el conjunto de labores que debe adelantar el Museo Geológico para:

- El adelanto de los contenidos técnicos de su exhibición.
- La intervención y mejora de los elementos que la constituyen (rocas, minerales y fósiles).
- La construcción y actualización de sus guiones museográficos.
- El desarrollo de estrategias museográficas, y
- El planteamiento, diseño, elaboración e implementación de infografía y otros elementos museográficos, entre otros.

Divulgación y promoción

Hace referencia a todo el conjunto de labores que debe realizar el museo como parte de la gestión de información del Servicio Geológico Colombiano, traducidas en actividades que divulguen y promuevan el conocimiento geocientífico que construye y genera toda la entidad. Las labores permanentes incluyen: a) actividades de educación a través de visitas guiadas generales, específicas y especializadas; b) actividades de educación a través de talleres, clubes y grupos de trabajo con niños, jóvenes y adultos; c) divulgación y publicación de las actividades que desarrolla la entidad en temáticas de difusión del conocimiento del patrimonio geológico y paleontológico; d) labores de trabajo con comunidades educativas y rurales en torno al conocimiento y manejo de las riquezas naturales del subsuelo; y e) atención a usuarios del museo y asesoría básica en temas geológicos a los ciudadanos que así lo requieran, entre otros.

Protección del patrimonio geológico y paleontológico

Hace referencia a todo el conjunto de actividades que la entidad debe desarrollar para promover la apropiación, la protección y el uso debido de las riquezas naturales del subsuelo del país que constituyen patrimonio geológico y paleontológico. Las actividades permanentes incluyen: a) construcción, desarrollo e implementación de normas y directrices encaminadas a la protección del patrimonio geológico y paleontológico; b) gestión con las áreas administrativas y jurídicas para el establecimiento, manejo y protección de zonas de protección en virtud de la presencia de patrimonio geológico y paleontológico; c) apoyo técnico y asesoría a entes territoriales, museos y comunidades que trabajen en torno a la protección del patrimonio geológico y paleontológico; y d) trabajo con comunidad en regiones que se caractericen por la presencia de patrimonio geológico o paleontológico, entre otras.

Para este conjunto de frentes de trabajo es necesario que el Servicio Geológico Colombiano y la Dirección Técnica establezcan y protocolicen procedimientos, instructivos, manuales y otros elementos del sistema de gestión para:

- Planteamiento, diseño, construcción e implementación de infografías, áreas museográficas, exhibiciones (permanentes, temporales e itinerantes), guiones museográficos, intervención de piezas y elementos de la exhibición, etcétera.
- Labores de guía, asesoría y atención a visitantes, servicios a usuarios y ciudadanos del museo, trabajo con comunidad, y apoyo a entes territoriales y museos regionales, divulgación y publicación de resultados en torno a los trabajos del museo, etcétera.
- Desarrollo de normatividad para los diversos aspectos de la protección del patrimonio geológico y paleontológico; licencias y permisos de excavación, extracción y salida de material paleontológico; establecimiento y declaratoria de zonas de protección en virtud de la presencia de patrimonio geológico y paleon-

tológico; rescate y excavación técnica de material paleontológico por parte del SGC, registro de colecciones públicas y privadas; regulación y ejecución del apoyo técnico y asesoría a entes territoriales, museos regionales y comunidades en torno al patrimonio geológico y paleontológico, etcétera.

Personal

Como es completamente previsible, para el adecuado desarrollo y la cabal ejecución de todas estas labores que atendería el museo, es necesario contar con equipos integrales de profesionales y técnicos especialistas que atiendan todas las responsabilidades de los diferentes (pero intrínsecamente interrelacionados) frentes de trabajo enmarcados en la divulgación, la promoción y la protección del patrimonio geológico y paleontológico.

Ahora bien, en concordancia con la situación actual de la entidad (en particular con las consecuencias del establecimiento de su planta de personal en virtud del Decreto Ley 2704 de 2013, y la asignación de la misma a las diferentes dependencias), se reconoce su imposibilidad de conformar con sus funcionarios dichos equipos integrales de profesionales y técnicos especialistas; pero se reconoce que sí existe la oportunidad y la necesidad para que el Servicio Geológico Colombiano asigne al menos tres de sus funcionarios profesionales (geólogos o ingenieros geólogos, al menos uno con perfil de paleontólogo) para que lideren estos grupos de trabajo interdisciplinarios, constituidos por profesionales y técnicos vinculados de manera permanente mediante contratos de prestación de servicios profesionales y personales. Hoy en día el museo cuenta con un solo funcionario, los demás son contratistas.

Espacios físicos

Por otra parte, estas actividades requieren espacios de trabajo que incluyan: áreas del museo para exhibición permanente y exhibiciones temporales, auditorio, salas de trabajo para talleres con usuarios y visitantes, oficinas dotadas con computadores y equipos apropiados y actualizados para las labores de museografía, laboratorios para la intervención y renovación de elementos museográficos y piezas en exhibición y talleres de museografía para la construcción de elementos museográficos como vitrinas, dioramas, maquetas, réplicas, reconstrucciones, entre otros espacios.

Infraestructura física

Inicialmente, en el museo se debe revisar si su estructura es antisísmica, paralelo a ello revisar las instalaciones eléctricas, sistema hidráulico, baños, redes de seguridad, con base en el plan; adecuar los espacios técnicos para las colecciones tanto principales como de reserva. Es urgente la dotación de elementos para garantizar la conservación preventiva de las piezas que así lo requieren, como también la adecuación de las salas permanentes y temporales, áreas administrativas y servicios complementarios para el público. Se requiere la renovación del diseño museográ-

fico del museo, con técnicas adecuadas para su montaje, iluminación, seguridad y conservación, etcétera.

Imagen del museo

El Museo Geológico se reseña en algunos medios de comunicación colombianos y extranjeros, actividad que requiere de su fortalecimiento, si queremos ser referentes en el tema.

Publicaciones

El museo debe generar sus propias publicaciones científicas y divulgativas para que tenga proyección nacional e internacional; las científicas por medio de artículos y publicaciones especiales dirigidas a un público especializado en revistas indexadas, y las divulgativas dirigidas a un público en general, por medio de cartillas, videos y folletos, entre otros.

Usuarios

El museo atiende cerca de 11.500 visitantes al año en su sede. Se proyecta tener un sitio activo en internet como parte del www.sgc.gov.co, una vez se realice su reorganización, lo cual aumentaría el número de visitantes virtuales.

Actividades y servicios

- Identificación y evaluación de zonas de protección especial por presencia de patrimonio paleontológico.
- Formulación y desarrollo de programas de investigación permanentes en paleontología, bioestratigrafía y mineralogía.
- Realización de estudios específicos en bioestratigrafía (como herramienta de la estratigrafía) en la identificación del potencial de recursos hidrocarbúricos.
- Estudio de las colecciones científicas paleontológicas de la entidad y la construcción del conocimiento geocientífico asociado.
- Servicios de atención a usuarios y visitantes al museo.
- Servicios de suministro de información, apoyo y acompañamiento a entes territoriales, museos regionales y comunidades.
- Exhibiciones permanentes, temporales, itinerantes del museo
- Borradores de normativa y directrices relacionadas con el manejo, difusión y protección del patrimonio; para ser sancionados por el Director General.
- Registros e informes de registro de colecciones geológicas y paleontológicas públicas y privadas.
- Construcción de permisos, licencias y autorizaciones que regulen la exploración, la prospección, la excavación, la extracción o la salida del país, de restos paleontológicos específicos, para el aval posterior del Director General.

- Informes con la compilación de la información necesaria que le permitan al Director General y su grupo directivo establecer zonas de protección especial por presencia de patrimonio geológico o paleontológico.

Presupuesto

Se debe contar con un presupuesto inicial para la contratación de un experto en museografía y a un paleontólogo de experiencia para rediseñar los espacios mínimos necesarios para tener un museo moderno de interés científico y cultural. Una vez se avalen los diseños propuestos, se deberá contar con otro presupuesto para la revisión de la parte estructural del museo, su infraestructura, renovación museográfica de la sala de exposición, oficinas, y la contratación de personal profesional y de apoyo necesarios para su adecuado funcionamiento. Por último, se deberá contar con el presupuesto para su puesta en marcha.

ESTRATEGIAS

- Definición y adopción de la política de gestión de información geocientífica.
- Formulación y ejecución de proyectos de innovación que permitan incorporar, apropiar y adaptar tecnologías de información, en un marco de arquitectura empresarial.
- Implantación de una “cultura de la información”. Esta se puede definir como los valores, actitudes y comportamientos que influyen en la forma en los profesionales de una organización perciben, recogen, organizan, procesan, comunican y utilizan la información.
- Socialización y manejo del cambio del proceso de gestión de información geocientífica en todos los niveles de la organización.
- Direccional a todos los niveles de la organización la normalización y estandarización de la información, ajustado a la formulación de la arquitectura empresarial.
- Construcción de proyectos específicos para consolidar el Sistema de Gestión de Información Geocientífica.
- Establecimiento de vínculos de interdependencia para la obtención de determinados productos o información, con entidades del sector, formando un sistema interactivo que permita mejorar la competitividad.
- Definición de una estrategia de seguridad sobre la información, que permita establecer y mantener acciones para cumplir con los tres requerimientos de mayor importancia para la información, estos son confidencialidad, integridad y disponibilidad.
- Generación de un plan de transferencia a las entidades del sector, sobre la gestión de información y de TIC.
- Participar en el desarrollo de sistemas de información que integren, analicen, capturen, almacenen, gestionen, manipulen y generen datos, información y conocimiento de las ciencias de la Tierra.

- Definición de grupos de trabajo, roles y perfiles que aborden directamente la gestión de la información.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

En las líneas temáticas, la Dirección de Gestión de Información desarrollará, de acuerdo con la estrategia institucional, acciones específicas tendientes a cumplir el Plan de Acción de apropiación social del conocimiento geocientífico en relación con los programas estratégicos de apropiación de la organización, de desarrollo de capacidades y de comunicación con los grupos de interés.

7

DIRECCIÓN
DE LABORATORIOS

7

DIRECCIÓN DE
LABORATORIOS

DIAGNÓSTICO**DÓNDE ESTAMOS**

Los actuales Laboratorios de Química del Servicio Geológico Colombiano tienen su génesis en el Laboratorio Químico Nacional, creado el 28 de mayo de 1928 mediante el Decreto 86, en el gobierno de Abadía Méndez, siendo Ministro de Industrias, José Antonio Montalvo, debido a la necesidad de contar con un laboratorio que asesorara a la Comisión Científica Nacional y a las dependencias técnicas del Ministerio. El Laboratorio, como una dependencia del Ministerio de Industrias, prestó servicios a los ministerios de Minas y Petróleos y de Agricultura, y luego fue ampliando sus servicios a medida que el desarrollo nacional lo exigía.

Durante los años de funcionamiento ha contribuido a la creación de industrias y de instituciones fundamentales para el desarrollo nacional; es así como participó en la creación del Instituto de Fomento Industrial (IFI). Participó en estudios base para el anteproyecto de la creación de la Planta de Soda y de industrias como Paz del Río y Cementos Boyacá. El primer director del Instituto de Asuntos Nucleares, fundado en 1957, fue el entonces Subdirector del Laboratorio, Tulio Marulanda. Durante la Segunda Guerra Mundial participó, junto con personal del Geological Survey y el Servicio Geológico Nacional, en la búsqueda de materias primas estratégicas. Los estudios iniciales de suelos y fertilidad, en el país, se iniciaron en el Laboratorio hasta la creación del Instituto Colombiano Agropecuario en 1957.

Por el Decreto 3161 de 1968, el Laboratorio Químico Nacional entró a formar parte del Instituto Nacional de Investigaciones Geológicas Mineras (Ingeominas), en donde se denominó Subdirección de Investigaciones Químicas, hasta que mediante el Decreto 587 de febrero de 1991 se cambió el nombre por el de Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química, y el Laboratorio tomó el nombre de Subdirección de Química, con cuatro laboratorios en donde se desarrollaron análisis e investigación en Química Ambiental, Carbones, Geoquímica y Minerales.

El Decreto 1129 del 29 de junio de 1999 reestructura al Ingeominas, asumiendo el nombre de Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear. La Subdirección de Química cambió su nombre por el de

Subdirección de Ensayos y Servicios Tecnológicos, anexándose los Laboratorios de Geología y Geomecánica.

Mediante el Decreto 252 de 2004, la entidad se denomina Instituto Colombiano de Geología y Minería, cambiándose la Subdirección de Ensayos y Servicios Tecnológica por una dependencia (Grupo de Trabajo) del recién creado Servicio Geológico del Ingeominas. En el año 2010 a través de la Resolución D-345 del 9 de agosto se conformaron los grupos de trabajo denominados Laboratorios de Geoquímica, Aguas y Gases y Geotecnia, y Laboratorios de Carbones, Minerales y Geología.

Los Laboratorios cuentan actualmente con personal altamente calificado y han realizado una reconversión tecnológica pasando de la química clásica a la química instrumental con equipos especializados y de alta gama, los cuales están a la altura de los que se utilizan en el mundo desarrollado para realizar la investigación y caracterización de materiales geológicos en las mejores condiciones de confiabilidad. Los siguientes son algunos de los equipos con que cuentan los laboratorios para investigar y caracterizar rocas, suelos, sedimentos, minerales, concentrados de batea, carbones, aguas y gases:

- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X secuencial por longitud de onda dispersiva.
- Espectrómetro de masas con plasma inductivamente acoplado (ICP-MS).
- Espectrómetro de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado (ICP-OES).
- Difractómetro de rayos X.
- Fundidor eléctrico automático para la elaboración de perlas fundidas para análisis por FRX.
- Cromatógrafo de gases para analizar gases asociados a carbón, tales como metano y alcanos de bajo peso molecular y gases volcánicos como N₂, Ar, He, H₂, O₂, CH₄, CO₂, SO_x y sulfuros.
- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Espectrómetro de fluorescencia de rayos X portátil con software especializado para minería, análisis de suelos, metales preciosos y aleaciones.
- Calorímetro Isoperibólico para muestras de carbón.
- Espectrómetro para medida de reflectancia de la vitrinita y maduración térmica.
- Analizador termogravimétrico para análisis próximo de carbones.
- Analizador de azufre y carbono.
- Equipo para medidas de índice reactividad de coque y resistencia después de reacción (índices CSR y CRI de coques).
- Planta piloto para el procesamiento de minerales auríferos.

A DÓNDE Y CÓMO QUEREMOS LLEGAR

El resumen de las metas generales de los laboratorios para la ventana de tiempo establecida se muestra en la siguiente tabla:

Responsabilidad del dato de laboratorio	Los ensayos de laboratorio requeridos en todos los proyectos institucionales son de responsabilidad integral de esta área misional, bien sea que su ejecución se realice mediante la utilización de facilidades analíticas propias o externas.
Gestión	Implantar un modelo de gestión que haga viables las interrelaciones entre los diferentes frentes de trabajo, mediante la flexibilidad funcional interna, que permita el mejor aprovechamiento del talento humano capacitado y la racionalización de los gastos de operación. Se requiere un modelo que sea acorde con las exigencias de la Norma Técnica Colombiana para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo (NEC ISO/ICE 17025).
Competitividad	Asegurar que los Laboratorios satisfagan los requerimientos del país, en las diferentes áreas del conocimiento geocientífico, en cuanto a calidad, pertinencia y oportunidad.
Optimización de recursos	Optimizar los recursos financieros, tecnológicos y humanos para cumplir oportunamente con los requerimientos institucionales y nacionales.
Focalización Temática	Priorizar frentes de investigación, fuertes en entrega de resultados. Redireccionar los esfuerzos de trabajo hacia aquellos servicios prioritarios para el país.
Interrelación	Se requiere que el personal profesional de los laboratorios esté directamente involucrado en los proyectos institucionales desde su planeación y formulación.
Formación de Escuela	Promover el diálogo técnico con los pares temáticos internacionales, nacionales y regionales. Implantar un esquema que posibilite la formación de escuela geocientífica para el relevo generacional y la transmisión de experiencia técnica entre funcionarios. Reconstruir la memoria técnica institucional más allá del enfoque histórico.
Sistema de Información	Modernizar los sistemas de gestión de la información (desde la recepción de muestras hasta la emisión del resultado; incluyendo todas las fases para obtener la trazabilidad de los datos de los ensayos de laboratorio).

Los principales obstáculos a vencer:

- Capacidad operativa, principalmente en lo que corresponde a la zona de preparación de muestras, dado que el área de trabajo ya es insuficiente. Cambio de paradigma acerca de la investigación científica en los temas de Ciencias de la Tierra.
- No existen grupos de investigación.
- No existe un plan de formación de investigadores.

LÍNEAS TEMÁTICAS

CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES GEOLÓGICOS

Recepción y preparación de muestras geológicas

Este foco temático se encarga de la recepción, preparación, entrega de muestras a los laboratorios y el almacenamiento de las muestras preparadas y testigos. Se configura en el primer momento de verdad dentro de la cadena de valor para la

realización de los ensayos y estudios en los laboratorios.

Debe contar con la infraestructura física adecuada y el recurso humano capacitado para realizar la administración del recurso más preciado y costoso: la muestra geológica.

Implica el apoyo a la conformación de la Litoteca Institucional como un Fondo Documental activo que sea el soporte a los proyectos y fuente de consulta geocientífica inagotable.

Esta línea debe tener como objetivo el mejoramiento de los procesos de preparación de muestras, dentro de modelos eficientes que garanticen su homogeneidad y representatividad, y minimicen, entre otros aspectos, la contaminación cruzada.

Ensayos en rocas, suelos, sedimentos, minerales, aguas y gases

El objetivo principal es proporcionar resultados analíticos de las muestras obtenidas en el marco de los proyectos de cartografía geológica, cartografía geoquímica (áreas estratégicas mineras), programa de exploración de aguas subterráneas y exploración de recursos geotérmicos, empleando e implementando técnicas analíticas aplicadas en el ámbito geocientífico mundial.

En el campo de la investigación básica, la información generada en el Laboratorio es fundamental en los estudios de la génesis y evolución de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias; en el estudio de la distribución y migración de los elementos y sus isótopos entre las diversas partes que componen la Tierra, así como la génesis y distribución de los depósitos minerales en la superficie terrestre.

Dentro de la exploración geoquímica de minerales los resultados de los laboratorios se utilizan para la definición de anomalías geoquímicas con el fin de focalizar depósitos minerales de potencial importancia económica.

Dentro del Programa de Exploración de Aguas Subterráneas la información hidroquímica, generada en los Laboratorios es básica para el establecimiento de modelos hidrogeológicos y para identificar y definir zonas con potencial acuífero.

En la exploración de recursos geotérmicos, la participación de los laboratorios es fundamental para la actualización del mapa geotérmico de Colombia, la formulación de los modelos conceptuales integrados de áreas geotérmicas particulares y la obtención del inventario nacional de manantiales termales.

Ensayos geológicos y geotécnicos

Los ensayos geológicos deben agruparse en una sola unidad operativa, acogiendo todas las herramientas dispersas en la Entidad, como preparación de secciones delgadas y pulidas, petrografía, y preparación de muestras y elaboración de placas para micropaleontología y palinología, permitiendo la racionalización de los recursos y la optimización de los procedimientos asociados.

El Laboratorio de Geotecnia realiza ensayos mecánicos en suelos, tales como caracterización básica, evaluaciones de resistencia y deformación, y determinación

de parámetros dinámicos. En rocas se determinan parámetros como densidad y resistencia al corte y en agregados utilizados como materiales de construcción, se hacen pruebas de calidad. Los ensayos geotécnicos son aplicados directamente en los estudios de amenazas geológicas y, específicamente, en la investigación y zonificación de los movimientos en masa.

ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD ANALÍTICA

La implementación y mantenimiento de los requisitos técnicos de la norma técnica colombiana NTC ISO/IEC 17025 (Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración) es un medio de gran relevancia para demostrar la capacidad de los Laboratorios en la generación de resultados confiables, oportunos y útiles.

Este componente debe estar acompasado con el cumplimiento de los requisitos de gestión como tarea de los procesos estratégicos y de apoyo de la entidad, sin los cuales cualquier esfuerzo de los laboratorios se vería afectado ostensiblemente dentro del marco de integralidad que se maneja en esta norma.

PROVEEDORES DE ENSAYOS DE APTITUD (PROGRAMAS DE INTERCOMPARACIÓN) A NIVEL NACIONAL

Los ensayos de aptitud son una poderosa herramienta externa de control de la calidad que permite a los laboratorios comparar su desempeño con otros laboratorios, detectar tendencias y, por lo tanto, tomar cualquier acción correctiva que sea necesaria para facilitar su mejora continua. Los ensayos de aptitud deben ser cuidadosamente planeados, preparados, llevados a cabo, interpretados y documentados.

Con el aval del Organismo Nacional de Acreditación (ONAC) y la Red Colombiana de Metrología se desarrollarán este tipo de ejercicios enmarcados en la norma técnica colombiana NTC ISO/IEC 17043:2010 (Requisitos generales para los ensayos de aptitud).

PROYECTOS

INVESTIGACIÓN EN MATERIALES GEOLÓGICOS

Enmarcado dentro de la misión institucional se está realizando un Plan de Investigación, como parte de los productos del POA 2013, dentro del cual se pretende establecer áreas específicas de investigación desde la perspectiva de la química y la geotecnia. Una vez el plan esté definido, se iniciará la fase correspondiente a la formulación de proyectos de investigación, buscando la integración intra e interinstitucional con el objetivo de ofrecer resultados de impacto.

BENEFICIO DE MINERALES: TRANSFORMACIÓN DE CARBONES

En lo que corresponde al beneficio de minerales, el laboratorio está enfocado a la

generación de estudios y desarrollo de esquemas tecnológicos, ambientalmente sostenibles, para el beneficio de minerales como parte de la cadena de valor en la explotación y comercialización. Los temas en los cuales se orienta son:

- Generación de información destinada a la clasificación mineralógica y metalúrgica de zonas auríferas del país.
- Aporte tecnológico a las comunidades mineras mediante diseños productivos, técnicas productivas, métodos determinativos y controles ambientales.
- Entrenamiento a técnicos en procesos de beneficio y análisis químicos.

Se cuenta con una base de infraestructura tecnológica importante en la actual sede regional en Cali que incluye una planta piloto, sistema de espirales para separación de minerales, analizador de partículas, equipos para metalurgia y equipos para el seguimiento y caracterización química de minerales.

De acuerdo con el *Plan estratégico programa nacional de investigación en energía y minería 2010-2015*, en relación con el suministro de energía, los combustibles fósiles constituyen las fuentes dominantes

La participación del carbón se mantiene y se mantendrá alrededor del 25 % pese a las restricciones ambientales, puesto que es el energético más abundante y mejor distribuido; por lo tanto, las siguientes líneas de trabajo pueden ser potencialmente las escogidas para el desarrollo de investigaciones de acuerdo con los lineamientos nacionales, en los campos de conversión:

Coquización: se debe ampliar el conocimiento de nuevos parámetros en la caracterización del carbón que contribuyan a mejorar este proceso y los servicios de la caracterización del coque.

Gasificación: para generar productos de valor agregado derivados del carbón que permiten la generación de energía eléctrica y gas de síntesis (para la obtención de combustibles líquidos), mediante la utilización de tecnologías limpias.

El Laboratorio de Carbones durante su amplia trayectoria ha direccionado su actividad al estudio del recurso carbonífero nacional desde la exploración, explotación, beneficio, uso y adecuado aprovechamiento del mismo, que le ha permitido ser reconocido como único laboratorio estatal de referencia a nivel nacional, comprometido con el uso más limpio y eficiente del carbón, y sus derivados.

La investigación y el desarrollo de proyectos a nivel institucional, académico e industrial permiten ofrecer los servicios de muestreo, análisis y ensayos tecnológicos con los siguientes propósitos:

- Exploración y evaluación de campos carboníferos.
- Evaluación de eficiencia y control de plantas de preparación y beneficio.
- Determinación de la calidad de carbón relacionada con procesos de combustión, coquización y usos no convencionales.
- Evaluación de impacto ambiental generado por el sector carbonífero.

- Promoción de zonas de interés.

Como parte complementaria y de gran interés, el estudio del impacto ambiental de la utilización del carbón y la investigación en tecnologías limpias es una línea de trabajo a fortalecer, como aporte al sector minero energético, con el fin de prevenir, mitigar o corregir los efectos ambientales causados por el uso de este combustible desde varias perspectivas.

VIGILANCIA GEOQUÍMICA DE VOLCANES

Las herramientas científicas que ofrece la química se convierten en una componente incuestionable dentro de los estudios que realiza el Servicio Geológico Colombiano como parte del monitoreo de amenazas geológicas y específicamente en:

- Muestreo de manantiales termales en los volcanes activos de Colombia.
- Muestreo directo de gases en fumarolas en los volcanes.
- Muestreo de gases en trampas alcalinas en los volcanes.
- Monitoreo de estaciones de gas radón.
- Análisis de aniones y cationes en manantiales termales de los volcanes activos de Colombia.
- Monitoreo de estaciones SCAN DOAS de Flujo de SO₂.
- Medidas de flujo de SO₂ con equipo MóvilDOAS.
- Medidas de CO₂ en suelo en volcanes y medida de temperatura en los campos fumarólicos.
- Caracterización química e isotópica de manantiales termales.
- Análisis de gases ácidos provenientes de las descargas fumarólicas en Trampas Alcalinas: CO₂, SO₂, H₂S, S total.
- Determinación de parámetros fisicoquímicos en manantiales termales: acidez, conductividad eléctrica, Redox, sólidos totales disueltos, dureza.

Todo este cúmulo de ensayos es la base y el sustento científico para definir modelos, establecer comportamientos y generar conocimiento geocientífico en el campo volcánico.

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE NUEVOS ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO

La dinámica del trabajo institucional exige la búsqueda permanente de nuevos desarrollos analíticos que mejoren y optimicen el trabajo científico de la entidad –en los distintos proyectos que desarrolla– para cumplir con su misión.

Dentro de los desarrollos más claves para la Entidad se encuentra la implementación de ensayos para datación radiométrica, los cuales aportarán en suma medida al conocimiento geocientífico que genera el Instituto.

ESTRATEGIAS

GENERALES

La información y el conocimiento se generan a partir del análisis de datos. La Dirección de Laboratorios no debe limitar su producción a la generación del dato de laboratorio; también debe generar información y conocimiento asociado.

La Dirección de Laboratorios debe participar integral y articuladamente en los proyectos institucionales (planeación, formulación, ejecución y evaluación). Los proyectos deben ser transversales y no sujetos a una sola Dirección Técnica, para dar cumplimiento al mapa de procesos institucionales y a resolver problemas de impacto nacional.

La Dirección de Laboratorios debe trabajar en la caracterización mineralógica de depósitos de los recursos minerales declarados importantes para el país (no solo oro). Esa caracterización debe estar destinada a interpretar la posibilidad técnica y ambiental de su aprovechamiento. En el punto de beneficio de minerales, más que dedicarse al beneficio de minerales, la estrategia es que a partir de la caracterización mineralógica de los depósitos que haga la Dirección de Laboratorios, se diagnostique y compruebe experimentalmente la metodología para su aprovechamiento y el impacto ambiental concomitante.

Como el tema de las aguas está íntimamente relacionado con los depósitos y su aprovechamiento, y por tener un impacto crítico en la población, la Dirección de Laboratorio debe tener una línea de investigación en química de aguas relacionada con los depósitos e involucrarse integralmente con los proyectos que trabajen el tema agua en las otras Direcciones (Recursos Minerales, Geoamenazas, Técnicas nucleares).

Es prioritaria la creación de grupos de investigación formales especializados e interdisciplinarios en las diferentes áreas del conocimiento; estos grupos de investigación deben también estar integrados por profesionales especializados externos al SGC.

Con respecto al Grupo de Trabajo de Carbones y Minerales, hacer convenios específicos con la vicepresidencia de Fomento y Promoción de la ANM, para gestionar proyectos que estén enmarcados en las líneas de trabajo de esta vicepresidencia y de las funciones del grupo de trabajo de Laboratorios de Caracterización y Procesamiento de Minerales y Carbones del SGC, estipulados en la Resolución No. 248 de 2013.

ESPECÍFICAS

Caracterización de materiales geológicos

Establecimiento de alianzas estratégicas con entidades como el Instituto Nacional de Metrología de Colombia y el Organismo Nacional de Acreditación (ONAC) y participación en programas internacionales de ensayos de aptitud.

- Proyectos especiales de investigación

- Conformación de grupos de investigación a nivel nacional.
- Formación de personal en los campos de las geociencias, procesamiento de minerales a nivel de maestría y doctorado, y gestión de proyectos de investigación.
- Pasantías a nivel internacional en institutos y centro de investigación.
- Visita de expertos internacionales sobre temas específicos para entrenamiento *in house*.
- Suscripción a revistas internacionales.
- Estímulos pecuniarios por productividad científica.

APROPIACIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO GEOCIENTÍFICO

En las líneas temáticas, la Dirección de Laboratorios desarrollará, de acuerdo con la estrategia institucional, acciones específicas tendientes a cumplir el Plan de Acción de apropiación social del conocimiento geocientífico en relación con los programas estratégicos de apropiación de la organización, de desarrollo de capacidades y de comunicación con los grupos de interés.

8

**ESTRATÉGIAS PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN**

GENERALES

Este Plan Estratégico incluye en las estrategias las acciones institucionales tendientes a lograr los objetivos de las diferentes líneas temáticas, con sus programas y proyectos, como se dijo en la presentación. Las acciones científicas que buscan los mismos propósitos forman parte de la metodología y deben ser formuladas en los respectivos programas y proyectos.

FORTALECIMIENTO DEL RECURSO HUMANO

Una de las grandes debilidades del Servicio Geológico Colombiano está en no contar con científicos capacitados y de buena experiencia; también se requieren nuevas generaciones de profesionales susceptibles de ser formados. Algunos incentivos que favorecerían la incorporación de personal científico: facilidades para la investigación, opciones de capacitación (formal e informal), estímulo a las publicaciones, apoyo y financiación de tesis de pregrado, magíster y doctorado dentro del marco de los proyectos de la institución.

CAPACITACIÓN FORMAL

Con base en los proyectos planteados en el Plan Estratégico, se hace necesario que mediante programas académicos formales, conducentes a título de posgrado, se formen expertos en líneas específicas del conocimiento y que adelanten la investigación dentro del SGC; sometan sus resultados en foros de discusión nacionales e internacionales, y conformen o hagan parte activa de grupos de investigación. Así, para enfrentar el reto de proveer información geológica adecuada y oportuna es indispensable capacitar los profesionales del instituto.

La profundización o énfasis en cada una de estas líneas del saber dependerá de los objetivos y metas planteadas en cada proyecto específico, para esto se debe tener en cuenta:

- Diseñar e implementar inicialmente un plan de transferencia del conocimiento que cuente con la participación de los geólogos que tengan experiencia en los diferentes campos de investigación que el SGC deba liderar, de tal forma que se

compense las diferencias en el grado de conocimiento debidas a la actual brecha generacional.

- Incentivar la capacitación formal avanzada a través del desarrollo de los proyectos de investigación en el SGC.
- Restablecer las políticas para la formación avanzada de profesionales conducente a título de postgrado. Este tipo de formación debe estar relacionada con los objetivos de los proyectos del SGC o responder a las necesidades de desarrollo institucional.
- Promover el trabajo de los investigadores del SGC, incentivando la divulgación en medios científicos acreditados donde el alcance de sus trabajos reciba el aval que proporciona el arbitraje por expertos (*peer review*).
- Promover el trabajo de los investigadores del SGC participando activamente en eventos nacionales e internacionales como congresos, simposios o talleres donde se sometan los avances y resultados y la investigación en el SGC a la opinión pública. Esto permite la actualización del personal a su vez que la discusión fomenta el pensamiento crítico, e incentiva la capacitación formal avanzada.
- Realizar eventos de entrenamiento, actualización técnica y cartográfica a los profesionales del SGC con base en el conocimiento generado durante el desarrollo de los proyectos de investigación geológica.
- Capacitación informal

Esta se logra conformando grupos en los cuales haya científicos con formación y experiencia junto con jóvenes investigadores. La experiencia de la investigación ha demostrado que esta fórmula es no solo la más eficiente sino que es indispensable en la formación de investigadores. La asesoría a los proyectos por parte de expertos de reconocida formación, experiencia y producción científica contribuiría a la capacitación informal, además de que haría contribuciones científicas notables.

PUBLICACIONES

Para el SGC es fundamental mantener sus publicaciones científicas, como medio de difusión de los resultados de sus investigaciones; el *Boletín Geológico* fue emitido por primera vez en 1953 y mantuvo su periodicidad hasta el 2002, volumen 40(1), por diferentes motivos perdió su periodicidad a partir de 2003; el siguiente número fue emitido solo hasta el 2006, volumen 41(1-3) y el siguiente y más reciente volumen es el número 42(1-2) de 2008; en conclusión el *Boletín Geológico* tuvo periodicidad desde sus inicios en 1953 hasta el 2002, y desde ese año hasta marzo de 2014 solo ha emitido dos volúmenes, de tal forma que volver a retomar su periodicidad y mantener su calidad científica es prioridad del SGC.

Con respecto a las *Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas*, el primer número se emitió en 1978, y se publicó periódicamente (sin cumplir la frecuencia establecida) hasta el 2003 con el número 27, se reanudó en el 2007 con el número

28 y esporádicamente se ha publicado hasta el 2012 con el número 32.

En los años 90, Ingeominas decidió publicar dos revistas una manteniendo el nombre de *Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas* y otra con el nombre de *Publicaciones Especiales del Ingeominas*, la primera se emitió hasta el 2003 y a partir del 2004 se continuó emitiendo la segunda, pero tomó la numeración perteneciente a la primera, de tal forma, que el número más reciente es el 32 de 2012 (*Publicaciones Especiales del Ingeominas*); por otra parte, el nombre Ingeominas será cambiado por Servicio Geológico Colombiano.

La tercera publicación científica es la *Revista Nucleares*, cuyo primer volumen se publicó en 1986 y último volumen fue el 7 de 1997, con frecuencia semestral, que no se cumplió. Con la creación de la Dirección de Asuntos Nucleares, se ha decidido reactivar esta publicación, faltaría definir si mantiene su frecuencia o se modifica.

Un Sistema de Publicaciones adecuado a las condiciones actuales del instituto debe incluir elementos básicos como:

- Crear un estamento responsable de las publicaciones científicas; debe contar con un responsable de publicaciones (geólogo de planta, con dedicación exclusiva), con personal necesario para la edición.
- Nombrar un comité o consejo editorial, conformado por personas de amplia experiencia en publicaciones (científicos con alta producción publicada) y en ningún caso por delegados de estamentos de la institución.
- Implementar un proceso de garantía de calidad, con evaluación de cada producto por expertos en el tema, del Servicio Geológico o del exterior.
- Fortalecer las publicaciones científicas que ya estuvieron posicionadas nacional e internacionalmente (*Boletín Geológico*, *Publicaciones Especiales*, *Mapas*, entre otros.) y la eventual creación de otras.
- Restablecer las normas editoriales permanentes, pero flexibles, que confieran identidad a las publicaciones científicas del SGC.
- Promover el ingreso de las publicaciones científicas al Sistema Nacional de Indexación de Publicaciones Científicas y Tecnológicas Colombianas que contribuya a fundamentar la pertenencia del SGC al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

BÁSICAS

El Foro propuso veinticinco estrategias básicas.

COMPETITIVIDAD EN GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

- Descentralizar la capacidad operativa del SGC para el desarrollo de estudios.
- Establecer comisiones asesoras en diferentes áreas, con el apoyo de otras instituciones académicas, regulatorias, corporativas y gremiales: estratigrafía, estudios profundos, geofísicos, aguas subterráneas, etcétera.
- Promover sinergias institucionales en temas estratégicos (por ejemplo, valora-

ciones geológicas en zonas fronteras.

- Dinamizar la coordinación entre instituciones para el desarrollo de proyectos de relevancia regional (por ejemplo, gestión del riesgo, ordenamiento territorial y la gestión ambiental).

TALENTO HUMANO

- Identificar mecanismos para la incorporación/formación de recurso humano especializado.
- Desarrollar una política de pasantías y compensaciones salariales.
- Coordinar con otras instancias institucionales la carrera en ciencia y tecnología.

GENERACIÓN, GESTIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

- Establecer estrategias para la integración de datos e información desde otras instituciones.
- Poner a disposición de la sociedad la información generada por el SGC, incluyendo datos crudos, cartografías, publicaciones, etcétera.
- Instrumentar normas de control de información.
- Desarrollar guías metodológicas para levantamiento y generación de información.
- Fomentar la valoración de nuevos paradigmas para soportar nuevos modelos e ideas.
- Probar permanentemente nuevas tecnologías en las diversas áreas del conocimiento de las ciencias de la Tierra.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

- Consolidar una estructura operativa que favorezca el desarrollo de temas especializados.
- Establecer una política institucional de maduración de proyectos. Planear para la adecuada ejecución.
- Fomentar iniciativas para la estimación de los recursos naturales en Colombia.
- Liderar una política de cuidado de colecciones y museos en Colombia.
- Planificar inversiones a largo plazo para el desarrollo de capacidades científicas.
- Consolidar una política de largo plazo para el sostenimiento y actualización de un repositorio geocientífico confiable.

CONOCIMIENTO DISCIPLINAR

- Integrar estrategias para el cambio de percepción negativa de las actividades minero-energéticas, y fomentar la propaganda ética en las ciencias de la Tierra.
- Promover iniciativas que garanticen la seguridad para el ejercicio de la investigación geológica. Promover visiones sobre una socialización donde las comunidades deban ser vistas como socios de proyectos.

- Apropiar la condición social del territorio. Avanzar en propuestas para viabilizar la pequeña minería y coordinar iniciativas postconflicto.
- Desarrollar un inventario de necesidades institucionales, con el fin de reducir brechas de conocimiento.
- Planificación coordinada para aumentos de escala en las iniciativas cartográficas.
- Diseñar estrategias de apropiación social del conocimiento donde se involucren tomadores de decisiones y comunidades.

Por último, al cierre del Foro se hizo particular hincapié en:

- Fortalecer el quehacer institucional dentro del marco de ciencia y tecnología.
- Retomar las publicaciones institucionales para divulgación de resultados.
- Establecer una comisión para conmemoración de 100 años del inicio de los estudios geológicos de Colombia. Así mismo, recomiendan a los directivos institucionales la elaboración de publicaciones especiales y el desarrollo de eventos científicos.

9

ANEXOS

9

ANEXOS

**GEOCIENCIAS BÁSICAS
LÍNEAS TEMÁTICAS, METAS E INVERSIÓN (2014-2023)**

Geociencias Básicas		Inversión (\$ millones)	
Línea Temática	Metas a 2023	Año	Acumulada
Geológica y geoquímica	Cubrimiento total del territorio continental, escalas 1:100.000 y 1:200.000 Región Andina: 40 planchas, escala 1:50.000	2014	25.000
		2015	25.000
		2016	25.000
		2017	25.000
		2018	25.000
		2019	25.000
		2020	25.000
		2021	25.000
		2022	25.000
		2023	25.000
TOTAL	250.000	250.000	
Cartografía	Tres actualizaciones del Mapa Geológico de Colombia, Mapa Geológico de Suramérica, a escala 5 M. Geocronología de la cordillera Central.	2014	600
		2015	1133
		2016	1190
		2017	1249
		2018	1312
		2019	1377
		2020	1446
		2021	1518
		2022	1594
		2023	1675
TOTAL	13.084	12.084	

Línea Temática		Geociencias Básicas	
		Metas a 2023	
		Inversión (\$ millones)	
		Año	Acumulada
Cartografía	<p>Interpretación aerogeofísica y elaboración de cartografía geofísica en las áreas donde haya esta información, y estudios de las siguientes zonas de interés.</p> <p>a. Afectación de los eventos geológicos activos, tales como terremotos, deslizamientos que afecten la población colombiana.</p> <p>b. Áreas de interés científico. Áreas con dudas de interés científico existentes en lo referente a sus características que ayuden a diferenciar lo siguiente:</p> <p>1. Fallas activas (Algeciras, Ibagué, Garrapatas, borde llanero, Romeral, Bucaramanga-Santa Marta, Oca).</p> <p>2. Otras áreas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zona comprendida entre Guaicaramo (Falla del borde llanero) hacia el oeste hasta el pacífico colombiano, incluyendo las áreas marinas. • Desde la Falla de Santa Marta hacia el oeste, incluyendo áreas marinas. • Zona de intersección de las cordilleras, con el objetivo de prevención de desastres. • Estudios tendientes a definir los efectos causados por la actividad tectónica y volcánica en Colombia. • Zonas de posible subducción, y a partir de esto zonas de con mineralizaciones asociadas a eventos y ambientes geológicos. • Comprobación o nueva diferenciación de terrenos geológicos a partir de la unión de datos geofísicos y geológicos. • Zona de Sierra Nevada de Santa Marta: origen y evolución. 	2014	55.000
		2015	57.750
		2016	60.638
		2017	63.669
		2018	66.853
		2019	70.195
		2020	73.705
		2021	77.391
		2022	81.260
		2023	85.323
TOTAL		691.784	691.784
		2014	10.000
		2015	3000
		2016	3000
		2017	3000
		2018	3000
		2019	3000
		2020	3000
		2021	3000
		2022	3000
		2023	3000
TOTAL		37.000	37.000
Cartografía	<p>Estudios de exploración e investigación para la formulación de los modelos hidrogeológicos conceptuales de sistemas acuíferos regionales del país.</p> <p>Cartografía hidrogeológica regional de los sistemas acuíferos explorados.</p> <p>Perforaciones exploratorias para consolidar el conocimiento de los modelos hidrogeológicos de los sistemas acuíferos del país.</p>	2014	13.000
		2015	16.000
		2016	19.000
		2017	22.000
		2018	25.000
		2019	28.000
		2020	31.000
		2021	34.000
		2022	37.000
		2023	37.000
TOTAL		37.000	37.000

		Geociencias Básicas		
		Metas a 2023		
Línea Temática		Inversión (\$ millones)		
		Año	Anual	Acumulada
Investigaciones geológicas específicas	<p>Mapa nacional de deformación geodésica de corteza terrestre; Mapas regionales de tasas de deformación geodésica; Estimación de velocidades de desplazamiento relativo en las placas tectónicas convergentes en la esquina noroccidental de Suramérica; Mediciones precisas de deformación secular y transitoria debido a fallas sísmogénicas activas, con especial relevancia en la estimación de la amenaza sísmica; Estimación de deslizamiento lento asísmico y periódico en la zona de subducción de Nazca. Operación de una Red nacional activa de 200 estaciones permanentes de operación continua. Red nacional pasiva de 500 estaciones de ocupación episódica bajo la modalidad de campañas de campo. Generación de redes de observación geodésica a largo plazo que contribuyan a las mediciones del nivel del mar, en especial integrando datos de mareógrafos, GNSS y satélites altimétricos. Apoyo a proyectos nacionales e internacionales de investigación geodésica aplicada. Diagnóstico de problemática de las unidades litoestratigráficas sedimentarias de Colombia, que incluye a los catálogos ya publicados y en proceso de publicación, así como un diagnóstico de las cuencas sedimentarias de Colombia, con el objeto de establecer un programa de investigación geológica que supla estas deficiencias de conocimiento en estos dos temas.</p> <p>Formalización de las nuevas unidades del Cretácico inferior establecidas en la porción central de la cordillera Oriental (cinturones esmeraldíferos).</p> <p>Un esquema zonal bioestratigráfico para las sucesiones sedimentarias del territorio colombiano; Dos estudios sistemáticos en grupos paleontológicos paleontológico/localidad fosilífera de Colombia, caracterizado geológica y paleontológicamente. 50 % de las Colecciones Científicas Paleontológicas de material tipo y de referencia, y 10 % de las Colecciones Científicas Paleontológicas Geográficas, completamente catalogadas; dos versiones web del Catálogo de las <i>Colecciones Científicas Paleontológicas de Colombia</i>, y una publicación de capítulos/fascículos del <i>Catálogo Paleontológico del Territorio de Colombia</i>. Atención oportuna del 80 % de los requerimientos y solicitudes de información paleontológica y bioestratigráfica, y del acompañamiento técnico necesario, proveniente de las diferentes áreas técnicas de la entidad; y más del 90 % en la satisfacción de los usuarios de los servicios y productos asociados a las Colecciones Científicas Paleontológicas de Colombia.</p>	2014	2181	2181
		2015	3616	5797
		2016	4037	9834
		2017	4324	14.158
		2018	4636	18.794
		2019	4952	23.746
		2020	5300	29.046
		2021	5679	34.725
		2022	6094	40.819
		2023	6538	47.357
	TOTAL	47.357	47.357	
	2014	2280	2280	
	2015	2394	4674	
	2016	2514	7188	
	2017	2639	9827	
	2018	2771	12.598	
	2019	2910	15.508	
	2020	3055	18.563	
	2021	3208	21.771	
	2022	3369	25.140	
	2023	3537	28.677	
	TOTAL	28.677	28.677	

Geociencias Básicas			Inversión (\$ millones)							
Línea Temática	Metas a 2023	Año	Annual	Acumulada						
			2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Investigaciones geológicas específicas	<p>Estudios de exploración y modelos conceptuales de seis sistemas geotérmicos, soportados en modelos magnetométricos 3D.</p> <p>Estimación del potencial energético en cinco sistemas geotérmicos.</p> <p>Mapas de flujo de calor terrestre de seis cuencas sedimentarias.</p> <p>Perforaciones exploratorias de pozos: 9 de gradiente geotérmico de 500 m, y 3 profundos de 2000 m, en tres áreas geotérmicas.</p> <p>Cartografía geológica (1:25.000) y levantamiento volcanoestratigráfico detallado, para establecer historia eruptiva en área de influencia de cinco volcanes colombianos, considerados prioritarios.</p> <p>Investigaciones para profundizar en el entendimiento sobre el vulcanismo colombiano en general.</p> <p>Apoyo técnico a Geoamenazas en relación a las amenazas de origen volcánico (elaboración de mapas de amenaza de volcanes activos, campañas de socialización y apoyo en atención de emergencias volcánicas).</p> <p>1. Magmatismo jurásico, 2. Magmatismo máfico de Quebradagrande y la Formación Barroso, 3. Plutonismo cretácico de la cordillera Central y la margen oriental de la cordillera Occidental, 4. La corteza oceánica acrecida, y 5. El magmatismo cenozoico asociado a la actual zona de subducción.</p>	2014	3120	3120						
		2015	6400	9520						
		2016	14.900	24.420						
		2017	4900	29.320						
		2018	12.900	42.220						
		2019	2900	45.120						
		2020	2200	47.320						
		2021	4200	51.520						
		2022	12.700	64.220						
		2023	2700	66.920						
		TOTAL	66.920	66.920						
		2014	990	990						
		2015	1020	2010						
2016	1050	3060								
2017	1082	4142								
2018	1115	5257								
2019	1148	6405								
2020	1182	5587								
2021	1218	8805								
2022	1254	10.059								
2023	1292	11.351								
TOTAL	11.351	11.351								
2014	2500	2500								
2015	2500	2500								
2016	2500	5000								
2017	2500	5700								
2018	2500	10.000								
2019	2500	12.500								
2020	2500	15.000								
2021	2500	17.500								
2022	2500	20.000								
2023	2500	22.500								
TOTAL	22.500	22.500								

Geociencias Básicas		Inversión (\$ millones)	
Línea Temática	Metas a 2023	Año	Acumulada
		2014	2000
Investigaciones geológicas específicas	Magmatismo precuaternario	2015	2000
		2016	4000
		2017	6000
		2018	8000
		2019	10.000
		2020	12.000
		2021	14.000
		2022	16.000
		2023	18.000
		TOTAL	18.000
Investigaciones geológicas específicas	Metamorfismo	2014	2000
		2015	4100
		2016	6305
		2017	8620
		2018	11051
		2019	13.603
		2020	16.283
		2021	19.097
		2022	22.052
		2023	25.155
TOTAL	25.155		
Investigaciones geológicas específicas	Geología marina	2014	600
		2015	1500
		2016	2700
		2017	5200
		2018	7900
		2019	10.650
		2020	13.450
		2021	16.400
		2022	19.900
		2023	19.900
TOTAL	19.900		

Geociencias Básicas			
Línea Temática	Metas a 2023	Inversión (\$ millones)	
		Año	Acumulada
Investigaciones geológicas específicas	Tener conformado un grupo de teleobservación estable y permanente, actualizado en lo tecnológico y lo conceptual, conformado mínimo por 3 integrantes, que apoye con los productos generados, utilizando esta herramienta todos los proyectos institucionales que los requieran.	2014	500
		2015	1025
		2016	1576
		2017	2147
		2018	2754
		2019	3392
		2020	4062
		2021	4766
		2022	5505
		2023	6281
	TOTAL	6281	6281

RECURSOS MINERALES

LÍNEAS TEMÁTICAS, METAS E INVERSIÓN (2014-2023)

		Recursos Minerales		
Línea Temática	Metas a 2023	Inversión (\$ millones)		
		Año	Anual	Acumulada
Recursos Minerales (metálicos, no metálicos e industriales y energéticos)	20.470 000 ha (204.700 km ²)	2014	52.500	52.500
		2015	55.125	107.625
		2016	57.800	165.425
		2017	57.800	223.275
		2018	60.770	280.045
		2019	63.800	347.845
		2020	66.990	414.835
		2021	70.340	485.175
		2022	73.850	559.025
		2023	75.500	634.525
		TOTAL	634.525	634.525

GEOAMENAZAS

LÍNEAS TEMÁTICAS, METAS E INVERSIÓN (2014-2023)

ANEXOS

		Geoamenazas		
Línea Temática	Metas a 2023	Inversión (\$ millones)		
		Año	Anual	Acumulada
Investigación, evaluación y zonificación de amenazas de origen geológico	• Disponer de mapas de amenaza por movimientos en masa, escala 1:25.000, en 100 % de la zona montañosa del territorio colombiano.	2014	18.900	18.900
	• Obtener mapas de amenaza volcánica en zonas de mayor riesgo volcánico.	2015	20.472	41.894
	• Tener modelos de corteza bien definidos para el territorio colombiano.	2016	22.245	64.139
	• Disponer del conocimiento de la atenuación de energía sísmica en el territorio Colombiano.	2017	23.889	88.028
	• Disponer de fuentes sismogénicas caracterizadas (paleosismología, macrosísmica).	2018	25.713	113.741
	• Información regional necesaria para la microzonificación sísmica de ciudades y caracterización de efectos locales en ciudades colombianas.	2019	27.770	141.511
	• Tener el 100 % de los volcanes activos en Colombia con un mínimo de equipos de vigilancia volcánica.	2020	29.992	171.503
	• Disponer de un sistema sismológico consolidado para la zona andina, pacífica y norte del territorio colombiano con cubrimiento de redes sismológica, acelerográfica y de deformación.	2021	32.391	203.894
	• Disponer de sistemas confiables de alertas tempranas para actividad volcánica y sismos tsunamigénicos.	2022	34.983	238.877
		2023	37.781	276.658
	TOTAL		276.658	276.658

GESTIÓN DE INFORMACIÓN

LÍNEAS TEMÁTICAS, METAS E INVERSIÓN (2014-2023)

Gestión de Información				
Línea Temática	Metas a 2023	Inversión (\$ millones)		
		Año	Anual	Acumulada
Gestión de Información	Rediseño de los SI; Actualizar información georreferenciada; servicios de copias de seguridad de la información a disco, fuera del lugar o en la nube; Integrar los sistemas de información misionales.	2014	67.265	67.265
		2015	33.453	100.718
		2016	23.557	124.275
Seguridad de formación, licenciamiento de <i>software</i>	Adquirir licencias de Oracle, almacenamiento y antivirus; elementos de seguridad perimetral.	2017	8667	132.942
		2018	5773	138.715
Adquisición de equipos especiales	Adquisición de equipos especializados, renovación tecnológica, UPS, sistemas control de acceso, cajas para litoteca, reorganización museo y biblioteca.	2019	5885	144.600
		2020	6003	150.603
Infraestructura tecnológica	Adquirir, instalar, configurar servidores blade, elementos de salas de juntas, elementos de proyección, equipos de protección de la información, implementar <i>software</i> de desarrollado en entorno Web para la administración del Sistema de Gestión y Control del SGC, servidores; equipo de aire acondicionado de contingencia para el centro de datos y aire acondicionado para las sedes.	2021	6123	156.726
		2022	6247	162.973
Construcción y dotación de sedes tecnológicas	Poner en operación la Litoteca de Tenjo, cintoteca y laboratorios especializados.	2023	6003	168.976
		TOTAL	168.976	168.976

LABORATORIOS

LÍNEAS TEMÁTICAS, METAS E INVERSIÓN (2014-2023)

ANEXOS

		Laboratorios		
Línea Temática	Metas a 2023	Inversión (\$ millones)		
		Año	Anual	Acumulada
Caracterización de materiales geológicos	Contar con todos los ensayos de laboratorio acreditados y ser los responsables integrales del dato generado en el laboratorio, ya sea mediante facilidades propias o externas, lo que le permitirá ser reconocido como uno de los mejores laboratorios de Suramérica.	2014	5500	5500
		2015	4000	9500
		2016	4000	13.500
		2017	3000	16.500
		2018	3000	19.500
Proyectos especiales de investigación	Realizar un número significativo de investigaciones en el campo de la química, mineralogía y geotecnia que aporten en la cadena de valor para la generación del conocimiento geocientífico, incluyendo el beneficio y procesamiento de minerales. Constituir el laboratorio de vigilancia geoquímica de volcanes con una infraestructura robusta y conducirlo a ser el mejor laboratorio de Suramérica en su campo.	2019	3000	22.500
		2020	3000	25.500
		2021	3000	28.500
		2022	3000	31.500
		2023	3000	34.500
		TOTAL	34.500	34.500

RESUMEN DE PRESUPUESTO 2014-2023

Área/año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Total
Geociencias Básicas	113.121	109.336	121.830	117.849	128.980	123.134	126.811	133.519	146.869	142.068	1.263.517
Recursos Minerales	52.500	55.125	57.800	57.800	60.770	63.800	66.990	70.340	73.850	75.500	634.475
Hidrocarburos ¹											
Geoamenazas	18.900	20.472	22.245	23.889	25.713	27.770	29.992	32.391	34.983	37.781	276.136
Asuntos Nucleares ¹											
Gestión de Información	67.265	33.453	23.557	8667	5773	5885	6003	6123	6247	6003	168.976
Laboratorios	5500	4000	4000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	34.500
Totales	257.286	222.386	229.432	211.205	224.236	223.589	232.796	245.373	264.949	264.352	2.377.604

1. Pendiente de estimativos presupuestales.

Dentro de la tendencia global, contextualizada a las necesidades y demandas de la sociedad colombiana, este *Plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014-2023*, representa el documento básico que define las líneas maestras y que servirá de guía para desarrollar las actividades del Servicio Geológico Colombiano durante los diez años. La preparación del documento ha requerido en conjunto todos los estamentos directivos de la institución, analizando las actividades en curso y previstas para cada una de las áreas, proyectando posteriormente las provisiones (en función de las necesidades y las demandas) hacia el futuro. Toda la información así generada, ha sido compilada y homogeneizada para proporcionar al documento un contenido conciso, claro y coherente.

El *Plan estratégico del conocimiento geológico del territorio colombiano 2014-2023* se inició en octubre de 2012, por iniciativa de la Dirección General del Servicio Geológico Colombiano, y se compiló en el 2013 tras recibir la contribución de todos los estamentos de la institución. La estructura del plan está basada en la organización interna del SGC, por capítulos que se conforman con sus unidades jerárquicas principales; es decir, las direcciones de Geociencias Básicas, Recursos Minerales, Hidrocarburos, Geoamenazas, Gestión de Información, Asuntos Nucleares y Laboratorios. Cada uno de estos capítulos presenta a su vez una estructura constituida por un diagnóstico, unas líneas temáticas, los programas y proyectos que va a desarrollar en los próximos diez años y las estrategias para lograrlo. Estas últimas se definen como las acciones institucionales necesarias para alcanzar los objetivos propuestos y se distinguen de las metodologías en que son acciones científicas para lograr los mismos objetivos.

{ DICIEMBRE 2014 }

www.sgc.gov.co