



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



**ANEXO No. 1 AL CONVENIO MARCO DE COOPERACIÓN ENTRE  
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA – UNAL- Y EL  
SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO –SGC- CENTRO DE  
EXCELENCIA EN GEOCIENCIAS.**

**DOCUMENTO TÉCNICO DE  
CONFORMACIÓN DEL CENTRO DE  
EXCELENCIA EN GEOCIENCIAS –  
SGC-UNAL**

25 de enero de 2018

Bogotá, Colombia





## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. ÁREA TEMÁTICA: EVOLUCIÓN GEOLÓGICA.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 EXPOSICIÓN GENERAL .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 DEFINICIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 ALCANCE.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>1.5 LINEAS DE ACCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.5.1 LÍNEA DE ACCIÓN 1: ESTANDARIZACIÓN DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA EN APOYO AL PROCESO DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA.....	7
1.5.2 LÍNEA DE ACCIÓN 2: EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE PLACAS TECTÓNICAS EN EL NOROCCIDENTE DE SURAMÉRICA.....	7
1.5.3 LÍNEA DE ACCIÓN 3: CARACTERIZACIÓN Y DEFINICIÓN ESTRATIGRÁFICA DE CUENCAS .....	8
1.5.4 LÍNEA DE ACCIÓN 4: ESTUDIOS DE GEOCRONOLOGÍA, TERMOCRONOLOGÍA Y PROCEDENCIA SEDIMENTARIA ASOCIADOS A CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES Y PROCESOS TECTÓNICOS.....	9
<b>2. ÁREA TEMÁTICA: RECURSOS MINERALES, ENERGÉTICOS E HÍDRICOS.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 RECURSOS MINERALES .....</b>	<b>10</b>
2.1.1 EXPOSICIÓN GENERAL.....	10
2.1.2 DEFINICIÓN .....	11
2.1.3 ALCANCE.....	11
2.1.4 LINEAS DE ACCIÓN .....	11
<b>2.2 RECURSOS ENERGÉTICOS.....</b>	<b>13</b>
2.2.1 EXPOSICIÓN GENERAL.....	13
2.2.2 DEFINICIÓN .....	14
2.2.3 ALCANCE.....	14
2.2.4 LÍNEAS DE ACCIÓN .....	14
<b>2.3 RECURSOS HÍDRICOS .....</b>	<b>17</b>
2.3.1 EXPOSICIÓN GENERAL.....	17
2.3.2 DEFINICIÓN .....	17
2.3.3 ALCANCE.....	18
2.3.4 LÍNEAS DE ACCIÓN .....	18
<b>3. ÁREA TEMÁTICA: GEODINÁMICA INTERNA Y EXTERNA.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 GEODINÁMICA INTERNA.....</b>	<b>20</b>
3.1.1 EXPOSICIÓN GENERAL.....	20
3.1.2 DEFINICIÓN .....	20
3.1.3 ALCANCE.....	21
3.1.4 JUSTIFICACIÓN .....	21
3.1.5 LÍNEAS DE ACCIÓN .....	21






<b>3.2</b>	<b>GEODINÁMICA EXTERNA .....</b>	<b>23</b>
3.2.1	EXPOSICIÓN GENERAL.....	23
3.2.2	DEFINICIÓN .....	23
3.2.3	ALCANCE.....	24
3.2.4	JUSTIFICACIÓN .....	24
3.2.5	LÍNEAS DE ACCIÓN .....	24
<b>4.</b>	<b>ÁREA TEMÁTICA: PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO .....</b>	<b>27</b>
4.1	EXPOSICIÓN GENERAL.....	27
4.2	DEFINICIÓN.....	28
4.3	ALCANCE .....	28
4.4	LÍNEAS DE ACCIÓN .....	28
4.4.1	JUSTIFICACIÓN .....	28
4.4.2	LÍNEA DE ACCIÓN 1: Estudios temáticos, en áreas especializadas de patrimonio .....	29
4.4.3	LÍNEA DE ACCIÓN 2: DESARROLLO DE MODELOS DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO COLOMBIANO.....	29
<b>5.</b>	<b>OTROS TEMAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>30</b>
5.1	EXPOSICIÓN GENERAL .....	30
5.2	DEFINICIÓN .....	30
5.3	ALCANCE.....	31
5.4	JUSTIFICACIÓN .....	31
5.5	LÍNEAS DE ACCIÓN.....	31
5.5.1	LÍNEA DE ACCIÓN 1: GEOLOGÍA PLANETARIA .....	31
5.5.1.1	DEFINICIÓN.....	32
5.5.1.2	ALCANCE.....	32
5.5.2	LÍNEA DE ACCIÓN 2: ESTRUCTURAS DE IMPACTO .....	32
5.5.2.1	DEFINICIÓN.....	33
5.5.2.2	ALCANCE.....	33
5.5.3	LÍNEA DE ACCIÓN 3: ANOMALÍAS GEOTÁCTICAS.....	33
5.5.3.1	DEFINICIÓN.....	33
5.5.3.2	ALCANCE.....	33
5.5.4	LÍNEA DE ACCIÓN 4: GEOLOGÍA FORENSE .....	34
5.5.4.1	DEFINICIÓN.....	34
5.5.4.2	ALCANCE.....	34
5.5.5	LÍNEA DE ACCIÓN 5: GEOLOGÍA MÉDICA .....	34
5.5.5.1	DEFINICIÓN.....	34
5.5.5.2	ALCANCE.....	35



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



## CONFORMACIÓN Y OBJETO

El presente Anexo se suscribe entre las Partes con el propósito de conformar el *Centro de Excelencia en Geociencias*, en los términos de las Cláusulas Primera y Segunda del Convenio Marco, el cual tendrá por objeto la generación de conocimiento fundamental para el país en ciencias de la tierra, con visión de largo plazo, desarrollando proyectos de investigación científica, en particular en las líneas de evolución geológica; recursos mineros, energéticos e hídricos; Geodinámica externa e interna; Patrimonio Geológico y Paleontológico y otros temas que se definan, y mediante formación de capital humano altamente calificado para la investigación.

Con tal propósito, este documento contiene la descripción de cada una de las Áreas Temáticas y de las Líneas de Investigación respecto de las cuales las Partes acuerdan aunar sus esfuerzos para adelantar actividades orientadas a la generación y ampliación del conocimiento geocientífico mediante el desarrollo de proyectos conjuntos de cooperación científica.





UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



## 1. ÁREA TEMÁTICA: EVOLUCIÓN GEOLÓGICA

### 1.1 EXPOSICIÓN GENERAL

Se propone como área temática la Evolución Geológica del territorio nacional para incluir proyectos de investigación multidisciplinaria que integren varias áreas de conocimiento, aplicadas a definición de aspectos regionales, que permitan abordar la problemática de áreas específicas, cuencas o basamentos particulares.

La región de los Llanos y la Amazonia incluye rocas Paleo Proterozoicas con una delgada cubierta sedimentaria, que difiere de este a oeste en términos de áreas de aporte, recursos contenidos y edades. La región de la Cordillera Oriental y sus piedemontes contiene una importante cuenca de *back-arc*, la Cuenca Cretácica Colombiana, con espesores de hasta 5.000 metros y problemas particulares de nomenclatura estratigráfica y evolución tectónica y termal, además de contener valiosos recursos asociados. En los macizos expuestos se encuentran rocas cristalinas de edad Meso Proterozoica y Paleo Proterozoica, que registran importantes episodios de acreción oceánica y posteriormente de colisión continental durante la Orogenia Grenvilliana hace 1.200 a 1.000 Ma. También se encuentran rocas cristalinas que documentan el inicio de un proceso de subducción ininterrumpido que comenzó hace aproximadamente 600 Ma, desde el Neo Proterozoico Tardío y Paleozoico Temprano hasta el presente. La región del Valle del Magdalena contiene la parte proximal de una cuenca de *foreland* Cenozoica y también estratos Cretácicos del flanco occidental de la cuenca de *back-arc*. La Cordillera Central contiene varias franjas estructurales que se han incluido en complejos de rocas predominantemente metamórficas (Cajamarca, Quebradagrande, Arquía, etc.) cuyos protolitos incluyen escamas de basaltos oceánicos y rocas sedimentarias, que en conjunto están afectados por procesos de fusión parcial y emplazamiento magmático y volcánico posterior a su acreción, junto con procesos de exhumación, erosión y sedimentación. La Cordillera Occidental contiene importantes unidades de basaltos oceánicos acrecidos al continente y también rocas sedimentarias y volcánicas / magmáticas generadas después de su acreción y exhumación.

Esta área temática propone abordar temas de investigación que se centren en franjas y regiones con diferentes historias de evolución geológica, limitadas por fallas importantes, como Guacáramo, Bituima, San Gerónimo, Romeral, etc. Esto no sólo contribuirá con un mejor entendimiento de la evolución del territorio, sino que permitirá identificar y delimitar valiosos recursos asociados a estas diferentes provincias geológicas.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



## 1.2 DEFINICIÓN

El conocimiento de la Evolución Geológica del territorio colombiano ha avanzado a través del estudio y caracterización de las rocas que lo conforman. La génesis definición y clasificación de unidades de roca de varias edades y varios orígenes, incluyendo plutónicos, volcánicos, metamórficos y sedimentarios permiten establecer las propiedades de dichas unidades y los recursos que contienen. Con un enfoque multidisciplinario y regional se propenderá por un avance más estructurado del conocimiento de provincias geológicas que tienen diversas problemáticas y que requieren enfoques particulares.

## 1.3 ALCANCE

Varias disciplinas están involucradas en el conocimiento de la evolución geológica de un territorio y de las rocas que lo conforman, incluyendo estratigrafía, petrología, tectónica, sísmica, paleontología, isótopos estables, geoquímica, sedimentología, mineralogía, dataciones radiométricas, etc. Todas estas disciplinas buscan la caracterización de unidades litológicas y la identificación de sus recursos, a través de la comprensión de los procesos de formación de las mismas. Esto conduce a definir y delimitar unidades de roca y a consignar dicha información en mapas geológicos, cortes, memorias explicativas y publicaciones científicas que sintetizan el estado del conocimiento existente. Las unidades se delimitan vertical y horizontalmente por cambios significativos en sus propiedades litológicas o por contactos que pueden ser intrusivos o fallados. Entonces, la definición de unidades de roca también impone la identificación y cartografía precisa de fallas que constituyen límites geológicos importantes. La cartografía geológica se apoya de manera esencial en la definición precisa de unidades litológicas.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

El enfoque investigativo en problemáticas regionales, como complejos estructurales, franjas de corteza oceánica acrecida, macizos cristalinos, o cuencas particulares, mediante el uso de técnicas modernas, permitirá un avance significativo en la comprensión de las rocas que conforman el territorio nacional y recursos asociados.

La adecuada clasificación y el entendimiento de las unidades geológicas del territorio nacional son esenciales en el proceso exploratorio de recursos minerales y materiales de construcción, además de petróleo, carbón, gas y agua contenidos en ellas. Este conocimiento permite también establecer los mejores lugares para trazado de carreteras y construcción de presas, plantas y otras obras civiles de importancia en el desarrollo de la nación.



## **1.5 LINEAS DE ACCIÓN**

Se incluyen las siguientes líneas de acción:

### **1.5.1 LÍNEA DE ACCIÓN 1: ESTANDARIZACIÓN DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA EN APOYO AL PROCESO DE CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA**

#### **1.5.1.1 DEFINICIÓN**

Se propone avanzar en la estandarización de la nomenclatura estratigráfica de planchas geológicas adyacentes para lograr coherencia en las unidades litológicas y las fallas que contienen. También se propone solucionar problemas de sinonimia y de homonimia de acuerdo con normas internacionales de procedimiento estratigráfico, como las contenidas en el Código de Nomenclatura Estratigráfica, que incluye procedimientos para unidades litoestratigráficas (sedimentarias y volcánicas estratiformes) y litodémicas (ígneas y metamórficas no estratiformes).

#### **1.5.1.2 ALCANCE**

Se reorganizará la Comisión Colombiana de Estratigrafía, como órgano consultivo en temas de nomenclatura estratigráfica y otros relacionados, con participación de varias instituciones, incluyendo expertos en rocas plutónicas, volcánicas, metamórficas y sedimentarias, además de profesionales en cartografía geológica. Se podría iniciar el proceso en conjuntos de planchas donde se presentan las mayores discrepancias e inconsistencias de nomenclatura estratigráfica, adelantando los estudios necesarios para la correcta definición e identificación de unidades, siguiendo normas internacionales de procedimiento estratigráfico.

Se podría adelantar el proceso trabajando en áreas delimitadas por fallas regionales, que constituyen franjas tectónicas asociadas a porciones de cuencas o a provincias geológicas o fragmentos de corteza que han sido afectados por procesos geológicos particulares en intervalos particulares de tiempo. También se puede estandarizar la nomenclatura de sectores específicos, como por ejemplo el área del Caribe, las Cordilleras, la Amazonia, etc.

### **1.5.2 LÍNEA DE ACCIÓN 2: EVOLUCIÓN GEOLÓGICA DE PLACAS TECTÓNICAS EN EL NOROCCIDENTE DE SURAMÉRICA**

#### **1.5.2.1 DEFINICIÓN**

Los modelos que explican la evolución tectónica del noroccidente Suramérica están en proceso de construcción porque carecen de datos suficientes que permitan entender las relaciones geológicas que se observan en la actualidad. El listado siguiente es una muestra de los posibles enfoques que



pueden darse para las investigaciones en esta línea de acción y pueden aplicarse a una o a todas las placas y límites de placas tectónicas del noroccidente de Suramérica.

- Caracterización, ubicación, y evolución de las zonas de paleosutura.
- Caracterización de las placas en términos de espesores, afinidad geoquímica, reología, etc.
- Determinación y localización de remanentes de arcos de islas.
- Caracterización de las rocas acrecidas a la margen continental activa.
- Caracterización de los basamentos cristalinos en los núcleos de las cordilleras.
- Implicaciones de la evolución de las placas en la formación de cuencas sedimentarias y en la acumulación de hidrocarburos.

Esta área temática se enfoca en la búsqueda de información que permita abordar los puntos mencionados. El objetivo final es obtener una base coherente con suficiente información para enmarcar la evolución de las placas en el contexto geodinámico regional del norte de Suramérica.

#### **1.5.2.2 ALCANCE**

Se planea la ejecución de proyectos que incluyan las siguientes actividades:

- Inventario detallado y sistemático, evaluación, organización y diagnóstico de la información existente.
- Elaboración de un modelo geológico preliminar integrado que permita identificar las principales incógnitas.
- Mapas geológicos de detalle (escala 1:50.000 o mayor resolución donde se requiera) que definan unidades con el apoyo de estratigrafía de secuencias sedimentarias y petrología del basamento. Las técnicas a aplicar incluyen, por ejemplo: bioestratigrafía, geoquímica, y geocronología.
- Estudios geofísicos que incluyan sismología, líneas sísmicas activas profundas, gravimetría y magnetometría de alta resolución y líneas de refracción.
- Modelamiento geodinámico y reconstrucción de la estructura térmica.

Los proyectos iniciales de ésta línea incluyen:

- Evolución geológica del Caribe colombiano.
- Caracterización de las rocas acrecidas a la margen continental.

#### **1.5.3 LÍNEA DE ACCIÓN 3: CARACTERIZACIÓN Y DEFINICIÓN ESTRATIGRÁFICA DE CUENCAS**

##### **1.5.3.1 DEFINICIÓN**





Los estratos de importantes cuencas, especialmente las Mesozoicas y Cenozoicas, se han agrupado en numerosas formaciones que presentan sinonimias inválidas para referirse con varios nombres a la misma unidad. Así mismo, se presentan numerosas homonimias para referirse con el mismo nombre a formaciones diferentes, que no corresponden ni en litología ni en posición estratigráfica con el nombre utilizado. Esta imprecisión y falta de definición de los estratos se ve reflejada en la cartografía geológica, donde se observa que planchas adyacentes tienen nomenclaturas estratigráficas diferentes y por lo tanto las unidades no coinciden ni en litología ni en edad al pasar de una plancha a la otra.

#### **1.5.3.2 ALCANCE**

- a) Definir y delimitar de manera más precisa las unidades de las cuencas que se encuentran en lados opuestos del arco magmático para mejorar la cartografía geológica.
- b) Definir y delimitar reservorios no convencionales de hidrocarburos.
- c) Definir y delimitar unidades aptas para ser utilizadas como materiales de construcción (arenitas y arcillolitas) así como fuentes de materiales para la industria del cemento (calizas), fertilizantes (fosfatos) y otros materiales industriales.

#### **1.5.4 LÍNEA DE ACCIÓN 4: ESTUDIOS DE GEOCRONOLOGÍA, TERMOCRONOLOGÍA Y PROCEDENCIA SEDIMENTARIA ASOCIADOS A CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES Y PROCESOS TECTÓNICOS**

##### **1.5.4.1 DEFINICIÓN**

Métodos analíticos de procedencia sedimentaria y dataciones radiométricas son técnicas indispensables para el conocimiento de la edad y ambiente de diferentes procesos tectónicos y estratigráficos. La procedencia sedimentaria a partir de petrografía, minerales pesados, geocronología de detritos y geoquímica, da información sobre los ambientes tectónicos actuantes durante la sedimentación de las unidades estratigráficas cartografiadas en el territorio nacional. Además, las dataciones radiométricas ayudarán a conocer la temporalidad de procesos magmáticos, metamórficos y de exhumación de bloques tectónicos.

##### **1.5.4.2 ALCANCE**

- a) Conocer la edad de procesos magmáticos, metamórficos, volcánicos y sedimentarios que influenciaron el paisaje de la geografía nacional y la distribución de sus recursos.
- b) Establecer la historia termal de intervalos de rocas generadoras de hidrocarburos en cuencas emergentes y en exploración de hidrocarburos no convencionales.



- c) Definir la edad de exhumación y temporalidad de formación de pliegues y fallas para conocer las estructuras formadas antes de la expulsión de hidrocarburos.
- d) Conocer la procedencia sedimentaria de unidades para predecir el ambiente tectónico que originó los detritos y la distribución de la sedimentación y así predecir la existencia de recursos tanto en las cuencas, como en las áreas de aporte.

## 2. ÁREA TEMÁTICA: RECURSOS MINERALES, ENERGÉTICOS E HÍDRICOS

### 2.1 RECURSOS MINERALES

#### 2.1.1 EXPOSICIÓN GENERAL

La sociedad esta soportada en los recursos minerales y es dependiente de ellos, de tal modo que el crecimiento poblacional, la calidad de vida y el desarrollo de un país están relacionados con el aprovechamiento de estos recursos.

Para aprovechar eficientemente los recursos que alberga el territorio colombiano, se debe investigar su génesis, identificar las zonas específicas del territorio en donde están localizados, conocer sus características y como pueden ser extraídos y aprovechados, además de conocer los efectos de éstos depósitos y sus productos residuales en el entorno natural. Lo anterior se expresa en las siguientes temáticas:

- Metalogenia involucrando el entendimiento de la génesis de los minerales, de los sistemas mineralizantes y de los ambientes propicios para alojar mineralizaciones.
- Exploración regional (prospección) de recursos minerales en sus divisiones de minerales metálicos, no metálicos y energéticos.
- Extracción o beneficio de minerales y definición de procesos geometalúrgicos que deben ser utilizados.
- Disposición de los residuos y subproductos de la extracción, respetando el entorno natural.

Las investigaciones y estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos, son la base para evaluar el potencial de recursos minerales metálicos, energéticos y no metálicos e industriales en el



territorio colombiano, para proyectar su aprovechamiento, planear actividades productivas y usos del suelo, y para evaluar en qué condiciones se promoverá el desarrollo del país.

### **2.1.2 DEFINICIÓN**

Los recursos minerales son concentraciones de compuestos naturales que conforman el globo terráqueo, que se han formado mediante procesos bio-geo-químicos a partir de la asociación y combinación de diferentes elementos químicos desde el origen del planeta, y que hoy se encuentran localizados en diferentes ambientes geológicos. Se considera como mineral a toda sustancia de origen natural, con forma sólida y con estructura cristalina, formada por elementos químicos y que fueron producto de un proceso geológico.

### **2.1.3 ALCANCE**

Definir y delimitar de manera cada vez más precisa las provincias geológicas que contienen recursos minerales de importancia por sus múltiples aplicaciones en los diversos campos de desarrollo del país.

### **2.1.4 LINEAS DE ACCIÓN**

- Metalogenia
- Exploración regional (prospección) de recursos minerales (metálicos, no metálicos y energéticos)
- Beneficio de minerales y geometalurgia
- Minerales y entorno natural

#### **2.1.4.1 JUSTIFICACIÓN**

La investigación de los recursos del subsuelo es fundamental para planear el desarrollo del país. Los recursos minerales son fuente de materias primas para la sociedad colombiana y para los diferentes sectores productivos del país. Los minerales son fundamentales para el crecimiento económico, son fuente de empleo, fortalecen la inversión privada y generan recursos que son dirigidos a la inversión social del estado. En los últimos años los gastos del estado colombiano se han soportado en un 22 % en lo generado por la extracción de recursos minerales.

#### **2.1.4.2 LÍNEA DE ACCIÓN 1: METALOGENIA**



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



#### **2.1.4.2.1 DEFINICIÓN**

La metalogenia investiga la génesis (formación y origen) de los yacimientos minerales y estudia los ambientes propicios para alojar mineralizaciones, y los procesos y sistemas mineralizantes que les dieron origen.

#### **2.1.4.2.2 ALCANCE**

Estudiar el potencial de importantes sistemas mineralizantes auríferos y cupríferos del territorio nacional, teniendo en cuenta la siempre creciente demanda global de éstos recursos. Se considera muy importante la comprensión multidisciplinar de los aspectos que influyen en la formación de las mineralizaciones, a través del uso de diversas técnicas que contribuyan a localizar nuevos depósitos minerales.

#### **2.1.4.3 LÍNEA DE ACCIÓN 2: EXPLORACIÓN REGIONAL (PROSPECCIÓN) DE RECURSOS MINERALES (METÁLICOS, NO METÁLICOS Y ENERGÉTICOS)**

##### **2.1.4.3.1 DEFINICIÓN**

La exploración regional de recursos minerales constituye la etapa inicial en el proceso de aprovechamiento sustentable de las materias primas del subsuelo y tiene como objetivo identificar zonas o áreas prospectivas para alojar mineralizaciones en un territorio.

##### **2.1.4.3.2 ALCANCE**

Mejorar la definición y potencial de provincias geológicas que contiene importantes recursos minerales. La exploración regional se sustentará en conocimiento temático especializado en lo geológico, geoquímico, geofísico y metalogénico, cuya combinación permitirá identificar zonas con mejor potencial prospectivo. Incluye las investigaciones de Anomalías Geobotánicas (ver detalles en Área Temática 5).

#### **2.1.4.4 LÍNEA DE ACCIÓN 3: BENEFICIO DE MINERALES Y GEOMETALURGIA**

##### **2.1.4.4.1 DEFINICIÓN**

El beneficio de minerales, también entendido como extracción y transformación del mineral o minerales valiosos, está íntimamente relacionado con procesos geometalúrgicos que propenden por el aprovechamiento eficiente y sostenible de los minerales.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



#### **2.1.4.4.2 ALCANCE**

El beneficio de minerales y la geometalurgia son prácticas que integran el conocimiento geológico, estadístico, mineralógico y metalúrgico con el objetivo de crear modelos para la extracción y efectivo procesamiento de minerales.

#### **2.1.4.5 LÍNEA DE ACCIÓN 4: MINERALES Y ENTORNO NATURAL**

##### **2.1.4.5.1 DEFINICIÓN**

La existencia de yacimientos minerales y su aprovechamiento conllevan procesos naturales e industriales que deben ser estudiados y comprendidos para preservar el equilibrio del entorno natural en el que existen.

##### **2.1.4.5.2 ALCANCE**

La existencia de yacimientos minerales confiere condiciones particulares al territorio en el que existen, de tal modo que el estudio de dichas condiciones permite entender su influencia en los ecosistemas y planear el uso del territorio que los alberga.

De otro lado, la extracción y aprovechamiento de los recursos minerales, generan procesos, efectos y materiales residuales que modifican y alteran el entorno natural. El estudio y entendimiento de lo anterior permitirá implementar medidas y tecnologías que minimicen los efectos negativos y maximicen los aspectos positivos que se generan en todo el ciclo de aprovechamiento de minerales.

Esta línea incluye las investigaciones de Geología Médica (ver detalles en Área Temática 5).

### **2.2 RECURSOS ENERGÉTICOS**

#### **2.2.1 EXPOSICIÓN GENERAL**

Históricamente el país ha estado avocado más de una vez al desabastecimiento de recursos energéticos. Según expertos, bajo la situación actual, poseemos reservas de petróleo y gas extraíbles con las condiciones de mercado para 6.8 años, lo que representa una alta vulnerabilidad en términos de sostenibilidad fiscal y económica en el corto plazo.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



El aumento en el conocimiento geológico del país y la evaluación de nuevos conceptos exploratorios y tecnologías, sin duda son fundamentales para lograr el aumento de las reservas tanto de aceite como de gas y de incrementar la cobertura energética nacional.

La investigación para el uso, implementación y optimización de energías renovables y no renovables debe ser parte de la política pública para garantizar el abastecimiento energético nacional en el mediano y largo plazo. El modelo de sostenibilidad debe ajustarse a lo promovido por las mesas nacionales e internacionales que han surgido, en las que se establece el compromiso y participación del país en los pactos para la reducción y mitigación de emisiones que tienen impacto en los efectos del cambio climático.

El uso de energías renovables en el país es tan sólo del 3%, y no todo el país cuenta con suministro eléctrico de calidad, según el BID, alrededor del 60% del territorio nacional no está conectado a la red eléctrica. Adelantar investigación en fuentes alternativas contribuirá a diversificar la canasta energética y garantizar el suministro de los materiales que se requieren para ello.

### **2.2.2 DEFINICIÓN**

Los recursos energéticos se obtienen de los materiales de los cuales podemos obtener energía a través de diversos procesos. Dentro de estos podemos enunciar los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural), los combustibles nucleares (por ejemplo, plutonio y uranio), o la utilización de recursos naturales renovables (agua, radiación solar, viento, olas, energía geotérmica).

### **2.2.3 ALCANCE**

Contribuir con la sostenibilidad energética nacional independientemente del mecanismo que se emplee para la obtención de energía, con la búsqueda de elementos y minerales necesarios para su instalación, construcción, montaje y puesta en funcionamiento de una matriz energética auto sostenible. El común denominador es el suministro de materia prima relacionada con los materiales que se obtienen de la explotación racional de los recursos.

### **2.2.4 LÍNEAS DE ACCIÓN**

#### **2.2.4.1 JUSTIFICACIÓN**

Se requiere la construcción de conocimiento y fortalezas en investigación para aportar técnicamente los insumos que permitan definir el potencial real de los recursos, el uso adecuado y sostenible de los yacimientos no convencionales, el incremento del conocimiento en las cuencas costa afuera con el objetivo de identificar oportunidades exploratorias y romper paradigmas que



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



permitan aumentar las reservas, y así garantizar el abastecimiento de los recursos, además de contribuir con la implementación y uso masivo de energías alternativas para suplir la demanda energética nacional.

#### **2.2.4.2 LÍNEA DE ACCIÓN 1: ANÁLISIS DE CUENCAS SEDIMENTARIAS**

##### **2.2.4.2.1 DEFINICIÓN**

El análisis de cuencas sedimentarias tanto en el continente, como costa afuera, comprendería el estudio de la estratigrafía de secuencias, análisis paleogeográficos y de procedencia, evolución térmica, modelado de roca y fluidos, reconstrucciones estructurales, caracterización de los sistemas petrolíferos y quimio-estratigrafía, entre otros.

##### **2.2.4.2.2 ALCANCE**

De acuerdo a las necesidades del país, hacer estudios integrados a largo plazo que permitan conocer los sistemas petrolíferos de las cuencas emergentes y frontera para poder cuantificar los recursos y reservas existentes con base en información geológica, geoquímica y geofísica de las cuencas y no con modelos comparados o interpolaciones, y garantizar la sostenibilidad en el mediano plazo.

#### **2.2.4.3 LÍNEA DE ACCIÓN 2: YACIMIENTOS NO CONVENCIONALES**

##### **2.2.4.3.1 DEFINICIÓN**

La Agencia Nacional de Hidrocarburos define los Yacimientos No Convencionales como formaciones rocosas con baja permeabilidad primaria a la que se debe realizar estimulación para mejorar las condiciones de movilidad y recobro de hidrocarburos: acumulaciones de petróleo en formación rocosa con baja permeabilidad, presión anormal, que se extienden en un área amplia y que no están afectados significativamente por influencias hidrodinámicas. Los Yacimientos No Convencionales típicos a trabajar por el grupo incluyen, arenas y carbonatos apretados, gas y petróleo de shales, arenas bituminosas, hidratos de metano, entre otros.

##### **2.2.4.3.2 ALCANCE**

Contribuir con el mapeo, la caracterización y cuantificación de los recursos no convencionales en el país a través de técnicas aplicables a las condiciones locales.



#### **2.2.4.4 LÍNEA DE ACCIÓN 3: GEOLOGÍA DE PRODUCCIÓN**

##### **2.2.4.4.1 DEFINICIÓN**

Los procesos de geología de producción incluyen los métodos que usan fuentes externas de energía y/o materiales para recuperar el hidrocarburo que no puede ser producido económicamente por medios convencionales. Dentro de ellos se encuentran métodos químicos, térmicos, miscibles y de inyección. Además, adelantar la caracterización de la roca y sus características petrofísicas, mecánicas y físicas que permitan la obtención óptima de los recursos.

##### **2.2.4.4.2 ALCANCE**

Contribuir a la incorporación de reservas y extracción de las existentes con el incremento del conocimiento del comportamiento petrofísico, mecánico y físico de los yacimientos.

#### **2.2.4.5 LÍNEA DE ACCIÓN 4: NUEVAS TECNOLOGÍAS**

##### **2.2.4.5.1 DEFINICIÓN**

Las nuevas tecnologías hacen referencia a los desarrollos recientes e innovadores con respecto a lo existente. La noción supone la puesta en práctica del conocimiento científico para satisfacer las necesidades humanas.

En particular, la implementación de tecnologías de punta ha permitido la detección de nuevos recursos, así como la ejecución de proyectos exploratorios y de producción, que en otros escenarios se catalogarían como marginales e incluso inviables en lo económico.

##### **2.2.4.5.2 ALCANCE**

El estar al tanto de los métodos más recientes, haciendo una evaluación sistemática de los mismos y una validación para su implementación y calibración a condiciones locales, abre la posibilidad de optimizar la exploración y explotación, estando constantemente a la vanguardia como lo requiere el país.

#### **2.2.4.6 LÍNEA DE ACCIÓN 5: FUENTES ALTERNATIVAS DE ENERGÍA**

##### **2.2.4.6.1 DEFINICIÓN**

Existen diferentes visiones, pero en aras de darle amplitud al concepto, serán consideradas todas las fuentes de energía que no implican la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo).





UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



#### **2.2.4.6.2 ALCANCE**

Se pretende dar particular importancia y énfasis a la energía geotérmica y contribuir a la búsqueda y extracción de los materiales requeridos para la implementación de las otras fuentes alternativas de energía.

### **2.3 RECURSOS HÍDRICOS**

#### **2.3.1 EXPOSICIÓN GENERAL**

Los proyectos de investigación y exploración de aguas subterráneas a realizarse en el país están orientados a conocer sistemáticamente la oferta y 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, pero también en el resto del territorio nacional.

Además de lo anterior, deberá evaluarse su potencial y dinámica dentro del medio poroso y fracturado en el subsuelo, para entender su interrelación con las aguas superficiales e influencia en los demás componentes del medio físico con el cual interactúa.

La investigación y exploración de los recursos hídricos subterráneos busca avanzar en la formulación de los modelos hidrogeológicos conceptuales, en la cartografía hidrogeológica regional, la perforación y construcción de pozos exploratorios para validar los modelos propuestos y la consolidación de un sistema de información del agua subterránea.

#### **2.3.2 DEFINICIÓN**

Se refiere en este caso al agua subterránea, que en general es aquella que se encuentra en el subsuelo, bajo el nivel freático, y almacenada en las formaciones geológicas consolidadas y no consolidadas. Se le considera un recurso, pero más que eso es parte del ciclo hidrológico y por tanto debe considerarse en las evaluaciones integrales de los recursos de agua en una cuenca dada, así como en la evaluación regional de la contaminación ambiental. Por lo tanto, es parte muy importante del ambiente natural y de los impactos que en él se causen.

En el contexto ingenieril juega un papel tanto en la estabilidad de taludes como en la subsidencia del terreno. También es clave para entender una variedad de procesos geológicos: generación de terremotos, migración y acumulación de hidrocarburos y la génesis de algunos tipos de depósitos minerales, tipos de suelos y geoformas.



### 2.3.3 ALCANCE

Cubrir a diferente detalle el territorio nacional en términos de evaluación del recurso hídrico subterráneo, dependiendo del estado de desarrollo del mismo, proyecciones de desarrollo, prevención/identificación de consecuencias indeseables que lo deterioren, las cuales hayan surgido durante su desarrollo a diferente grado o que pudieran hacerlo a futuro.

### 2.3.4 LÍNEAS DE ACCIÓN

- Investigación hidrogeológica regional para la formulación de los modelos hidrogeológicos conceptuales
- Cartografía hidrogeológica regional para sistemas acuíferos estratégicos del país.
- Vulnerabilidad de sistemas acuíferos (incluye delimitación de zonas de recarga, fuentes y vías de contaminación, sistemas de reinyección en actividades productivas, sobreexplotación, cambios climáticos extremos, etc.)

#### 2.3.4.1 JUSTIFICACIÓN

Es indiscutible la importancia del agua subterránea como el mayor componente de agua dulce disponible para cualquier uso, con muchas ventajas en distribución, almacenamiento, calidad, cantidad y seguridad sobre las aguas superficiales. También esta parte del recurso agua se constituye en insustituible por sus servicios ecológicos, como eje de ordenamiento territorial y la alta probabilidad de mejorar ostensiblemente con su uso la calidad de vida de los humanos especialmente en áreas alejadas de la infraestructura de acueductos.

Frente a este panorama de ventajas de su uso adecuado se encuentra la realidad colombiana de un porcentaje demasiado bajo de área territorial donde haya algún tipo de evaluación sistemática de este recurso (15 – 18% del territorio) versus las nuevas expectativas y necesidades de mejoras para la nación y en cuanto al desarrollo económico que se deben dar en el llamado post-conflicto, y también dadas las precarias condiciones de abastecimiento de agua para consumo humano en la inmensa mayoría de los núcleos poblados del país.

#### 2.3.4.2 LÍNEA DE ACCIÓN 1: INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA REGIONAL

##### 2.3.4.2.1 DEFINICIÓN

La investigación hidrogeológica regional es la base para la formulación de los modelos hidrogeológicos regionales de Sistemas Acuíferos Estratégicos del país.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



Dicho detalle de escala regional debe incluir la caracterización de las unidades hidroestratigráficas que se identifiquen, los límites de la cuenca subterránea y sus correspondientes modelos hidrogeológicos conceptuales.

#### **2.3.4.2.2 ALCANCE**

La formulación de los modelos hidrogeológicos para sistemas acuíferos regionales estratégicos del país permiten conocer el potencial de ese recurso (reservas) y sus interrelaciones dinámicas con el medio físico del que hace parte, mediante el uso de herramientas de exploración como sensores remotos, geofísica, hidroquímica, isotopía, balance hídrico subterráneo, perforación exploratoria, inventarios de puntos de agua, pruebas de bombeo, entre otros.

#### **2.3.4.3 LÍNEA DE ACCIÓN 2: CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS ACUÍFEROS DE IMPORTANCIA ESTRATÉGICA**

##### **2.3.4.3.1 DEFINICIÓN**

La representación de los modelos hidrogeológicos de los sistemas acuíferos estratégicos del país se realizan a partir de la cartografía hidrogeológica del territorio nacional a escalas 1:50.000 y 1:100.000, en las regiones donde dicho detalle de cartografía geológica ya existe y está definido el modelo geológico, estructural y estratigráfico correspondiente.

##### **2.3.4.3.2 ALCANCE**

Realizar investigación sobre los sistemas hidrogeológicos a partir de la cartografía hidrogeológica regional del territorio colombiano a escalas 1:100.000 y 1:50.000 y desarrollar el modelo hidrogeológico a partir del atlas hidrogeológico de Colombia a escala 1:500.000.

#### **2.3.4.4 LÍNEA DE ACCIÓN 3: VULNERABILIDAD Y RIESGO A LA CONTAMINACIÓN DE SISTEMAS ACUÍFEROS**

##### **2.3.4.4.1 DEFINICIÓN**

La evaluación del estado de los sistemas acuíferos en regiones donde desarrolla su aprovechamiento en cualquier medida permite modelar su estado y planear su futuro. Su evaluación incluirá la delimitación de sus zonas de recarga, magnitud, fuentes, vías y cargas de contaminación, sistemas de reinyección en actividades extractivas, sobreexplotación, intrusión



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



marina, influencia de cambios climáticos extremos, subsidencia y otros efectos indeseables derivados del uso intensivo del recurso.

#### **2.3.4.4.2 ALCANCE**

Delimitar áreas vulnerables calificándolas de menor a mayores grados, dependiendo de la metodología aplicada, la cual a su vez dependerá de la disponibilidad de información para obtener los parámetros requeridos a las escalas adecuadas dependientes de los tipos de acuíferos a estudiar.

### **3. ÁREA TEMÁTICA: GEODINÁMICA INTERNA Y EXTERNA**

#### **3.1 GEODINÁMICA INTERNA**

##### **3.1.1 EXPOSICIÓN GENERAL**

El territorio colombiano se constituye en un importante laboratorio natural donde se desarrollan complejos procesos volcánicos y tectónicos. Estos procesos desencadenan efectos sobre masas de suelos y macizos rocosos en laderas, así como en cuerpos de agua confinados a no-confinados, que generan impactos sobre comunidades de diversa capacidad de resiliencia. En efecto, las erupciones volcánicas con sus productos (cenizas, lluvias piroclásticas y lahares), sismos y su capacidad para amplificar fuerzas, inestabilizar laderas y provocar tsunamis, han impactado severamente diversas regiones del país a través de la historia.

El trabajo colaborativo entre el Servicio Geológico Colombiano y la Universidad Nacional de Colombia, en el marco del CEG, permitirá coordinar actividades sobre temas de relevancia e impacto científico nacional e internacional. De manera particular, la aplicación del conocimiento en procesos geodinámicos en el área de Geoamenazas podría beneficiarse y potenciar su desarrollo con la puesta en marcha de esta iniciativa de cooperación científica. Es de esperarse que diversas preguntas sobre fenómenos sísmicos, tectónicos, volcánicos y geotécnicos puedan ser abordadas con mayor efectividad al compartir recursos humanos y de infraestructura. Por ejemplo, gracias al arreglo actual de la Red Sismológica Nacional de Colombia y las redes de monitoreo volcánico por parte del SGC, así como de la Red de Estaciones Geofísicas Multiparamétricas de la Universidad Nacional de Colombia, la naturaleza de ciertas fuentes sísmicas y volcánicas en el País podrá ser analizadas de manera más efectiva.

##### **3.1.2 DEFINICIÓN**



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



Los procesos geodinámicos guardan una relación directa con las amenazas de tipo geológico en el territorio nacional y son indispensables para su caracterización y evaluación. El país es un laboratorio natural para estudiar los terremotos, volcanes, y tsunamis, y los movimientos en masa, en gran parte por su ubicación en un complejo arreglo de placas tectónicas. Adicionalmente, el entendimiento de los procesos geodinámicos provee las herramientas para definir numerosas temáticas no solamente en amenazas de origen geológico, sino también en la identificación de recursos naturales.

### **3.1.3 ALCANCE**

Contribuir con el entendimiento de los procesos geodinámicos internos que han moldeado nuestro territorio nacional, que generan las geoamenazas: los terremotos y erupciones volcánicas y otros procesos externos como movimientos en masa. Para un mejor modelamiento de la amenaza, se requiere una mayor comprensión de la estructura interna de la Tierra, de los mecanismos físicos involucrados en las geoamenazas y sus efectos en la infraestructura y distribución de la población. Para llevar a cabo esto, se busca continuar y potenciar las capacidades de un continuo monitoreo de los procesos geológicos actuales y el estudio de los procesos en el pasado.

### **3.1.4 JUSTIFICACIÓN**

El entendimiento de los procesos geodinámicos y la amenaza que ellos representan en la comunidad requiere de un estudio de los procesos observados en el territorio nacional, los procesos físicos que los expliquen y su comportamiento espacial y temporal para así mejorar nuestra capacidad de pronóstico de la ocurrencia y de los efectos de los mismos.

### **3.1.5 LÍNEAS DE ACCIÓN**

#### **3.1.5.1 JUSTIFICACIÓN**

El sur de Colombia muestra un ambiente tectónico similar al que se encuentra en Chile, una zona de subducción. Sin embargo, en el norte, los procesos y la historia tectónica son más complejos y no hay actualmente un consenso en la comunidad científica sobre la subducción al norte, la interacción con la Placa Caribe y el bloque de Panamá. Se busca combinar información geológica, geofísica, sismológico, de GPS, de geocronología para obtener un modelo consistente de la distribución de placas y procesos geodinámicos en el territorio nacional y nos ayude a mejorar nuestro entendimiento de los procesos internos y sus efectos.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



### **3.1.5.2 LÍNEA DE ACCIÓN 1: ESTRUCTURA INTERNA Y TECTÓNICA EN EL NORTE DE SURAMÉRICA**

#### **3.1.5.2.1 DEFINICIÓN**

Se requiere de un modelo de alta resolución de las estructuras geológicas. A escala regional y local, estos modelos son fundamentales para poder hacer una evaluación de prospección de recursos de hidrocarburos, minerales, como también amenazas de origen geológico.

#### **3.1.5.2.2 ALCANCE**

Hacer estudios geofísicos de alta resolución de las estructuras geológicas, tanto en escala local y regional, incluyendo la instalación de redes temporales para cumplir con estos fines. Investigaciones petrológicas, geoquímicas y vulcanológicas complementaran la información necesaria para definir los ambientes tectónicos presentes en esta región del país. Los resultados incluyen publicaciones de alto impacto en revistas especializadas y mejoramiento de la información de amenaza sísmica y de otros tipos.

### **3.1.5.3 LÍNEA DE ACCIÓN 2: MECANISMOS DE TERREMOTOS**

#### **3.1.5.3.1 DEFINICIÓN**

No todos los terremotos son iguales, y en Colombia hay terremotos superficiales, terremotos cerca de la zona de subducción y terremotos profundos asociados a la zona de Benioff. La caracterización de los terremotos tiene importantes implicaciones en nuestro entendimiento y el potencial para mejorar nuestra capacidad de modelamiento de la amenaza sísmica o potencial desarrollo de herramientas de alerta temprana.

#### **3.1.5.3.2 ALCANCE**

Contribuir con el estudio de la física de terremotos y su relación con la reología de la litósfera y el manto en el territorio nacional. Las ecuaciones de predicción de movimiento fuerte (GMPEs por sus siglas en inglés) actualmente usan información de los terremotos (no sólo la magnitud) para un mejor modelamiento y mapa de amenaza. Temas a tratar incluyen la sismicidad natural, la sismicidad inducida por la actividad antropogénica y el monitoreo de zonas de no-convencionales.

### **3.1.5.4 LÍNEA DE ACCIÓN 3: VULCANOLOGÍA**



#### **3.1.5.4.1 DEFINICIÓN**

El volcanismo tiene expresiones diversas en términos de productos (rocas, depósitos y emplazamientos, fluidos gaseosos y líquidos), geoformas, estilos de actividad, beneficios y amenazas. El entorno geológico colombiano ofrece incontables posibilidades de investigar muchas de estas expresiones en virtud de la ocurrencia de centros volcánicos recientes y antiguos distribuidos en una amplia región de Colombia (más de 30 volcanes activos y múltiples centros volcánicos por definir). La cooperación en investigación acerca de la ciencia de los volcanes es de carácter interinstitucional, multidisciplinar local e internacional.

#### **3.1.5.4.2 ALCANCE**

Realizar estudios acerca de una amplia variedad de temas incluyendo geología y estratigrafía de depósitos volcánicos, distribución espacial de productos eruptivos, morfología y morfometría de volcanes, geoquímica de rocas volcánicas (elementos mayores, menores y traza), isotopía en volcanes, texturas de rocas volcánicas y alteraciones, manifestaciones geofísicas de actividad magmática y volcánica, física de procesos magmáticos y volcánicos, geotermia, beneficios industriales, comerciales y culturales del volcanismo, interacciones volcano-tectónicas. Con esto se aportará al entendimiento del volcanismo en nuestro entorno y al impacto del fenómeno en la sociedad.

### **3.2 GEODINÁMICA EXTERNA**

#### **3.2.1 EXPOSICIÓN GENERAL**

Se refiere a los procesos geológicos que se materializan en la superficie terrestre, que son generados por la interacción de la Atmósfera, la Hidrosfera, la Biósfera, y la Tierra Sólida. Se incluye dentro de la geodinámica externa los procesos de meteorización, erosión, transporte y sedimentación y las actividades antropogénicas que moldean la superficie de la Tierra hoy y durante el Cuaternario.

#### **3.2.2 DEFINICIÓN**

Se requiere estudiar todos los procesos geológicos operando en la superficie terrestre, que moldean y determinan el entorno donde se desarrolla la vida. Estos procesos determinan eventos que representan severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en bienes, sustento, e infraestructura generando Amenazas Geológicas o Geoamenazas. Su evaluación involucra la caracterización del evento y entre otras, la estimación de la probabilidad de ocurrencia de un evento (sea sísmico, volcánico, deslizamiento, etc.). El Riesgo por su parte se define como la cuantificación de las pérdidas esperadas (ambientales, humanas, o de



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



infraestructura entre otras) en un espacio de tiempo y en una región o área, como consecuencia de la materialización de una amenaza de tipo geológico. En ese sentido, el riesgo depende tanto de la probabilidad de que se produzca una amenaza geológica, como de los elementos expuestos que puedan verse afectados por el evento (vulnerabilidad).

### **3.2.3 ALCANCE**

Contribuir a la determinación del comportamiento espacio-temporal de los procesos geológicos que operan en la superficie terrestre y generan las amenazas geológicas (terremotos, volcanes, lluvias, etc.) y su potencial como detonante de otras amenazas. Esto requiere el estudio del comportamiento de los procesos geodinámicos con métodos estadísticos robustos y adaptados a las características del país. Para la evaluación cualitativa y cuantitativa del riesgo se requiere además la caracterización y ubicación de los entes que puedan verse afectados y desarrollar un marco teórico para la evaluación del riesgo.

### **3.2.4 JUSTIFICACIÓN**

El entendimiento de los procesos geodinámicos externos, los detonantes de los mismos, sean estos por geodinámica interna, procesos atmosféricos o actividad antropogénica, son de vital importancia para el país. Una mejor y cuidadosa evaluación de la amenaza y el riesgo físicos son entonces fundamentales. Igualmente, comprender los procesos que han actuado en la superficie durante el Cuaternario nos pueden servir para entender los procesos en el pasado y poder realizar predicciones basadas en evidencia de los procesos que se pueden esperar en el futuro.

### **3.2.5 LÍNEAS DE ACCIÓN**

#### **3.2.5.1 JUSTIFICACIÓN**

Con esta temática general, y trabajo conjunto, se pueden articular Líneas de Acción en Geodinámica Externa, entre los especialistas de la Universidad Nacional de Colombia y el Servicio Geológico Colombiano. En lo correspondiente a la parte sísmica, interactuaríamos con los de Geodinámica Interna en lo pertinente a la probabilidad de ocurrencia en el Espacio-Tiempo de sismos, en lo pertinente a Lluvias con los expertos en Atmósfera y Recursos Hídricos y en el tema de Labores Mineras con el grupo de Recursos Minero-Energéticos. En la parte de riesgo físico, se interactuaría en la parte conceptual y práctica que conlleve a desarrollar el marco teórico para establecer guías metodológicas para la evaluación cuantitativa o cualitativa del riesgo ante las diferentes amenazas de interés mutuo o aquellas que se prioricen. También se incluye en esta temática general el estudio de los procesos moldeadores de la superficie de la Tierra que están actuando hoy en día y los que han actuado durante el Cuaternario.





### **3.2.5.2 LÍNEA DE ACCIÓN 1: CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS GEOLÓGICOS SUPERFICIALES**

#### **3.2.5.2.1 DEFINICIÓN**

Es importante el estudio de la interacción del agua, las rocas y la atmósfera, que ha producido cambios ambientales en la superficie de la tierra. Esto incluye los procesos de amenazas geológicas y los procesos de meteorización, formación y química de suelos y paleosuelos, transporte y sedimentación durante el tiempo reciente (Cuaternario) y que nos sirve como herramienta para entender el pasado.

#### **3.2.5.2.2 ALCANCE**

Los procesos y mecanismos que actúan en la superficie de la Tierra, los cuales comprenden los procesos que originan las amenazas, deben ser estudiados, para determinar su comportamiento espacio-temporal y su relación con detonantes como pueden ser las lluvias, procesos geodinámicos internos o la actividad antropogénica. Adicionalmente el estudio de los procesos superficiales durante el Cuaternario puede ayudar al estudio de cambios climáticos, cambios en la química de los suelos y procesos de erosión y sedimentación en diferentes ambientes geológicos.

### **3.2.5.3 LÍNEA DE ACCIÓN 2: ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE AMENAZAS Y VULNERABILIDAD FÍSICA**

#### **3.2.5.3.1 DEFINICIÓN**

Todos los procesos geológicos que generen eventos que se presenten con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en bienes, sustento, e infraestructura generando Amenazas Geológicas, se estudian y caracterizan debido a que en su entorno se ubican diferentes tipos de elementos expuestos, los cuales tienen diferentes condiciones y posibilidades de ser afectados ante la materialización de esas amenazas. Dada la variedad de condiciones de vulnerabilidad, el enfoque se dará hacia el aspecto físico, teniendo en cuenta aspectos cuantitativos y cualitativos, relacionados con la exposición y la resistencia de los elementos, dirigiendo las investigaciones principalmente hacia fenómenos que tengan la condición de mitigación estructural o física, es decir aquellos que no estén catalogados con severidad máxima. Al relacionar la intensidad de los fenómenos considerados en cuanto a su energía, volumen o deformación, con la fragilidad de los elementos físicos expuestos, se pueden establecer unos niveles de daño para cada elemento, y con base en estos niveles de daño se definen las categorías de vulnerabilidad física que permiten realizar los mapas de zonificación de vulnerabilidad.



### 3.2.5.3.2 ALCANCE

Partiendo de la comprensión de los procesos que generan amenazas y la caracterización de esas geoamenazas, los estudios deben enfocarse hacia aspectos como inventario y caracterización de los elementos expuestos, tipos de daño o efectos esperados, evaluación y categorización de la vulnerabilidad.

La caracterización y tipificación de elementos expuestos, debe realizarse buscando generalizaciones que permitan una mayor y mejor cobertura regional o local, para luego abordar funciones de vulnerabilidad. La vulnerabilidad es función de la Fragilidad de los elementos y de la intensidad del elemento amenazante y se puede expresar mediante curvas del grado de daño, en función de la intensidad, que generalmente se modelan como una relación de daño total calificado como 1 (100% de daño o destrucción total) o no daño calificado como 0 (0% de daño).

### 3.2.5.4 LÍNEA DE ACCIÓN 3: ANÁLISIS DE RIESGO FÍSICO

#### 3.2.5.4.1 DEFINICIÓN

Dado que el riesgo está relacionado con la probabilidad de que se causen efectos adversos y consecuencias negativas en los bienes materiales, aspecto social y ambiental, existe una necesidad implícita, para la toma de decisiones, de desarrollar análisis que permitan su estimación cuantitativa, en este caso enfocada al análisis de riesgo físico.

El cálculo del riesgo puede llevarse a cabo, en forma determinística, evaluando el impacto probable con base en un solo evento o escenario, o aleatoriamente integrando el análisis de escenarios múltiples, cada uno con una frecuencia de ocurrencia dada, para obtener así una estimación genérica del riesgo. Otra manera de realizar el análisis es probabilista, tratando de determinar la distribución de probabilidad de las pérdidas en los elementos expuestos ante la amenaza en consideración, teniendo en cuenta las incertidumbres que existen en las distintas partes del proceso.

#### 3.2.5.4.2 ALCANCE

La evaluación del riesgo permite identificar unas condiciones probables que se puedan generar y que se pretende intervenir con el objeto de reducir el riesgo cuyo resultado se ha presentado en términos cuantitativos. Los criterios fijados para la aceptabilidad del riesgo en bienes físicos se pueden basar en comparaciones de pérdidas anuales.



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



Dependiendo de la categorización del riesgo físico, se pueden establecer criterios para definir los niveles de riesgo inaceptable, tolerable en ciertas circunstancias o aceptable, de acuerdo a las regulaciones existentes y a los procesos sociales que se generen con las comunidades involucradas. Por otra parte, es posible plantear medidas de intervención prospectiva, correctiva o prescriptiva para cada categoría de riesgo.

## **4. ÁREA TEMÁTICA: PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO**

### **4.1 EXPOSICIÓN GENERAL**

El patrimonio geológico es una parte importante del patrimonio natural y posee valor por sí mismo, por lo que debe ser conservado. Muchos elementos geológicos poseen interés científico y/o didáctico, que los hace destacar del resto. De su estudio se encargan las investigaciones de geo diversidad y de patrimonio geológico, áreas de investigación recientemente incorporadas al ámbito de la Geología. Los elementos geológicos y paleontológicos de especial interés son una parte importante del patrimonio, y son por lo tanto un bien común. La destrucción de este patrimonio es irreversible y conlleva a la pérdida de una parte de la historia de la Tierra, dejando a las generaciones futuras sin la posibilidad de conocer parte de su evolución y de su historia. Por eso, la conservación del patrimonio geológico constituye una responsabilidad y una obligación por parte de las administraciones públicas y de la sociedad en general

El patrimonio geológico y paleontológico, y la geoconservación surgen como resultado de entender el papel de la sociedad y su relación con la Tierra hoy en día esta relación se considera un derecho, y un deber, y la protección del medio ambiente se ve como una manera de promover un desarrollo sostenible.

Es indiscutible que la identificación, caracterización y el manejo de los elementos patrimoniales deben basarse en el conocimiento integrado de la geología del país, para esto el SGC y La Universidad Nacional cuentan con profesionales expertos en áreas como paleontología, mineralogía, petrología, estratigrafía, y geología, que están estrechamente relacionadas con la identificación y gestión del patrimonio geológico y paleontológico. El Centro de Excelencia se convierte en un camino para llevar a cabo proyectos conjuntos que permitirán el desarrollo sostenible de las comunidades con una adecuada gestión del patrimonio geológico y paleontológico.



## 4.2 DEFINICIÓN

El Patrimonio Geológico y Paleontológico consiste en el conjunto de recursos naturales y lugares geológicos con valor científico, cultural y/o educativo. Pueden ser formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar nuestro planeta y su historia.

La geoconservación incluye las acciones, técnicas y medidas desarrolladas para asegurar la conservación del patrimonio (yendo hasta la rehabilitación), y se fundamenta en el estudio de su significado particular, el grado de vulnerabilidad en el que se encuentra y el riesgo de destrucción en su entorno.

## 4.3 ALCANCE

El objetivo principal del estudio del patrimonio geológico es identificar los elementos con mayor valor para promover su conservación y facilitar su utilización y disfrute sostenibles. El patrimonio paleontológico tiene un interés social y cultural muy importante que los hace susceptibles de ser expoliados, el objetivo de los proyectos es promover la conservación y protección al tiempo que se realiza la apropiación social del conocimiento científico.

El Centro de Excelencia debe llevar a cabo proyectos que repercutan en la conservación de los elementos geológicos, no sólo para evitar la destrucción, sino también para prevenir, corregir o minimizar los efectos del entorno actual. Se espera que los proyectos generen un efecto multiplicador en el conocimiento del patrimonio geológico y paleontológico colombiano.

## 4.4 LÍNEAS DE ACCIÓN

Se contemplan las siguientes líneas de acción:

- a. Estudios temáticos, en áreas especializadas de patrimonio
- b. Desarrollo de modelos de gestión y conservación del patrimonio geológico y paleontológico
- c. Exploración, caracterización e investigación de yacimientos paleontológicos del país

### 4.4.1 JUSTIFICACIÓN

Las líneas de acción propuestas potenciarán el desarrollo en la gestión integral del patrimonio geológico y paleontológico de Colombia al contar con especialistas en geociencias; estas líneas de acción involucrarán adicionalmente diversos actores sociales y académicos de variadas áreas del conocimiento alrededor del estudio, divulgación y conservación del patrimonio geológico y paleontológico. Los proyectos desarrollados en estas líneas de acción contribuirán



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



significativamente a las dinámicas nacionales de conservación, uso y manejo del patrimonio natural.

#### **4.4.2 LINEA DE ACCION 1: ESTUDIOS TEMÁTICOS, EN ÁREAS ESPECIALIZADAS DE PATRIMONIO**

##### **4.4.2.1 DEFINICIÓN**

Esta línea de acción contará con un grupo de profesionales expertos en diferentes áreas de las Geociencias como mineralogía, geomorfología, estratigrafía, paleontología y otras que en conjunto conforman el patrimonio geológico. Su objetivo es profundizar en la metodología ya establecida para la valoración del patrimonio geológico y paleontológico del país, ajustando la metodología a la diversidad geológica del territorio colombiano.

##### **4.4.2.2 ALCANCE**

Se profundizará en la metodología de valoración del patrimonio geológico y paleontológico establecida oficialmente, generando mejoras conceptuales en la valoración y resaltando la diversidad de procesos y registros geológicos con los que cuenta el país.

#### **4.4.3 LINEA DE ACCION 2: DESARROLLO DE MODELOS DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO COLOMBIANO**

##### **4.4.3.1 DEFINICIÓN**

La protección y conservación de la riqueza patrimonial del país contribuye al desarrollo social y cultural de Colombia, por ello las actividades de gestión y conservación del patrimonio geológico y paleontológico ameritan la aplicación de grandes esfuerzos que vinculan al estado, la industria y la academia, dando lugar a planes de gestión integral de los recursos patrimoniales geológicos y paleontológicos. Tomando en cuenta lo anterior el Centro de Excelencia generará investigación en la gestión y conservación del patrimonio que permita fomentar y promover el estudio y conservación de dicho patrimonio.

##### **4.4.3.2 ALCANCE**

Se desarrollarán modelos de gestión y conservación de patrimonio, tomando en cuenta la riqueza patrimonial conocida, los nuevos descubrimientos del patrimonio nacional y la interlocución y discusión de los diferentes actores sociales, gubernamentales y académicos. Como fruto de las



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



investigaciones se estimulará el compromiso de las sociedades en la conservación y divulgación del patrimonio del país.

#### **4.4.4 LÍNEA DE ACCIÓN 3: EXPLORACIÓN, CARACTERIZACIÓN E INVESTIGACIÓN DE YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS DEL PAÍS**

##### **4.4.4.1 DEFINICIÓN**

El patrimonio paleontológico de Colombia representa la historia evolutiva de la fauna y flora que habita en la actual Colombia; por ello tiene una elevada importancia entre los elementos que constituyen el patrimonio de la nación. Para avanzar eficazmente en la protección del patrimonio paleontológico del país el grupo de expertos en paleontología del Centro de Excelencia en Geociencias, propondrá proyectos de prospección, caracterización e investigación de los yacimientos paleontológicos del país.

##### **4.4.4.2 ALCANCE**

En esta línea de acción se desarrollarán proyectos para explorar la riqueza paleontológica del país y caracterizar importantes yacimientos paleontológicos de Colombia. Los diferentes productos obtenidos generarán nuevo conocimiento acerca de la riqueza paleontológica y las estrategias de divulgación y conservación del patrimonio paleontológico en diferentes niveles académicos y sociales.

## **5. OTROS TEMAS DE INVESTIGACIÓN**

### **5.1 EXPOSICION GENERAL**

Se incluyen aquí algunos temas relativamente novedosos como la Geología Planetaria, Geología Médica y Geología Forense, junto con otros que puedan surgir en un futuro cercano y puedan considerarse de importancia.

### **5.2 DEFINICIÓN**

Las ciencias planetarias son el conjunto de disciplinas involucradas en el estudio de la génesis y los procesos que modelan los diferentes cuerpos rocosos. Entre las disciplinas involucradas en las ciencias planetarias se encuentran la Matemática, la Física, la Química, la Biología y la Geología. De entre todas estas, la importancia de esta última radica en que nos permite entender el origen,



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



SERVICIO  
GEOLOGICO  
COLOMBIANO



100 años  
Geociencias  
1916-2016



MINMINAS

TODOS POR UN  
NUEVO PAÍS  
POR EDUCACIÓN

evolución y desarrollo de un cuerpo rocoso a partir de la comparación y formulación de análogos fundamentados en las observaciones del planeta Tierra.

La Geología médica estudia las relaciones entre los procesos y materiales geológicos y la salud de los seres vivos. Permite la identificación de enfermedades ocasionadas por la exposición a materiales tales como minerales o fuentes radiactivas, así como también la aplicación de minerales y otros materiales terrestres en la elaboración de productos farmacéuticos y/o tratamientos médicos.

La Geología Forense consiste en el estudio de las características relacionadas con la presencia de componentes en el suelo que permitan identificar relaciones de los individuos con la escena de un hecho punible. Es importante en la determinación de las alteraciones de suelo y/o geobotánicas para la detección de lugares de inhumación de seres vivos.

### **5.3 ALCANCE**

El estudio y la investigación en nuevas áreas del conocimiento permitirán el posicionamiento del país en el desarrollo de proyectos que aporten soluciones novedosas a problemas actuales del país. En general, dado que estas áreas tienen un componente interdisciplinario evidente, permitirán la integración con múltiples instancias del conocimiento haciendo posible generar un impacto mucho más universal.

### **5.4 JUSTIFICACIÓN**

Se requiere el fortalecimiento interinstitucional en temas que tradicionalmente no han sido el foco de la investigación en el país pero que empiezan a cobrar importancia en el conocimiento de los procesos que formaron nuestro planeta, así como también el papel que deben desempeñar las Geociencias en la Medicina y otras áreas.

### **5.5 LINEAS DE ACCIÓN**

#### **5.5.1 LÍNEA DE ACCIÓN 1: GEOLOGÍA PLANETARIA**

La información disponible en el área de las ciencias planetarias abre un campo importante de investigación para el país, en relación con la posibilidad de estudiar, entre otros, fenómenos de vulcanismo que permitirían entender estos procesos en planetas y satélites donde se pueden observar directamente dichos eventos que están sucediendo actualmente o la morfología posterior al evento de manera casi inalterada. El sistema solar es en el momento un gran laboratorio al cual se tiene acceso a través de los programas de exploración de diferentes países



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



SERVICIO  
GEOLÓGICO  
COLOMBIANO



100 años  
1916 - 2016



MINMINAS

TODOS POR UN  
NUEVO PAÍS  
PAZ EQUIDAD EDUCACIÓN

que comparten información de sensores remotos obtenida por naves enviadas a dichos cuerpos celestes.

En la actualidad se desarrollan proyectos de investigación en la Universidad Nacional basados en información de misiones espaciales principalmente en Marte, Ío y Titán.

#### **5.5.1.1 DEFINICIÓN**

Las ciencias planetarias son el conjunto de disciplinas involucradas en el estudio de la génesis y los procesos que modelan los diferentes cuerpos rocosos. Entre las disciplinas involucradas en las ciencias planetarias se encuentran la Matemática, la Física, la Química, la Biología y la Geología. De entre todas estas, la importancia de esta última radica en que nos permite entender el origen, evolución y desarrollo de un cuerpo rocoso a partir de la comparación y formulación de análogos fundamentados en las observaciones del planeta Tierra.

#### **5.5.1.2 ALCANCE**

Afianzar el conocimiento de los modelos geológicos de la formación de nuestro planeta y la dinámica de volcanes que se requieren para mejorar los modelos actuales y para cuantificar la amenaza por fenómenos naturales de alto impacto.

#### **5.5.2 LÍNEA DE ACCIÓN 2: ESTRUCTURAS DE IMPACTO**

Las estructuras de impacto de meteoritos son de gran importancia en razón a que, dada la energía de dichos impactos, se han generado altas presiones y temperaturas que han dado lugar a la formación de minerales, de los cuales muchos de ellos son de importancia económica y estratégica.

Dichas estructuras no han sido estudiadas de manera extensa y solamente se han realizado investigaciones aisladas en las dos instituciones. Desde trabajos de geofísica en el Vichada como el inventario y recolección de muestras en diversos lugares, han tenido lugar, pero aún no se ha consolidado un solo eje de trabajo que logre articular dichos esfuerzos.

Es importante también la identificación de los sitios donde se encuentran restos de meteoritos con el fin de muestrearlos y llevar a cabo trabajos de clasificación y preservación de este que también es un patrimonio geológico importante. En este punto el SGC ha realizado la recopilación y análisis de sitios de posibles estructuras de impacto en el país. El impacto de un meteorito, incluso de pocos metros de diámetro, se constituye en una amenaza, poco probable pero de mucha





UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



severidad. Por lo anterior, es conveniente inventariar los impactos que hayan ocurrido en el pasado, particularmente durante el Cuaternario.

#### **5.5.2.1 DEFINICIÓN**

Las estructuras de impacto son aquellas expresiones geomorfológicas originadas por la caída de cuerpos celestes a la Tierra con características particulares. Debido a la actividad atmosférica muchas de estas evidencias han sido erosionadas y solo es posible su identificación a partir de métodos geofísicos.

#### **5.5.2.2 ALCANCE**

Registro y preservación de evidencias de impactos de meteoritos y asteroides que pudieron dar lugar a mineralizaciones de interés económico y al conocimiento de amenazas de este tipo.

### **5.5.3 LÍNEA DE ACCIÓN 3: ANOMALÍAS GEOBOTÁNICAS**

Las anomalías geobotánicas corresponden a la alteración de las firmas espectrales de la vegetación producida por las condiciones geoquímicas del suelo, que están íntimamente ligadas con la presencia de minerales, que pueden llegar a ser de interés para la exploración de dichos recursos. La gran disponibilidad de imágenes de sensores remotos, con una muy buena resolución espacial, permite poder llevar a cabo la exploración de minerales con base en la clasificación de firmas espectrales para la identificación de zonas de interés.

Se han realizado trabajos de prospección de recursos tales como Uranio, mediante la correlación de la caracterización geoquímica de muestras y las respectivas características espectrales del sitio de muestreo, permitiendo obtener una alta variabilidad espacial en el modelamiento estadístico de la distribución del mineral de interés.

El SGC cuenta con un buen número de datos geoquímicos de diversos minerales que pueden servir como base para la realización de proyectos de investigación en estas temáticas.

#### **5.5.3.1 DEFINICIÓN**

Las anomalías geobotánicas corresponden a la alteración de las firmas espectrales de la vegetación producida por las condiciones geoquímicas del suelo, que están íntimamente ligadas con la presencia de minerales, que pueden llegar a ser de interés para la exploración de dichos recursos.

#### **5.5.3.2 ALCANCE**



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



Aporte a la prospección de minerales y a la evaluación del impacto de fenómenos ambientales en la vegetación.

#### **5.5.4 LÍNEA DE ACCIÓN 4: GEOLOGÍA FORENSE**

La Geología Forense es un campo naciente en el país, pero de gran importancia para el apoyo de investigaciones criminalísticas en diferentes aspectos. Por un lado, se debe llevar a cabo una caracterización geoquímica del territorio nacional con el fin de poder establecer una relación entre el contenido de compuestos químicos de una muestra y su lugar de procedencia. Por otro lado, el país inicia una época de postconflicto en la cual resulta de gran importancia la localización de fosas comunes o minas antipersona con base en exploración geofísica, geoquímica y de sensores remotos.

##### **5.5.4.1 DEFINICIÓN**

La Geología Forense consiste en el estudio de las características relacionadas con la presencia de componentes en el suelo que permitan identificar relaciones de los individuos con la escena de un hecho punible. Es importante en la determinación de las alteraciones de suelo y/o geobotánicas para la detección de lugares de inhumación de seres vivos.

##### **5.5.4.2 ALCANCE**

La Geología Forense brindará nuevas alternativas para la investigación criminalística en el país.

#### **5.5.5 LÍNEA DE ACCIÓN 5: GEOLOGÍA MÉDICA**

El efecto de algunos compuestos minerales en la salud es un tema que requiere el compromiso de la academia para minimizar los daños en la población ocasionados por la explotación minera y/o la producción de elementos que requieren dichos minerales peligrosos como insumo.

Es por esta razón que es urgente la consolidación de grupos de investigación y proyectos relacionados con la articulación de las dos entidades.

##### **5.5.5.1 DEFINICIÓN**

La Geología Médica estudia las relaciones entre los procesos y materiales geológicos y la salud de los seres vivos. Permite la identificación de enfermedades ocasionadas por la exposición a materiales tales como minerales o fuentes radiactivas, así como también la aplicación de



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA



minerales y otros materiales terrestres en la elaboración de productos farmacéuticos y/o tratamientos médicos.

#### 5.5.5.2 ALCANCE

La Geología Médica contribuirá al conocimiento y prevención de efectos nocivos de algunos minerales y al empleo de estos en nuevas alternativas de tratamientos médicos y farmacológicos.

Para constancia, se firma el presente Anexo en dos (2) originales el 25 de enero de 2018.

**SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO**

**OSCAR ELADIO PAREDES ZAPATA**  
Director General

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**CARLOS ALBERTO GARZÓN**  
Rector (E)